

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Oktober 2009 (22.10.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/127494 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 15/04 (2006.01) **H02K 15/06** (2006.01)

88263 (DE). **WESSLE, Anton** [DE/DE]; Kirchstr. 12,
88284 Wolpertswende (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/053328

(74) **Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;**
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. März 2009 (20.03.2009)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102008018971.5 16. April 2008 (16.04.2008) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach
30 02 20, 70442 Stuttgart (DE). **Rist GmbH** [DE/DE];
Baindter Str. 25, 88255 Baienfurt (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **OSSENKOPP, Stefan**
[DE/DE]; Am Meerfeld 34, 31177 Harsum (DE). **HAL-
DER, Hubert** [DE/DE]; Winterbach 304, Horgenzell

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING AN ELECTRICAL WINDING

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINER ELEKTRISCHEN WICKLUNG

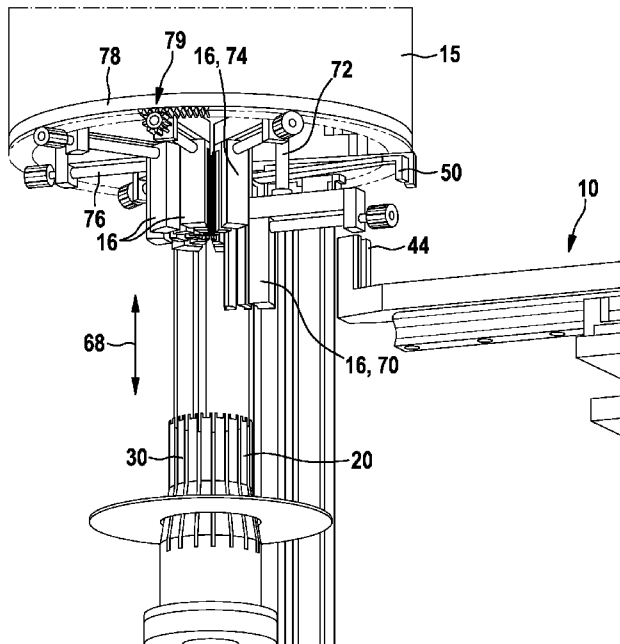


Fig. 1

(57) **Abstract:** A method and a device for producing an
electrical winding (14) for an electrical machine (12) ha-
ving the following steps: displacing a first winding templa-
te (16, 70) relative to further winding templates (16),
which are disposed on at least one winding head (15), such
that the first winding template (16, 17) protrudes beyond
the further winding templates (16) perpendicular to the
winding plane relative to an axial direction (68), winding
multiple turns (48) of a winding wire (46) onto the first
winding template (16, 70) through a rotational movement
between a wire guide (44), which receives the winding
wire (46), and the first winding template (16, 70), axially
pushing back the first wound winding template (16, 70)
and axially displacing a second winding template (16, 74)
relative to the further winding templates (16) such that the
second winding template (16, 74) protrudes beyond the
further winding templates (16) in the axial direction (68)
relative to the axial direction (68), winding multiple turns
(48) of the winding wire (46) onto the second winding
template (16, 74) through a rotational movement between
the wire guide (44), which receives the winding wire (46),
and the second winding template (16, 74), disposing a
translation tool (20) axially opposite to the winding tem-
plates (16) and stripping the turns (48) wound on the win-
ding templates (16) onto the translation tool (20), collect-
ing the turns (48) in the axial direction (68) in grooves
(62) of a rotor or stator (60) of the electrical machine (12).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)*

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer elektrischen Wicklung (14) für eine elektrische Maschine (12) mit folgenden Schritten: Verschieben einer ersten Wickelschablone (16, 70) gegenüber weiteren auf mindestens einem Wicklungskopf (15) angeordneter Wickelschablonen (16), derart dass die erste Wickelschablone (16, 70) bezüglich einer Axialrichtung (68) senkrecht zur Wickelebene die weiteren Wickelschablonen (16) überragt Wickeln von mehreren Windungen (48) eines Wicklungsdrahtes (46) auf die erste Wickelschablone (16, 70) durch eine Rotationsbewegung zwischen einem den Wicklungsdraht (46) aufnehmenden Drahtführer (44) und der ersten Wickelschablone (16, 70) Axiales Zurückschieben der ersten bewickelten Wickelschablone (16, 70) und axiales Verschieben einer zweiten Wickelschablone (16, 74) gegenüber den weiteren Wickelschablonen (16), derart, dass die zweite Wickelschablone (16, 74) bezüglich der Axialrichtung (68) die weiteren Wickelschablonen (16) in Axialrichtung (68) überragt Wickeln von mehreren Windungen (48) des Wicklungsdrahtes (46) auf die zweite Wickelschablone (16, 74) durch eine Rotationsbewegung zwischen dem den Wicklungsdraht (46) aufnehmenden Drahtführer (44) und der zweiten Wickelschablone (16, 74) Anordnen eines Übersetzungswerkzeugs (20) axial gegenüberliegend zu den Wickelschablonen (16) und Abstreifen der auf die Wickelschablonen (16) gewickelten Windungen (48) auf das Übersetzungswerkzeug (20) Einziehen der Windungen (48) in Axialrichtung (68) in Nuten (62) eines Rotors oder Stators (60) der elektrischen Maschine (12).

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer elektrischen Wicklung

10 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Herstellung einer elektrischen Wicklung für eine elektrische Maschine nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

15

Mit der CA 2290214 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bewickeln eines Ankers eines Elektromotors bekannt geworden, bei dem der Anker während des Wickelverfahrens festgehalten wird. Die Wickelvorrichtung weist einen Flyer-Arm auf, mittels dem der Wickeldraht um den feststehenden Rotor gewickelt wird. Bei solch einem Flyer-Wickelverfahren ist jedoch nachteilig, dass es zu Verdrillungen des Wickeldrahts kommt, wodurch sich der Nutzfüllfaktor der elektrischen Maschine nur begrenzt erhöhen lässt. Werden beispielsweise für einen Stator mittels Flyer-Wickeln separate Einzelspulen gewickelt, führen die Verdrillungen des Wickeldrahts zu Verklemmen der Spulen beim Einzugsprozess in die Nuten des Stators.

25

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

30

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Herstellen einer elektrischen Wicklung einer elektrischen Maschine mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche haben demgegenüber den Vorteil, dass durch das axiale Verschieben einer einzelnen Wickelschablone gegenüber anderen benachbarten Wickelschablonen nacheinander mehrere

35

Wicklungsspulen mittels eines oder mehrerer ununterbrochenen Wickeldrähte erzeugt werden kann. Dabei können sowohl die einzelnen Windungen auf einer Wickelschablone, als auch die Übergänge zwischen den unterschiedlichen Wickelschablonen kreuzungsfrei und verwindungsfrei gewickelt werden. Somit lässt sich eine Wicklungsphase mit mehreren Wicklungsspulen in einem Arbeitsgang sehr schnell wickeln, und dann auf ein Übersetzungswerkzeug umgesetzt, um anschließend mittels Einzugsverfahren in die Nuten eines Rotors oder eines Stators montiert werden zu können. Durch die parallele Anordnung der einzelnen Windungen und der Übergänge zwischen den einzelnen Wicklungsspulen ohne Verdrillungen und Drahtkreuzungen kann ein sehr hoher Nutfüllfaktor des Stators oder des Rotors erzeugt werden.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den abhängigen Ansprüchen angegebenen Ausführungen möglich. Werden mehrere Wickelschablonen in mindestens einem Wickelkopf gelagert, können dadurch entsprechend viele Wicklungsspulen schaltungsfrei miteinander verbunden werden. Durch die aufeinanderfolgende axiale Alleinstellung der einzelnen Schablonen können diese durch eine Rotationsbewegung ungestört mit dem Wicklungsdraht bewickelt werden, wobei die Wickelschablone von allen Seiten radial frei zugänglich ist. Dadurch können mehrere Wicklungsspulen einer Phase in kurzer Zeit kreuzungs- und verdrillungsfrei gewickelt werden.

Dabei können die axial verschiebbaren Wickelschablonen entweder alle in einem einzigen Wickelkopf gelagert werden, der beispielsweise zum Bewickeln der einzelnen Wickelschablonen gegenüber einer Führung des Wicklungsdrahtes in Rotation versetzt wird. Alternativ können die Wicklungsschablonen auch in zwei sich axial gegenüberliegenden Wickelköpfe gelagert werden, wobei durch das axiale Verschieben der einzelnen Wicklungsschablonen diese zum Bewickeln radial frei zugänglich sind.

In einer bevorzugten Ausführung kann die Wickelschablone von einem ersten Wickelkopf auf einen zweiten Wickelkopf umgesetzt werden. Das hat den Vorteil, dass jede Wickelschablone wahlweise an dem einen axialen Ende oder an dem gegenüberliegenden axialen Ende freistehend vom Wickelkopf wegragen kann.

Wird beispielsweise eine Wickelschablone nach deren Bewickeln vom ersten Wickelkopf auf den zweiten Wickelkopf umgesetzt, kann der Übergang zur nächstens Wickelschablone besonders kurz und windungsfrei gestaltet werden, insbesondere wenn die nachfolgende Wickelschablone in entgegengesetzter Drehrichtung bewickelt wird.

Besonders günstig ist es, zum Wickeln der Wicklungsspulen die Wickelschablone gegenüber der feststehenden Drahtführung rotieren zu lassen. Dazu kann sich beispielsweise der Wickelkopf um eine zentrale Achse drehen. Alternativ könnte jedoch auch die Drahtführung um die Wickelschablone rotieren.

Durch die Verwendung zwei gegenüberliegender Wickelköpfe mit darauf gelagerten Wickelschablonen kann eine optimale Drahtführung zwischen den einzelnen Wicklungsspulen erzielt werden. Durch die Umsetzungsmöglichkeit der Wickelschablone vom einen Wickelkopf zum zweiten Wickelkopf kann dabei der Wicklungsbeginn an dem einen oder an dem anderen axialen Ende der Wickelspule frei gewählt werden und dadurch derart optimiert werden, dass eine Wicklungsphase mit mehreren Wicklungsspulen in genau einer radialen Ebene angeordnet ist, wobei die Drähte zwischen den einzelnen Wicklungsspulen durchgängig und kreuzungsfrei gewickelt sind.

Durch die Ausbildung einer Wicklungsphase in einer radialen Ebene können besonders günstig mehrere Phasen axial nebeneinander auf das Übertragungswerkzeug angeordnet werden. Dabei wird jede Phase in einem Arbeitsgang gewickelt und anschließend auf das Übertragungswerkzeug aufgeschoben. Bei der Lagerung auf dem Übertragungsmagazin können dabei die einzelnen axial beabstandeten Wicklungsspulen in Tangentialrichtung überlappen. Dadurch kann eine optimale Anordnung der einzelnen Wicklungsspulen für das Einzugsverfahren in die Nuten des Stators oder Rotors gewährleistet werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn an jeder Wicklungsschablone ein Abstreifer angeordnet ist, mit dem die Wicklungsspulen nach dem Fertigwickeln einer Wicklungsphase auf das Übertragungswerkzeug aufgeschoben werden können. Ebenso kann der Abstreifer während dem Bewickeln der einzelnen

Wickelschablonen die einzelnen Drahtwindungen lückenlos axial aneinander schieben.

5 Dabei kann ein Wicklungsdraht oder mehrere Wicklungsdrähte (bis zu 12 Stück) zeitgleich auf die Wickelschablone aufgewickelt werden, wobei die Drehrichtung der einzelnen Wickelschablonen beliebig variiert werden kann.

10 Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Herstellen einer elektrischen Wicklung können durch die axial bewegliche Anordnung der einzelnen Wickelschablonen diese besonders schnell und kreuzungsfrei gewickelt werden. Dabei können alle einzelnen Wickelschablonen motorisch axial gegenüber der übrigen Wickelschablonen verstellt werden, damit diese axial hervor ragende Wickelschablone in gleicher Weise bewickelt werden kann, wie eine einzige auf einem Wickelkopf montierte Wickelschablone.

15 Weist die Vorrichtung zwei gegenüberliegende Wickelköpfe auf, ist es von Vorteil, wenn ein Wicklungskopf axial gegenüber dem anderen derart verschiebbar ist, dass in radialer Richtung zwischen die beiden Wicklungsköpfe ein Übersetzungswerkzeug eingeschoben werden kann. Davor werden
20 vorzugsweise alle Wickelschablonen auf einen einzigen Wicklungskopf umgesetzt, damit anschließend alle Wicklungsspulen einer Phase gleichzeitig auf das Übersetzungswerkzeug geschoben werden können. Das Übersetzungswerkzeug ist hierzu motorisch quer zur Axialrichtung der Wickelköpfe verstellbar angeordnet. Bevorzugt weisen die Wicklungsschablonen
25 mehrere Elemente auf, mittels derer der Umfang der Wicklungsschablone durch das Verschieben der einzelnen Elemente variiert werden kann. Vorteilhaft können dabei die Abstreifer der Wickelschablonen an deren Umfang angepasst werden, um durch eine Axialverschiebung entlang der Wickelschablonen die Wicklungsspulen auf das Übertragungswerkzeug abzustreifen. Dadurch ist
30 vorteilhaft das Übertragungswerkzeug gleichzeitig dazu geeignet, die Wicklungsspulen ohne weiteres Umsetzen direkt in die Nuten des Rotors oder des Stators einzuziehen.

35 Besonders vorteilhaft können die Wicklungsspulen auf die Wickelschablone gewickelt werden, indem sich die Wickelschablone dreht, während der

Drahtführer den Wicklungsdraht langsam entlang einer Achse quer zur Drehbewegung der Wickelschablone bewegt. Dadurch können die Wicklungsdrähte ohne Verdrillungen und Überkreuzungen parallel zueinander auf der Wickelschablone angeordnet werden. Dies unterstützt auch die Verlegung der Drähte auf der Wickelschablone. Dies gilt insbesondere für die Herstellung von Spulen, bei denen der Leiter aus mehreren parallel angeordneten Wickeldrähten besteht, wie dies bei der Auslegung von Niederspannungsmotoren der Fall ist.

Damit der Wicklungsdraht sauber und parallel auf die Wickelschablone aufgewickelt wird, ist es besonders günstig den Wicklungsdraht auf einer der Wickelschablone zugeordneten Klemmeinrichtung zu fixieren.

Das erfindungsgemäße Wickelverfahren eignet sich besonders für das Einziehen mehrerer Wicklungsphasen mit mehreren Wicklungsspulen in die Nuten der elektrischen Maschine. Dabei können vorteilhaft mehrere Wicklungsspulen derart auf dem Übersetzungswerkzeug angeordnet werden, dass alle Wicklungsspulen durch eine einzige Einzugsbewegung in den richtigen Nuten positioniert werden. Um die einzelnen Wicklungsphasen bezüglich des Rotors oder Stators lagerichtig auf dem Übersetzungswerkzeug anzuordnen, wird das Übersetzungswerkzeug vor dem Abstreifen der Wicklungsspulen um einen der elektrischen Auslegungen der elektrischen Maschinen entsprechenden Winkel verdreht. Damit werden die der Motorauslegung zugrundeliegende Wickelschritte realisiert.

In einer bevorzugten Ausgestaltung weist das Übersetzungswerkzeug ein integriertes Einzugswerkzeug auf, dass die Windungen ohne weiteres Umsetzen direkt in die Nuten des Stators oder Rotors einzieht.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine Ansicht einer erfindungsgemäßen Wickelvorrichtung,
Figur 2 und 3 die Anordnung der Wickelschablonen gemäß Figur 1,

Figuren 4 bis 7 verschiedene Verfahrensschritte weiterer erfindungsgemäßer Wickelverfahren.

In Figur 1 ist eine Vorrichtung zum automatischen Wickeln einer elektrischen Maschine 12 dargestellt, bei der mehrere Wickelschablonen 16 auf einem ersten Wickelkopf 15 angeordnet sind. Die Wickelschablonen 16 weisen beispielsweise einen ovalen Umfang 11 auf, wobei der Umfang 11 der Wickelschablonen 16 mittels beweglicher Umfangselemente 13 variabel eingestellt werden kann. Hierzu sind die Umfangselemente 13 auf einer radialen Führungsschiene 76 angeordnet, auf der zusätzlich zu den Wickelschablonen 16 auch eine sogenannte Schaltverbindungsschablone 19 verschiebbar angeordnet ist, um die Länge eines Verbindungsdrahtes zwischen zwei Wickelschablonen 16 festzulegen. Zum Bewickeln der Wickelschablonen 16 weist die Vorrichtung 10 einen Drahtführer 44 auf, durch den ein oder mehrere Wicklungsdrähte 46 aus einem nicht dargestellten Vorratsbehälter geführt werden. Der Drahtführer 44 ist im Ausführungsbeispiel verschiebbar angeordnet, um die Verlegung auf der Wickelschablone sicherzustellen, wobei der Wicklungsdraht 46 vom Drahtführer 44 zur drehbar angeordneten Wickelschablone 16 verläuft. Zu Beginn des Wickelns der Windungen 48 auf die Wickelschablone 16, wird der Wicklungsdraht 46 auf der Wickelschablone 16 mittels einer Klemmvorrichtung 50 festgeklemmt. Eine erste Wickelschablone 70 wird dann mittels eines Schablonenhalters 72 axial gegenüber den anderen Wickelschablonen 16 verschoben. Dadurch überragt diese Wickelschablone 70 die anderen Wickelschablonen 16 in Axialrichtung 68 derart, dass die Wickelschablone 16 in radial allen Richtungen frei zugänglich ist. Nun wird diese erste Wickelschablone 70 in Rotation (insbesondere zusammen mit den anderen Wickelschablonen 16) versetzt, wodurch der Wicklungsdraht 46 in mehreren Windungen 48 um die Wickelschablone 70 aufgewickelt wird, und eine Wicklungsspule 32 bildet. Das ist möglich, weil die Wickelschablone 70 durch die axiale Verschiebung frei zugänglich ist. Die Rotation der ersten Wickelschablone 70 wird beispielsweise durch das Rotieren des ersten Wickelkopfs 15 um eine zentrale Rotationsachse 18 ausgebildete zentrale Mittelachse 22 durch den Mittelpunkt 21 bewirkt. Nachdem die erste Wicklungsspule 32 auf der ersten Wickelschablone 70 fertig gestellt ist, wird die Wickelschablone 70 wieder in Axialrichtung 68 zurückverschoben und eine zweite Wickelschablone 74 entlang der Axialrichtung

68 soweit verschoben, bis diese alle anderen Wickelschablonen 16 axial
überraagt. Wieder wird durch eine Rotationsbewegung der zweiten
Wickelschablone 74 eine zweite Wicklungsspule 32 hergestellt, die beim
Wickelschema dieses Ausführungsbeispiels schaltungsmittelfrei mit der ersten
5 Wicklungsspule 32 verbunden ist. Im Ausführungsbeispiel sind sechs
Wickelschablonen 16 angeordnet, die entsprechend der ersten und der zweiten
Wickelschablone 70, 74 nacheinander jeweils einzeln zum Bewickeln in
Axialrichtung 68 gegenüber der anderen Wickelschablonen 16 verschoben
werden. Zur axialen Verstellung der einzelnen Wickelschablonen 16 werden die
10 Schablonenhalter 72 motorisch entlang der Axialrichtung 68 verstellt. Hierzu ist
beispielsweise jedem einzelnen Schablonenhalter 72 ein eigener Verstellantrieb
80 zugeordnet.

Mehrere durchgewickelte Wicklungsspulen 32 bilden zusammen eine
15 Wicklungsphase 34, wie diese beispielsweise in Figur 2 dargestellt ist. Hierbei ist
der eine Wicklungsdraht 46 bzw. mehrere parallele Wicklungsdrähte ohne
Unterbrechung kreuzungs- und verwindungsfrei über mehrere Wicklungsspulen
32 hinweggewickelt. Nach Beendigung des Wickelvorgangs sind alle
Wickelschablonen 16 wieder axial zurückverstellt, so dass alle Wicklungsspulen
20 32 in einer radialen Ebene quer zur Axialrichtung 68 angeordnet sind. Zwischen
den Wicklungsspulen 32 ist hier die Schaltverbindungsschablone 19 angeordnet,
über die eine vorgegebene Länge der Drahtverbindung zwischen zwei Gruppen
von Wicklungsspulen 32 einer Wicklungsphase 34 vorgegeben ist. Bei einem
Wickelschema mit einer Wicklungsphase 34 aus zwei mal drei Wicklungsspulen
25 32 ist die Schaltverbindungsschablone 19 nach der dritten Wicklungsspule 32
angeordnet. Grundsätzlich wäre auch eine Schaltverbindungsspule 19 nach den
einzelnen Wicklungsspulen 32 denkbar, in Abhängigkeit von der gewählten
Wicklungstopologie.

Figur 3 zeigt die Anordnung gemäß Figur 2 in einer Draufsicht, wobei erkennbar
ist, dass der Radius 56 der Schaltverbindungsschablone 19 größer ist als die
Radien 56 der Wickelschablonen 16. Hier ist ersichtlich, dass die
Umfangselemente 13 sowohl der Wickelschablone 16 - als auch der
Schaltverbindungsschablone 19 - jeweils individuell entlang der radialen
35 Schienen 76 verstellt werden können. In der Klemmvorrichtung 50 wird der

Wicklungsdraht 46 anfangs fixiert, und danach alle Wickelschablonen 16 einschließlich der Schaltverbindungsschablone 19 nacheinander durchgewickelt. Die Rotationsbewegung wird bei dieser Ausführung über eine drehbare Scheibe 78 des ersten Wickelkopfes 15 mittels einer Verzahnung 79 auf die

5 Wickelschablonen 16 übertragen, wobei der Antrieb beispielsweise axial oder radial versetzt angeordnet ist. Es wäre auch ein zentraler Antrieb denkbar. In einer alternativen Ausführung kann auch der Drahtführer 44 um drehfest angeordnete Wickelschablonen 16 geführt werden, um die einzelnen Wicklungsspulen 32 zu wickeln.

10 Ist die Wicklungsphase 34 fertig gewickelt und die Wicklungsschablonen 16 alle in einer radialen Ebene angeordnet, wird ein Übersetzungswerkzeug 20 gegenüberliegend zu den Wickelschablonen 16 angeordnet und die Wicklungsspulen 32 von den Wickelschablonen 16 abgestreift und auf die

15 Aufnahmen 28 des Übersetzungswerkzeugs 20 aufgeschoben. Auf diese Weise können nacheinander mehrere Wicklungsphasen 34 gewickelt und anschließend axial übereinander auf das Übersetzungswerkzeug 20 geschoben werden. Die Wicklungsspulen 32 werden anschließend beispielsweise direkt von dem Übersetzungswerkzeug 20 in axialer Richtung in axiale Nuten 62 eines Stators

20 60 eingezogen. In einer anderen Ausführung werden die Wicklungsspulen 32 von dem Übersetzungswerkzeug 20 erst auf ein Einzugswerkzeug 54 übergeben. In Fig. 1 ist das Übersetzungswerkzeug 20 drehbar gegenüber dem Wicklungskopf 15 angeordnet, sodass die verschiedenen Wicklungsphasen 34 auf unterschiedliche Fixierstifte 30 des Übersetzungswerkzeugs 20 aufgeschoben

25 werden können.

In Figur 4 ist anhand einer weiteren Ausführung einer Wickelvorrichtung 10 die Abstreifbewegung dargestellt, bei der die Wicklungsphase 34 von den Wickelschablonen 16 auf das Übersetzungswerkzeug 20 umgesetzt wird. Im

30 Übertragungswerkzeug 20 sind bereits zwei Wicklungsphasen 34 aufgeschoben. Zur Übertragung der dritten Wicklungsphase 34 tauchen die Wickelschablonen 16 axial innerhalb der Fixierstifte 30 ein. Beispielsweise werden dann die Wicklungsspulen 32 mittels sogenannten Abstreifern 90 von den Wickelschablonen 16 auf die Fixierstifte 30 abgestreift. Danach werden alle

35 Wickelschablonen 16 wieder axial aus dem Übertragungswerkzeug 20

zurückgeschoben, damit dieses aus der Wickelvorrichtung 10 entfernt werden kann.

In Figur 5a ist eine weitere Wickelvorrichtung 10 dargestellt, die zusätzlich zum ersten Wickelkopf 15 einen zweiten Wickelkopf 17 aufweist. Auf beiden axial einander gegenüberliegenden Wickelköpfe 15, 17 sind Schablonenhalter 72 für die Wickelschablonen 16 angeordnet. Die Wickelschablonen 16 und die Schaltverbindungsschablonen 19 sind wieder mittels beweglicher Umfangselemente 13 mit einem variabel einstellbaren Umfang 11 ausgerüstet. Die Wickelschablonen 16 sind hierbei derart ausgebildet, dass sie sowohl an ihren ersten axialen Enden 82 im ersten Wickelkopf 15, als auch an ihren zweiten axialen Enden 84 im zweiten Wickelkopf 15 gelagert werden können. Das bedeutet, dass jede einzelne Wickelschablone 16 und ggf. auch die Schaltverbindungsschablone 19 vom ersten Wickelkopf 15 in den zweiten Wickelkopf 17 umgesetzt, bzw. wieder zurückgesetzt werden kann. Dieser Umsetzvorgang der Wickelschablone 16 zwischen den beiden Wickelköpfen 15, 17 ist in Figur 5b dargestellt. Hierzu greifen die auf den Wickelköpfen 15, 17 angeordneten Schablonenhalter 72 beispielsweise in entsprechende Aufnahmen 73 der Wickelschablonen 16. Dazu wird beispielsweise eine erste Sperrvorrichtung 98 zwischen dem einen Schablonenhalter 72 des ersten Wickelkopfes 15 und der Schablone 16 gelöst, nachdem der Schablonenhalter 72 des anderen Wickelkopfes 17 mit der Schablone 16 verrastet wurde. Dadurch kann die einzelnen Schablone 16 wahlweise im oberen Wickelkopf 15 oder im unteren Wickelkopf 17 bewickelt werden. Entsprechend der Ausführung in Figur 1 sind die einzelnen Wickelschablonen 16 wiederum axial verschiebbar angeordnet, sodass eine einzelne Wickelschablone 16 in ihrer Wickelposition die anderen Wickelschablonen 16 axial überragt. Hierzu können die einzelnen Schablonenhalter 72 beispielsweise über einen Verstellantrieb 80 axial verstellt werden. Bei dieser Wickelvorrichtung 10 können die einzelnen Wickelschablonen 16 wiederum durch eine Rotation der Wickelschablone 16, vorzugsweise verursacht durch eine Rotation 96 der Wickelköpfe 15, 17, um die Rotationsachse 18 (z.B. über die Verzahnung 79) in Kombination mit der Drahtführung 44 bewickelt werden. Hierzu wird der Wicklungsdraht 46 an die Wickelschablone 16 angelegt und mit der Klemmvorrichtung 50 fixiert. In der Ausgangsposition befinden sich beispielsweise alle Wickelschablonen 16 am

oberen Wickelkopf 15, wobei die erste zu bewickelnde Wickelschablone 70 zum Bewickeln in Axialrichtung 68 versetzt angeordnet ist. Nach dem Fertigstellen der ersten Wicklungsspule 32 wird dann die erste Wickelschablone 70 auf den gegenüberliegenden Wickelkopf 17 umgesetzt. Danach wird wiederum die zweite Wickelschablone 74 axial vom ersten Wickelkopf 15 ausgefahren, wobei dann der Wicklungsdraht 46 bei der Rotation die zweite Wickelschablone 74 durch einen Spalt zwischen den Wickelschablonen 16 am unteren Wickelkopf 17 und dem oberen Wickelkopf 15 geführt wird. Nach der Fertigstellung der zweiten Wicklungsspule 32 wird auch die zweite Wickelschablone 74 wieder auf den unteren Wickelkopf 17 umgesetzt, und so wird auch mit den weiteren Wickelschablonen 16 verfahren. Dieses wechselseitige Anschlagen der Wickelschablonen 16 (im Wickelkopf 15 und 17) bewirkt, dass der Wickeldraht 46 immer an den oberen bzw. den unteren Wickelschablonen 16 vorbeigeführt werden kann. Somit lässt sich eine Wickelphase 34 mit durchgewickeltem Wicklungsdraht 46 (einstückiger Draht) mit sehr kurzen Drahtübergängen zwischen den einzelnen Wicklungsspulen 32 herstellen.

Sind alle Wickelschablonen 16 bewickelt, werden beispielsweise alle Wickelschablonen 16 gemäß Figur 5a im ersten Wickelkopf 15 gelagert und der zweite Wickelkopf 17 wird gegenüber dem ersten Wickelkopf 15 in Axialrichtung 68 verfahren. Hierzu ist beispielsweise am zweiten Wickelkopf 17 eine Antriebsvorrichtung 86 angeordnet, die den Wickelkopf 17 axial soweit vom ersten Wickelkopf 15 entfernt, bis in radialer Richtung 88 das Übersetzungswerkzeug 20 gegenüberliegend zum ersten Wickelkopf 15 positioniert werden kann. An jeder Wickelschablone 16 ist jeweils ein Abstreifer 90 angeordnet, der ebenfalls axial verstellbar ist. Diese Abstreifer 90 werden im Ausführungsbeispiel entlang der Axialrichtung 68 nach unten bewegt, wodurch die Wicklungsspulen 32 der einzelnen Wickelschablonen 16 auf entsprechende Fixierstifte 30 des Übersetzungswerkzeugs 20 aufgeschoben werden. Nachdem diese erste Wicklungsphase 34 auf dem Übersetzungswerkzeug 20 gelagert ist, wird das Übersetzungswerkzeug 20 wieder radial von der Rotationsachse 18 entfernt und der zweite Wickelkopf 17 wieder axial zum ersten Wickelkopf 15 hin verschoben. Danach wird in gleicher Weise eine zweite oder eine dritte oder weitere Wicklungsphasen 34 gewickelt, wobei jede einzelne Wicklungsphase 34 in einem separaten Arbeitsgang auf das radial einführbare

Übersetzungswerkzeug 20 abgestreift wird. Die Abstreifer 90 sind beispielsweise hülsenförmig ausgebildet, wobei deren Umfang dem variablen Umfang 11 der Wickelschablone 16 nachgebildet werden kann. Die Abstreifer 90 werden motorisch entlang den Schablonenhaltern 72 in Axialrichtung 68 verstellt, wobei die Abstreifer 90 nicht nur zum Abstreifen der Wicklungsphasen 34 verwendet werden können, sondern auch zum axialen Zusammenschieben der einzelnen Windungen 48 während dem Bewickeln der einzelnen Wickelschablonen 16. Bevorzugt sind an einem Wickelkopf 15 oder 17 alle Wickelschablonen 16 mit einem Abstreifer 90 ausgerüstet, damit alle Wicklungsspulen 32 gleichzeitig auf das Übersetzungswerkzeug 20 geschoben werden können. Die Abstreifer 90 weisen einen sich verjüngenden Bereich auf, der als Hilfsschablone zum Bewickeln der Wickelschablonen 16, 70 genutzt werden kann. Dabei gleitet der eine oder mehrere Wickeldrähte 46 über die Verjüngung axial auf die Wickelschablone 16, 70.

In Figur 6 ist ein Ausführungsbeispiel eines Übertragungswerkzeugs 20 dargestellt, das beispielsweise auf einer Trägerplatte 92 gelagert ist, die automatisiert in Radialrichtung 88 zur Rotationsachse 18 zwischen die beiden Wickelköpfe 15 und 17 geschoben werden kann. Am Übertragungswerkzeug 20 sind als Aufnahmen 28 eine Vielzahl von Fixierstiften 30 angeordnet, zwischen denen die einzelnen Wicklungsspulen 32 gelagert werden können. In Figur 6 sind beispielsweise drei Wicklungsphasen 34 axial benachbart angeordnet, wobei jede Wicklungsphase 34 mehrere- beispielsweise sechs - Wicklungsspulen 32 aufweist. Die einzelnen Wicklungsphasen 34 sind in einem Stück durchgewickelt, sodass jede Wicklungsphase 34 jeweils nur zwei Drahtenden 94 zur Bestromung aufweist. Das Übertragungswerkzeug 20 kann gleichzeitig als Einzugswerkzeug 54 ausgebildet sein, sodass die Wicklungsspulen 32 direkt vom Übersetzungswerkzeug 20 in entsprechende Nuten 62 eines Stators 60 eingezogen werden können. Alternativ können die Wicklungsphasen 34 aber auch auf ein speziell ausgebildetes Einzugswerkzeug 54 umgesetzt werden, das dann die Wicklungsspulen 32 in die Nuten 62 einzieht.

In Figur 7 ist ein Einziehverfahren dargestellt, bei dem die Wicklungsspulen 32 auf dem Übertragungswerkzeug 20 bzw. dem Einzugswerkzeug 54 angeordnet sind. Dabei wird das mit den Wicklungsspulen 32 bestückte Einzugswerkzeug 54

in den Stator 60 der elektrischen Maschine 12 derart eingeschoben, dass die Wicklungsspulen 32 in die entsprechenden Nuten 62 des Stators 60 eingefügt werden. Die Nuten 62 werden im Ausführungsbeispiel zuvor mit einem Isolationselement 64 ausgekleidet, so dass zwischen den Wicklungsspulen 32 und dem Stator 60 zusätzlich zu einem Isolierlack 66 des Wicklungsdrahts 46 eine weitere Isolationsschicht 64 angebracht ist. Gemäß Figur 7 sind mehrere Wicklungsphasen 34 auf dem Einzugswerkzeug 54 angeordnet, die alle in einem Arbeitsschritt in die entsprechenden Nuten 62 des Stators 60 oder des Rotors eingezogen werden. Auf diese Weise ist ein sehr hoher Nutfüllfaktor der elektrischen Maschine 12 erzielbar.

Es sei angemerkt, dass hinsichtlich der in den Figuren in der Beschreibung gezeigten Ausführungsbeispiele vielfältige Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Merkmale untereinander möglich sind. So kann beispielsweise der erste und der zweite Wickelkopf 15, 17 zum Bewickeln der Wickelschablonen 16 motorisch drehbar ausgebildet sein oder nur einer der beiden Wickelköpfe 15, 17. Die Reihenfolge und Wickelrichtung der zu bewickelnden Wickelschablonen 16, sowie die Anordnung von Schaltverbindungsabschnitten zwischen den einzelnen Wicklungsspulen 32 kann an die konkreten Anforderungen der elektrischen Maschine angepasst werden. Das Übersetzungswerkzeug 20 und Einzugswerkzeug 54 können als separate oder kombinierte Baueinheiten ausgeführt werden. Ebenso kann entweder die Wickelschablone 16 axial gegen einen Anschlag des Übersetzungswerkzeugs 20, oder das Übersetzungswerkzeug 20 axial gegen einen Anschlag der Wickelschablone 16 verschoben werden, um die Windungen 48 abzustreifen. Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Wickelverfahren für die Herstellung eines Stators 60 eines Elektromotors 12 durchgeführt, der beispielsweise zur Verstellung beweglicher Teile im Kraftfahrzeug verwendet wird. Insbesondere eignet sich ein solcher Stator mit hohem Nutfüllfaktor für einen bürstenlos kommutierten Elektromotor, wie er beispielsweise für elektrische Servolenkungen oder Gebläse im Kraftfahrzeug verwendet wird.

5 Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Wicklung (14) für eine elektrische Maschine (12) mit folgenden Schritten:
 - Verschieben einer ersten Wickelschablone (16, 70) gegenüber weiteren auf mindestens einem Wicklungskopf (15) angeordneter Wickelschablonen (16), derart dass die erste Wickelschablone (16, 70) bezüglich einer Axialrichtung (68) senkrecht zur Wickelebene die weiteren Wickelschablonen (16) überragt
 - Wickeln von mehreren Windungen (48) eines Wicklungsdrahtes (46) auf die erste Wickelschablone (16, 70) durch eine Rotationsbewegung zwischen einem den Wicklungsdraht (46) aufnehmenden Drahtführer (44) und der ersten Wickelschablone (16, 70)
 - Axiales Zurückschieben der ersten bewickelten Wickelschablone (16, 70) und axiales Verschieben einer zweiten Wickelschablone (16, 74) gegenüber den weiteren Wickelschablonen (16), derart, dass die zweite Wickelschablone (16, 74) bezüglich der Axialrichtung (68) die weiteren Wickelschablonen (16) in Axialrichtung (68) überragt
 - Wickeln von mehreren Windungen (48) des Wicklungsdrahtes (46) auf die zweite Wickelschablone (16, 74) durch eine Rotationsbewegung zwischen dem den Wicklungsdraht (46) aufnehmenden Drahtführer (44) und der zweiten Wickelschablone (16, 74)
 - Anordnen eines Übersetzungswerkzeugs (20) axial gegenüberliegend zu den Wickelschablonen (16) und Abstreifen der auf die Wickelschablonen (16) gewickelten Windungen (48) auf das Übersetzungswerkzeug (20)
 - Einziehen der Windungen (48) in Axialrichtung (68) in Nuten (62) eines Rotors oder Stators (60) der elektrischen Maschine (12).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach einem axialen Zurückschieben der zweiten bewickelten Wickelschablone (16,74) nacheinander eine dritte, oder eine vierte, oder eine fünfte, oder eine sechste, oder eine n-te Wickelschablone (16) gegenüber den weiteren Wickelschablonen (16) axial Verschoben werden, derart dass diese Wickelschablonen (16) jeweils nacheinander bezüglich der Axialrichtung (68) die weiteren Wickelschablonen (16) überragen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wickelschablonen (16) nur in einem ersten Wickelkopf (15) oder in einem ersten und einem zweiten gegenüberliegenden Wickelkopf (17) gelagert werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass eine einzelne Wickelschablone (16) von dem ersten Wickelkopf (15) mit einem ersten freien axialen Ende (82) in den zweiten Wickelkopf (17) umgelagert wird, derart, das ein zweites freies axiales Ende (84) der Wickelschablone (16) sich von dem zweiten Wickelkopf (17) weg axial in Richtung des ersten Wickelkopfes (15) erstreckt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass zum Wickeln der Windungen (48) die Wickelschablone (16) eine Rotationsbewegung ausführt, insbesondere verursacht durch die Rotationsbewegung (96) des die Wickelschablone (16) lagernden Wickelkopfes (15, 17).
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass abwechselnd Wickelschablonen (16) des oberen Wickelkopfes (15) und Wickelschablonen (16) des unteren Wickelkopfes (17) durchgewickelt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Windungen (48) auf einer Wicklungsschablone (16) eine Wicklungsspule (32) bilden, und mehrere

mittels eines Wicklungsdrahts (46) hergestellten Wicklungsspulen (32) schaltungsfrei und kreuzungsfrei miteinander verbunden sind, und insbesondere eine Wicklungsphase (34) bilden.

- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass alle Wicklungsspulen (32) einer Wicklungsphase (34) auf dem Übertragungswerkzeug (20) in einer einzigen Ebene quer zur Axialrichtung (68) angeordnet werden.
- 10 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungsspulen (32) unterschiedlicher Wicklungsphasen (34) zeitlich nacheinander auf dem Übertragungswerkzeug (20) axial versetzt angeordnet werden, wobei sich insbesondere die Wicklungsspulen (32) der unterschiedlichen
15 Wicklungsphasen (34) in Umfangsrichtung überschneiden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass jeder Wickelschablone (16) ein axial beweglicher Abstreifer (90) zugeordnet ist, der die Windungen (48) beim Bewickeln in
20 Axialrichtung (68) zusammenschiebt und insbesondere später die gesamte Wicklungsphase (34) axial auf das Übertragungswerkzeug (20) abstreift.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Wicklungsspulen (32) in
25 unterschiedlicher Drehrichtung gewickelt werden, wobei insbesondere gleichzeitig mehrere parallel nebeneinander angeordnete Wickeldrähte (46) gewickelt werden.
12. Vorrichtung (10) zum Herstellung einer elektrischen Wicklung (14) für eine
30 elektrische Maschine (12) insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem drehbaren Wicklungskopf (15), auf dem mehrere Wickelschablonen (16) zum Wickeln von Wicklungsspulen (32) angeordnet sind, wobei die einzelnen Wickelschablonen (16) bezüglich einer

Axialrichtung (68) quer zur Wickelebene gegeneinander verschiebbar angeordnet sind.

- 5 13. Vorrichtung (10) nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch einen zweiten drehbaren Wicklungskopf (17), in dem die Wicklungsschablonen (16) gehalten werden können, wobei zumindest einer der Wicklungsköpfe (15, 17) axial verschiebbar gegenüber dem anderen Wickelkopf (17, 15) angeordnet ist.
- 10 14. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wickelschablonen (16) – und insbesondere eine zusätzliche Schaltverbindungsschablone (19) – einen Umfang (11) aufweisen, der variabel einstellbar ist, und vorzugsweise ein in radialer Richtung (88) verschiebbares Umfangselement (13) aufweist.
- 15 15. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wickelschablonen (16) an ihren beiden axialen Enden (82, 84) Aufnahmen (73) aufweisen, in die Schablonenhalter (72) der beiden Wickelköpfe (15, 17) einfügbar – und insbesondere verrastbar –
- 20 sind.
- 25 16. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein radial zur Axialrichtung (68) verschiebbares Übersetzungswerkzeugs (20) angeordnet ist, auf das die Wicklungsspulen (32) mittels Abstreifern (90) aufschiebbar sind, die an den Wickelschablonen (16) angeordnet sind.
- 30 17. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Übersetzungswerkzeug (20) als Einzugswerkzeug (54) ausgebildet ist, das die Wicklungsspulen (32) in Nuten (62) der elektrischen Maschine (12) einzieht.

1 / 7

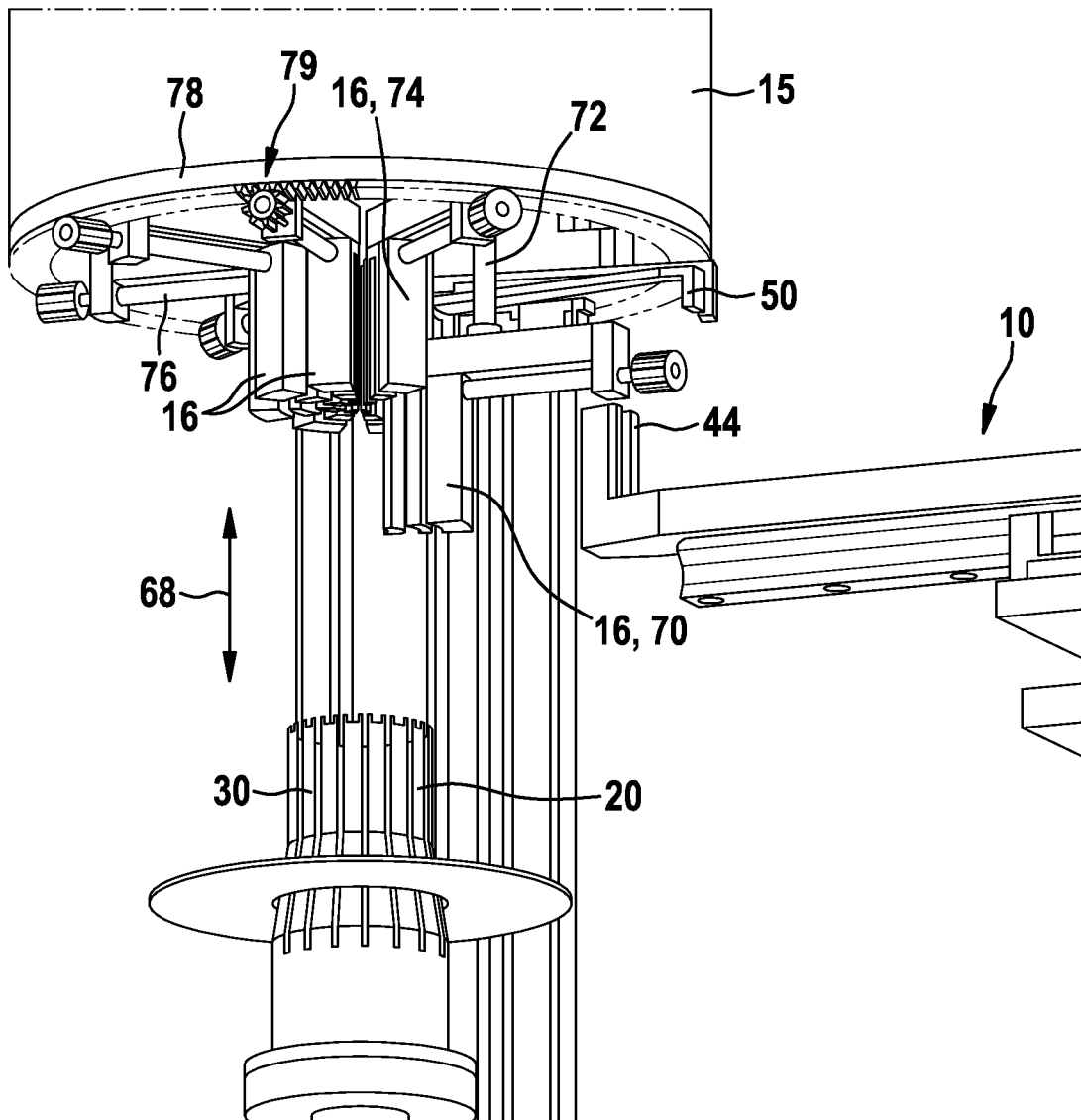


Fig. 1

2 / 7

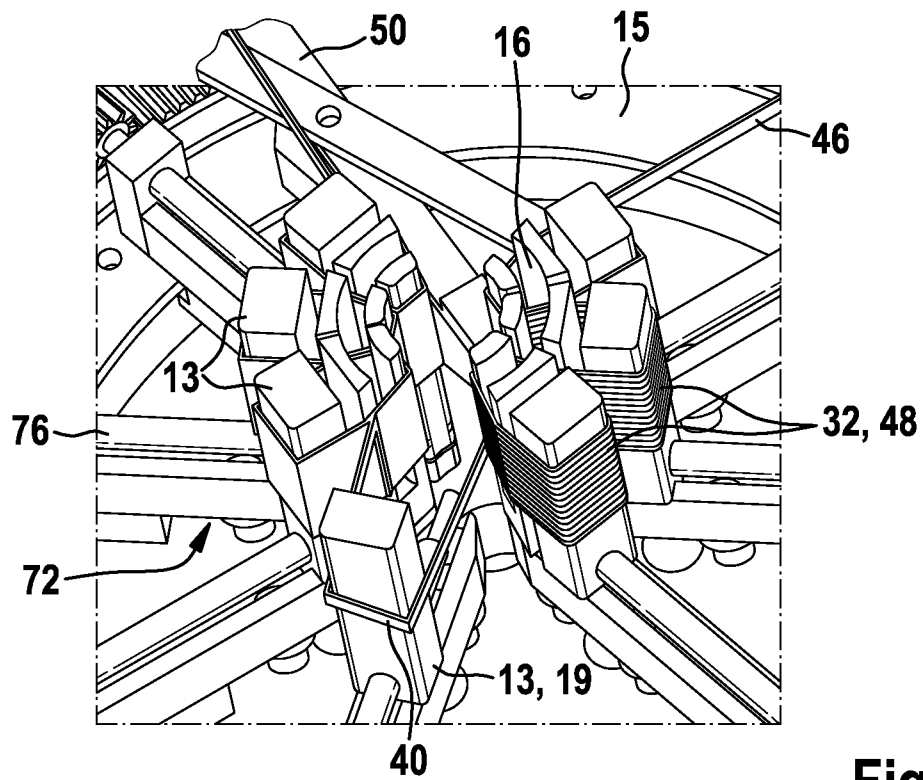


Fig. 2

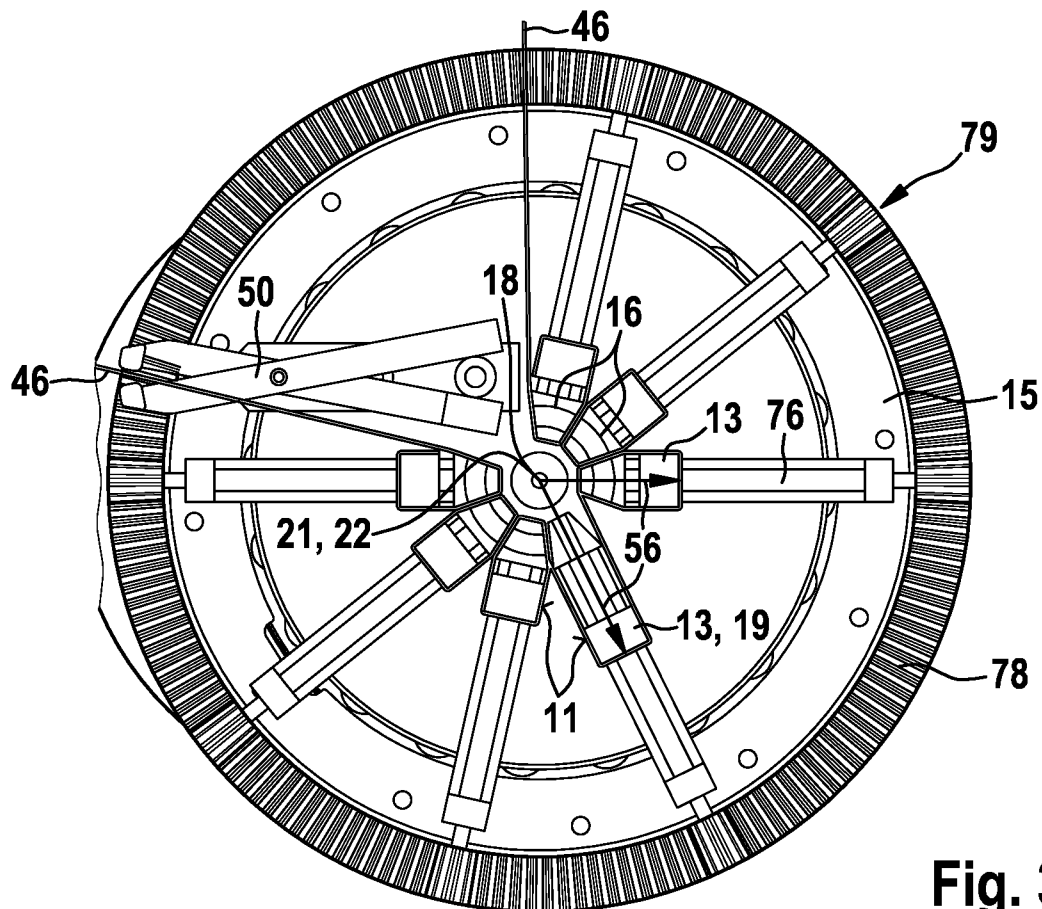


Fig. 3

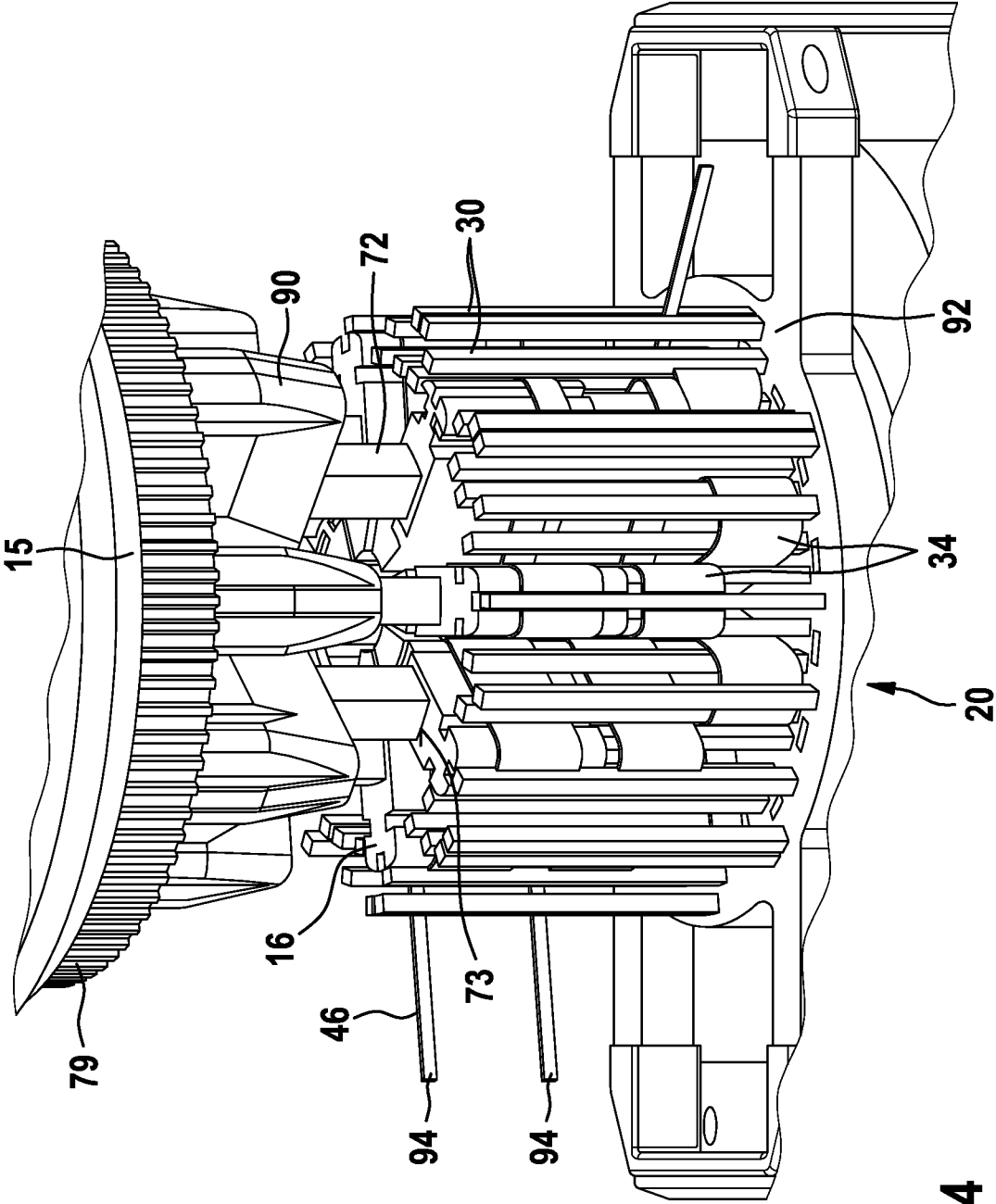


Fig. 4

4/7

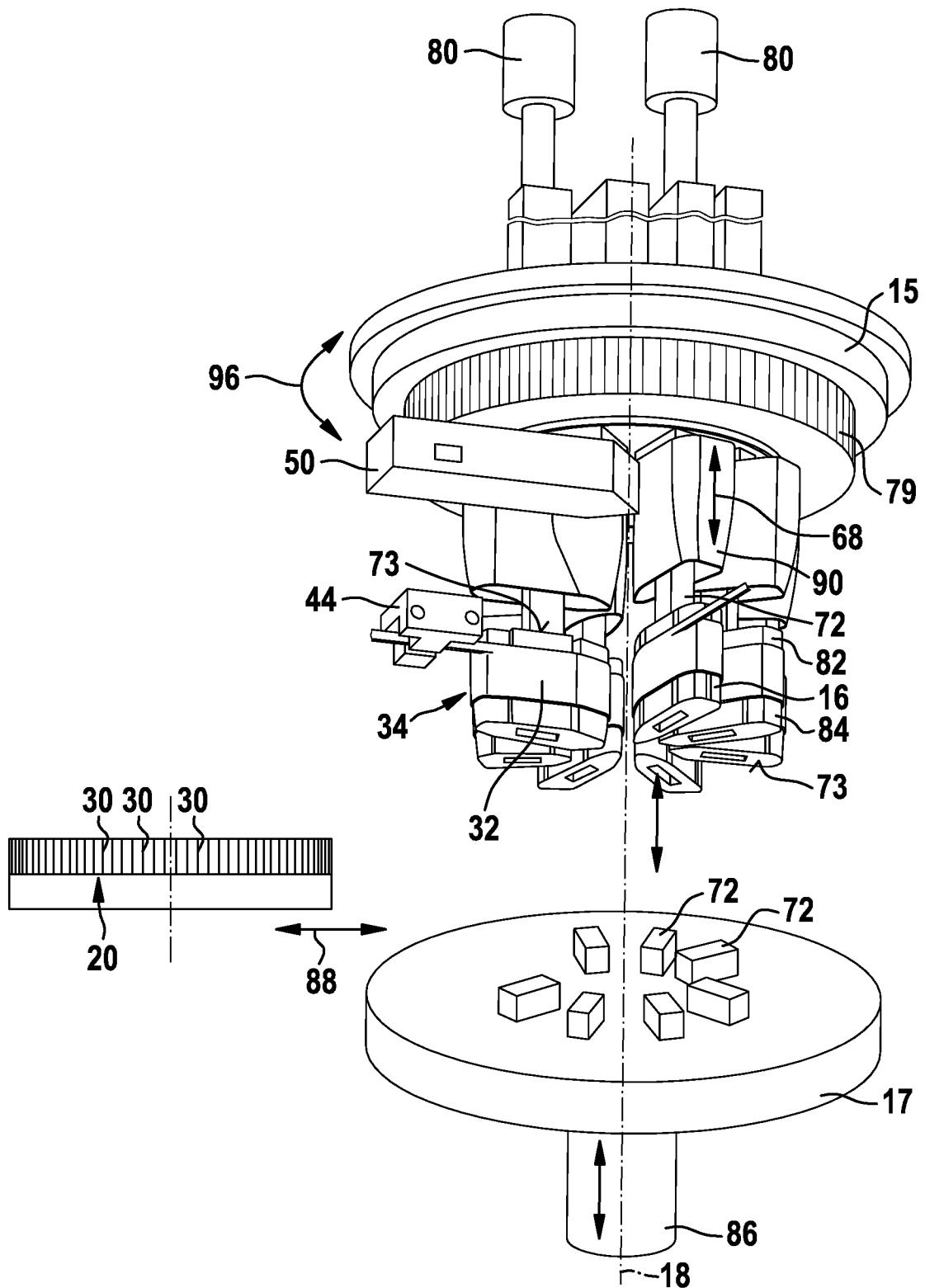


Fig. 5a

5/7

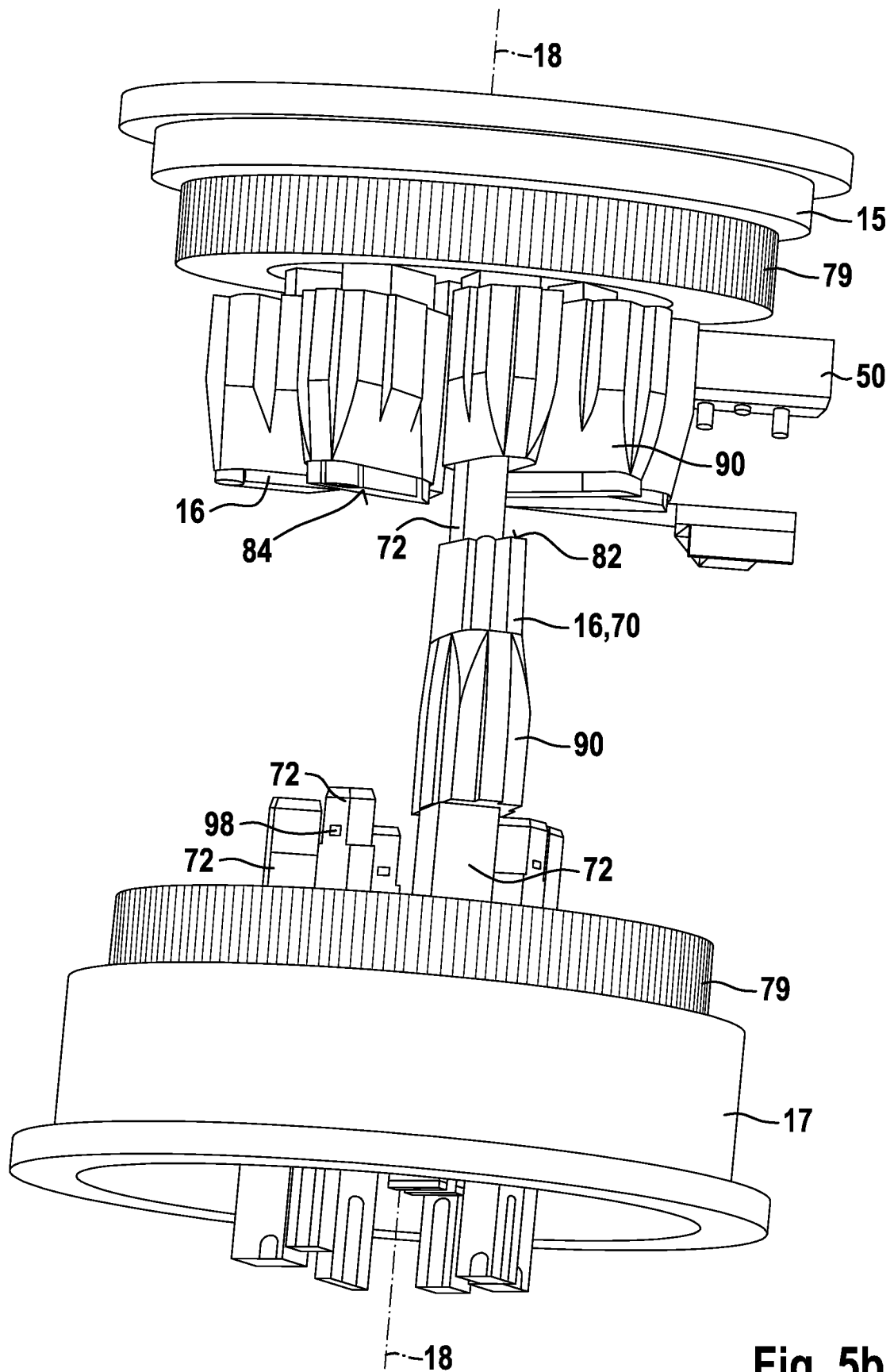


Fig. 5b

6 / 7

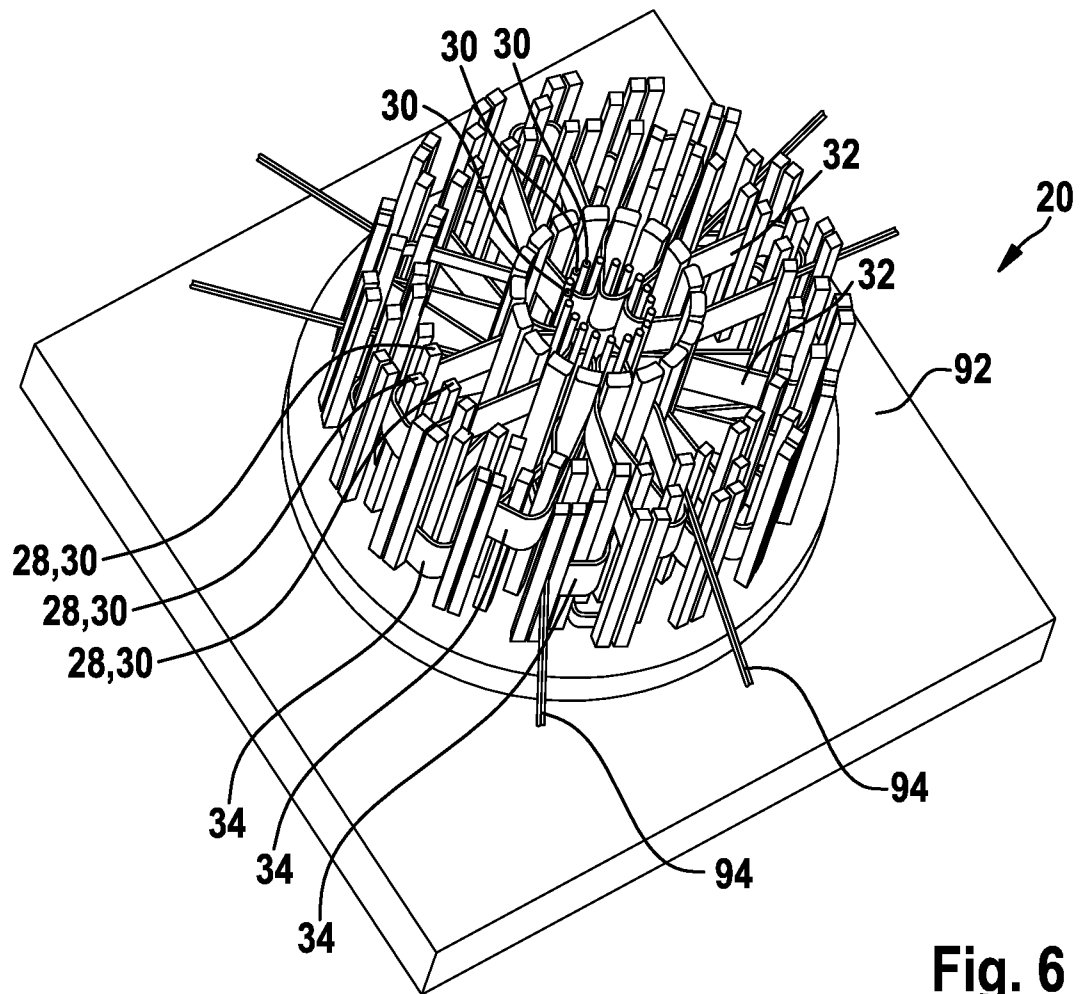


Fig. 6

7/7

Fig. 7

