



(10) **DE 10 2013 226 379 A1** 2015.06.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 226 379.1**
(22) Anmeldetag: **18.12.2013**
(43) Offenlegungstag: **18.06.2015**

(51) Int Cl.: **H02K 1/27 (2006.01)**
H02K 15/03 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 101 31 474 A1
DE 10 2012 200 882 A1

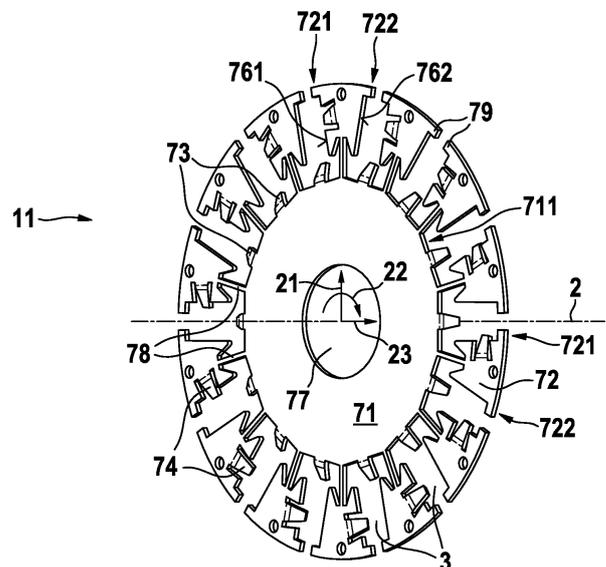
(72) Erfinder:
**Evans, Susanne, 77815 Bühl, DE; Evans, Steven
Andrew, 77815 Bühl, DE; Koenig, Tilo, 77815
Bühl, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrische Maschine mit jeweils zumindest zwei Klemmnasen zur Befestigung eines Dauermagneten**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Speichenrotor für eine elektrische Maschine, mit einem Grundkörper, der sich konzentrisch um eine Drehachse erstreckt, und der eine Vielzahl Polschuhe aufweist, zwischen denen Dauermagnete in Aufnahmen angeordnet sind, wobei für jeden Dauermagneten in seiner Aufnahme jeweils zumindest ein erstes Klemmelement und ein zweites Klemmelement vorgesehen ist, das ihn in der Aufnahme fixiert, wobei das erste Klemmelement den Dauermagneten in einer radialen Richtung zur Drehachse, und das zweite Klemmelement ihn in einer tangentialen Richtung zur Drehachse fixiert, und wobei für jedes zweite Klemmelement jeweils ein Bewegungsfreiraum vorgesehen ist. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Klemmlamelle, insbesondere für einen solchen Speichenrotor. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine elektrische Maschine mit einem solchen Speichenrotor. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung, insbesondere eine Handwerkzeugmaschine, einen Verstellantrieb für ein Kraftfahrzeug, eine Servolenkung, einen Servomotor, einen elektromechanischen Bremsverstärker oder einen Fahrzeugantrieb, mit einer solchen elektrischen Maschine.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Positionierung und Befestigung von Dauermagneten in Speichenrotoren von bürstenlosen permanenterrregten elektrischen Maschinen.

[0002] Elektrische Maschinen mit einem als Speichenrotor ausgebildeten bürstenlosen Innenrotor werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Beispiele sind elektrische Servolenkungen (EPS, Electric Powerassisted Steering drive), Antriebe für den Kühlkreislauf von Verbrennungsmotoren, Fahrzeugantriebe für elektrische Roller oder Fahrräder (eScooter, eBike), elektromechanische Bremsverstärker (iBooster), aktive Stabilisatoren in Kraftfahrzeugen (ARS, Active Roll Stabilisation), Servomotoren für die industrielle Automatisierung, für Roboter und für Maschinenwerkzeuge. In solchen Rotoren sind die rechteckförmigen Dauermagnete wie die Speichen eines Fahrrades angeordnet. Sie erstrecken sich daher entlang ihrer Länge in die axiale Richtung des Rotors, entlang ihrer Breite in die radiale Richtung, und entlang ihrer Tiefe in die tangential Richtung. Außerdem sind sie in tangentialer Richtung magnetisiert.

[0003] Rechteckförmige Dauermagnete sind einfach und kostengünstig herstellbar. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine im Luftspalt zwischen einem solchen Rotor, im Folgenden Speichenrotor, und einem diesen umgebenden Stator erreichbare magnetische Flussdichte höher ist, als die Remanentflussdichte der verwendeten Dauermagnete. Die Drehmomentdichte dieser Speichenrotoren ist dementsprechend hoch.

[0004] Dafür wird eine große Anzahl Dauermagnete verwendet, deren radiale Breite größer ist als die halbe Dicke der zwischen den Dauermagneten angeordneten Polschuhe in Umfangsrichtung. Als Dauermagnete sind dafür sowohl Seltenerd-freie Dauermagnete, wie beispielsweise gesinterte Ferrite, die eine verhältnismäßig geringe Remanentmagnetisierung aufweisen, oder Seltenerd-Dauermagnete, wie beispielsweise gesinterte Neodym-Eisen-Bor(NdFeB)-Dauermagnete, mit hoher Remanentmagnetisierung, verwendbar.

[0005] Ein bekanntes Problem von Speichenrotoren ist die Positionierung und Befestigung der Dauermagneten im Grundkörper des Rotors. Aufgrund von Herstellungstoleranzen und um das Einfügen der Dauermagnete in ihre Aufnahme zu ermöglichen, müssen die Ausmaße der Aufnahmen größer als die Außenmaße der Dauermagnete sein. Die Differenz beträgt typischerweise mehrere Zehntel Millimeter, häufig etwa 0,2mm. Damit die Dauermagnete

während der Lebensdauer der elektrischen Maschine Vibrationen oder anderen mechanischen Belastungen, beispielsweise bei Richtungswechseln während des Betriebs der Maschine oder ähnlich, standhalten, müssen sie dauerhaft in ihrer Position fixiert werden.

[0006] Zudem ist es erforderlich, dass die Dauermagneten in tangentialer Richtung gleichmäßig positioniert sind. Denn eine ungleichmäßige Positionierung hat zur Folge, dass die Dauermagneten an verschiedenen tangentialen Seitenflächen der ihre Aufnahme begrenzenden Polschuhe anliegen, so dass einige der Dauermagneten auf der linken Seite ihrer Aufnahme und andere auf der rechten Seite ihrer Aufnahme anliegen. Dadurch ist der Feldverlauf des Magnetfeldes im Rotor leicht ungleichmäßig, was zu einem erhöhten Rastmoment und einer erhöhten Momentenwelligkeit führt. Das Rundlaufverhalten sowie das Regelungsverhalten einer solchen elektrischen Maschine sind auch schlecht.

[0007] Zwar können Fertigungstoleranzen durch aufwändige Fertigungstechnologien minimiert werden. Jedoch werden die Herstellungskosten dadurch erheblich erhöht.

[0008] Zum Befestigen der Dauermagnete ist eine Vielzahl von Methoden bekannt:

Die Dauermagnete werden beispielsweise in ihre Aufnahme eingeklebt. Nachteilig daran ist es, dass sie während des Aushärtens in ihrer Position gehalten werden müssen, so dass die Herstellungsdauer für den Speichenrotor sehr lang ist. Eine definierte Positionierung in tangentialer Richtung kann bei dieser Befestigungsmethode auch nicht sichergestellt werden. Und das Vorhandensein von Klebstoffen während des Herstellungsprozesses ist in Bezug auf die erforderliche Reinigung der Herstellungswerkzeuge aufwändig.

[0009] Oder die Dauermagnete werden in ihrer Aufnahme positioniert und durch Einspritzen eines Thermoplastes, eines Duromers oder eines anderen Kunststoffes befestigt. Aber auch bei dieser Methode ist eine definierte tangential Positionierung der Dauermagnete nicht sichergestellt.

[0010] Oder die Dauermagnete werden mittels eines nicht-magnetischen Stahlröhrchens oder eines verstärkten Plastik Röhrchens in ihrer Position gehalten. Das Röhrchen vergrößert jedoch die Luftspaltbreite und verringert dadurch die Drehmomentdichte. Zudem ist hier ebenfalls keine definierte tangential Positionierung der Dauermagnete möglich.

[0011] Bekannt ist es auch, Federelemente einzusetzen, die die Dauermagnete entweder radial nach außen oder radial nach innen drücken. Diese Metho-

de stellt keine definierte tangentielle Positionierung der Dauermagnete sicher.

[0012] Die Druckschrift mit dem deutschen Aktenzeichen DE 10 2012 200 882.9 offenbart daher einen Speichenrotor für eine elektrische Maschine, der eine Lamelle mit einer ersten Klemmnase aufweist, die einen Dauermagneten nicht nur in radialer Richtung sondern zudem in einer tangentialen Richtung in seiner Aufnahme fixiert. Um die mit dieser Klemmnase erreichbare tangentielle Positionierung noch zu verbessern, offenbart diese Druckschrift eine Ausführungsform, bei der an einer der Aufnahme zugewandten Seite eines die Aufnahme begrenzenden Polschuhs eine zusätzliche zweite Klemmnase für die tangentielle Positionierung des Dauermagneten vorgesehen ist. Es hat sich aber gezeigt, dass die Montage der Dauermagnete durch die zweite Klemmnase erschwert ist.

Offenbarung der Erfindung

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Speichenrotor weiter zu verbessern, so dass er sehr kostengünstig herstellbar ist, die Dauermagnete leicht im Rotor befestigbar sind, und sowohl in radialer als auch in tangentialer Richtung dauerhaft definiert positioniert und befestigt sind, so dass eine elektrische Maschine mit einem solchen Speichenrotor sehr kleine Rastmomente und eine sehr geringe Momentenwelligkeit aufweist.

[0014] Die Aufgabe wird gelöst mit einem Speichenrotor für eine elektrische Maschine, der einen Grundkörper aufweist, welcher sich konzentrisch um eine Drehachse erstreckt, und der eine Vielzahl Polschuhe aufweist, zwischen denen Dauermagnete in Aufnahmen angeordnet sind, wobei für jeden Dauermagneten in seiner Aufnahme jeweils zumindest ein erstes Klemmelement und ein zweites Klemmelement vorgesehen sind, die ihn in seiner Aufnahme fixieren.

[0015] Der Speichenrotor zeichnet sich dadurch aus, dass das erste Klemmelement den Dauermagneten in einer radialen Richtung zur Drehachse, und das zweite Klemmelement ihn in einer tangentialen Richtung zur Drehachse fixiert, wobei für jedes zweite Klemmelement jeweils zudem ein Bewegungsfreiraum vorgesehen ist.

[0016] Da die Klemmelemente jeweils entweder für die radiale Fixierung oder für die tangentielle Fixierung vorgesehen sind, ist ihre Klemmwirkung, insbesondere ihre Klemmrichtung und ihre Klemmkraft, besser einstellbar. Die Dauermagnete sind mit diesen Klemmelementen besser platzierbar. Zudem ist die Klemmkraft, mit der die Dauermagnete jeweils in die radiale und tangentielle Richtung gedrückt werden, sehr genau und gleichmäßig einstellbar.

[0017] Es ist bevorzugt, die Klemmelemente zudem so auszulegen, dass sie neben der radialen oder tangentialen Fixierung auch eine axiale Fixierung des Dauermagneten in der Aufnahme bewirken.

[0018] Der zusätzlich für jedes zweite Klemmelement vorgesehene Bewegungsfreiraum dient zum Raumausgleich für das jeweilige zweite Klemmelement beim Einschieben des Dauermagneten in die Aufnahme. Das zweite Klemmelement gibt daher bei Einschieben des Dauermagneten in die Einführrichtung nach. Je nach Ausbildung des zweiten Klemmelementes wird es dabei in Einführrichtung in den Bewegungsfreiraum hinein, oder entlang diesem verbogen. Dadurch ist der Dauermagnet leichter in seine Aufnahme einführbar. Außerdem ist das Klemmelement so ausbildbar und dimensionierbar, dass der Dauermagnet dabei, insbesondere seine Oberfläche oder Beschichtung, nicht beschädigt, insbesondere verkratzt, wird.

[0019] Dafür ist es bevorzugt, dass der Bewegungsfreiraum durch eine Ausnehmung in einem der die Aufnahme des Dauermagneten begrenzenden Polschuh gebildet, und in der Einführrichtung des Dauermagneten in den Speichenrotor gesehen hinter dem zweiten Klemmelement angeordnet ist.

[0020] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform sind das erste und zweite Klemmelement in Einführrichtung bogenförmig ausgebildet. Vorzugsweise sind sie halbwellen- oder wellenförmig ausgebildet, so dass der Dauermagnet beim Einführen in seine Aufnahme jeweils entlang einer bogenförmigen Anlagefläche des ersten und des zweiten Klemmelementes gleitet. Da die Anlagefläche bogenförmig ausgebildet ist, kann der Dauermagnet nicht beim Einschieben verkratzt werden. Es ist bevorzugt, dass sich die Klemmelemente dieser Ausführungsform beim Einführen der Dauermagnete am Grundkörper des Speichenrotors abstützen. Vorzugsweise stützt sich das zweite Klemmelement im Bewegungsfreiraum an der diesen begrenzenden Außenfläche des Polschuhs ab. Für das erste Klemmelement ist es bevorzugt, dass der Grundkörper ein, insbesondere stegförmiges, Auflageelement aufweist, an dem sich dieses abstützt.

[0021] In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich bei nicht in die Aufnahme eingefügten Dauermagneten das erste Klemmelement in die radiale Richtung zur Drehachse und das zweite Klemmelement in die tangentielle Richtung zur Drehachse in die Aufnahme hinein. Dabei ist es bevorzugt, dass das zweite Klemmelement dieser Ausführungsform im Polschuh versenkt angeordnet ist. Dadurch ist es länger und nachgiebiger ausführbar. Zudem ist die für das zweite Klemmelement erforderliche Bauhöhe dadurch geringer. Die Klemmelemente dieser Ausführungsform werden bevorzugt beim Einschie-

ben des Dauermagneten in die Einführrichtung verbogen. Bei in die Aufnahme eingeschobenem Dauermagneten sind sie daher in die Einführrichtung gebogen. Dafür ist der Bewegungsfreiraum für die zweiten Klemmelemente vorgesehen. Eine Beschädigung des Dauermagneten beim Einführen in seine Aufnahme wird dabei durch das Verbiegen der Klemmelemente vermieden.

[0022] In beiden Ausführungsformen werden die Klemmelemente beim Einfügen des Dauermagneten in seine Aussparung gegen ihre Klemmkraft verboten. Dadurch weisen sie erst bei in seine Aufnahme gefügtem Dauermagneten ihre endgültige Form auf. Außerdem drücken sie den Dauermagneten dadurch mit ihrer Klemmkraft in seine Position.

[0023] Es ist bevorzugt, dass im Speichenrotor für jeden Dauermagneten jeweils mehrere erste und zweite Klemmelemente vorgesehen sind. Dadurch kann die Klemmkraft der einzelnen Klemmelemente jeweils kleiner ausgebildet sein. Die Anzahl der ersten und zweiten Klemmelemente im Speichenrotor ist aber bevorzugt für jeden Dauermagneten gleich groß. Sie liegt vorzugsweise im Bereich 2–10, besonders bevorzugt im Bereich 4–8. Durch die für jeden Dauermagneten gleiche Anzahl erster und zweiter Klemmelemente werden Symmetriefehler und dadurch verursachte Probleme vermieden. Die Anzahl der Klemmelemente, mit denen ein Dauermagnet in seiner Aufnahme fixiert ist, ist bevorzugt in Abhängigkeit von der Größe des Dauermagneten und der Anforderung an die Klemmkraft der Klemmelemente festgelegt.

[0024] Um eine gleichmäßige Verteilung des magnetischen Flusses im Luftspalt zwischen dem Speichenrotor und einem Stator einer elektrischen Maschine zu erreichen, ist es außerdem besonders bevorzugt, dass die zweiten Klemmelemente alle an derselben (ersten) Seite der Polschuhe angeordnet sind. Dadurch werden die Dauermagnete alle in dieselbe tangential Richtung ausgerichtet. Und zwar werden sie an die dieser (ersten) Seite gegenüberliegende (zweite) Seite der Ausnehmung gedrückt. Die Rastmomente einer solchen elektrischen Maschine, und demzufolge ihre Momentenwelligkeit, sind sehr gering.

[0025] Der Speichenrotor ist in einer bevorzugten Ausführungsform aus einem Vollmaterial gefertigt. Es ist aber besonders bevorzugt, dass er als Lamellenpaket aus einer Vielzahl von Lamellen gefertigt ist. Die Lamellen sind bevorzugt mittels Kleben, Backlack, Stanznoppen und/oder Nieten zu einem Lamellenpaket miteinander verbunden, und gemeinsam auf eine Welle gefügt, oder sie sind ebenfalls bevorzugt einzeln auf die Welle gefügt.

[0026] Bevorzugt, sind die Polschuhe gleichmäßig in tangentialer Richtung verteilt angeordnet, so dass auch die in den Aufnahmen zwischen den Polschuhen angeordneten Dauermagnete gleichmäßig in tangentialer Richtung verteilt angeordnet sind. Dadurch weisen die Lamellen des Speichenrotors einen symmetrischen Aufbau auf. Besonders bevorzugt sind sie flächen- oder punktsymmetrisch. Im Vergleich zu einem unsymmetrischen Aufbau werden dadurch Unwuchten, erhöhte Rastmomente und/oder eine große Momentenwelligkeit vermieden.

[0027] Ein als Lamellenpaket gefertigter Speichenrotor weist bevorzugt einen Grundkörper auf, der aus einer Vielzahl Lamellen gefertigt ist, wobei die ersten und zweiten Klemmelemente immer jeweils an einer Klemmlamelle angeordnet sind. Es ist besonders bevorzugt, dass der Speichenrotor dieser Ausführungsform für jede Klemmlamelle zudem zumindest eine Ausgleichlamelle aufweist, die in Einführrichtung hinter der Klemmlamelle angeordnet ist, und an der für jedes zweite Klemmelement der Klemmlamelle eine Ausnehmung zur Ausbildung des Bewegungsfreiraums angeordnet ist. Ein solcher Speichenrotor ist sowohl manuell als auch automatisch sehr kostengünstig herstellbar.

[0028] An der Klemmlamelle dieses Speichenrotors sind vorzugsweise für in tangentialer Richtung gleichmäßig verteilte Dauermagneten immer jeweils ein erstes und ein zweites Klemmelement vorgesehen. Es ist aber besonders bevorzugt, dass an einer Klemmlamelle dieses Speichenrotors für alle Dauermagneten jeweils ein erstes und ein zweites Klemmelement vorgesehen sind. Der Speichenrotor dieser Ausführungsform ist so herstellbar, dass die Verteilung der ersten und zweiten Klemmelemente für alle Dauermagneten gleich ist. Aufgrund der großen Symmetrie dieses Speichenrotors weist er nur sehr geringe Unwuchten, eine geringe Momentenwelligkeit und ein kleines Rastmoment auf.

[0029] Die Klemmlamelle ist in einer bevorzugten Ausführungsform aus einem ferromagnetischen Metall oder einer Metalllegierung mit ferromagnetischen Eigenschaften hergestellt, insbesondere aus einem weichmagnetischen Stahl/Elektroblech. Es ist aber ebenfalls bevorzugt, dass die Klemmlamelle aus Federstahl hergestellt ist.

[0030] Die Polschuhe des Speichenrotors sind vorzugsweise zumindest teilweise durch einen Quersteg, der jeweils an der der Drehachse abgewandten Seite der Aufnahmen angeordnet ist, miteinander verbunden. Alternativ oder zusätzlich sind die Polschuhe durch einen Längssteg mit einem Innenring des Grundkörpers, in dem mittig eine Durchgangsbohrung für eine Welle vorgesehen ist, verbunden. Es ist bevorzugt, dass alle Polschuhe eine Verbindung mit dem Innenring, entweder direkt über den Längs-

steg oder indirekt über den Quersteg, aufweisen, so dass die Polschuhe im Speichenrotor definiert positioniert und die Lamellen mechanisch stabil sind. Um den möglichen Streufluss zu reduzieren, sind zumindest einige der Polschuhe nicht durch einen Quersteg miteinander verbunden.

[0031] Der erfindungsgemäße Speichenrotor ist sowohl manuell als auch automatisch sehr kostengünstig herstellbar. Die Dauermagnete sind in dieselbe tangentielle Richtung ausgerichtet und in radialer Richtung sicher in ihrer Aufnahme fixiert. Dabei sind die Klemmelemente so dimensioniert und/oder geformt, dass die Dauermagnete beim Einführen in ihre Aufnahme nicht beschädigt werden. Insgesamt weist der Speichenrotor eine sehr gleichmäßige magnetische Feldverteilung auf, durch die das Rastmoment sehr klein ist und die Momentenwelligkeit gering ist.

[0032] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst mit einer Klemmlamelle für einen Speichenrotor einer elektrischen Maschine, insbesondere für einen solchen Speichenrotor. Die Klemmlamelle weist eine Vielzahl von Polschuhen auf, zwischen denen Aufnahmen für Dauermagnete ausgebildet sind, welche in eine Einführrichtung in die Aufnahmen einführbar sind. Zudem weist sie in zumindest einer Aufnahme ein erstes Klemmelement sowie ein zweites Klemmelement auf, die zum Fixieren eines in die Aufnahme eingeführten Dauermagneten vorgesehen sind.

[0033] Die Klemmlamelle zeichnet sich dadurch aus, dass das erste Klemmelement zum Fixieren des Dauermagneten in eine radiale Richtung, und das zweite Klemmelement zum Fixieren des Dauermagneten in eine tangentielle Richtung vorgesehen ist. Zudem zeichnet es sich dadurch aus, dass das erste und das zweite Klemmelement sich bogenförmig in die Einführrichtung erstrecken.

[0034] Das zweite Klemmelement ermöglicht das Ausrichten des Dauermagneten in die tangentielle Richtung. Aufgrund der Bogenform ist das Einführen des Dauermagneten in seine Aufnahme leicht möglich. Zudem wird dadurch auch ein Beschädigen des Dauermagneten sicher vermieden.

[0035] Es ist bevorzugt, dass die Klemmlamelle für jeden Dauermagneten ein erstes und ein zweites Klemmelement umfasst. Außerdem ist es bevorzugt, dass alle zweiten Klemmelemente an derselben Seite der Aufnahmen angeordnet sind. Dadurch ist das Rastmoment minimierbar.

[0036] Das erste Klemmelement und das zweite Klemmelement der Klemmlamelle dieser Ausführungsform erstrecken sich bevorzugt bogenförmig in die Einführrichtung. Besonders bevorzugt sind sie halbwellen- oder wellenförmig ausgebildet. Dadurch weisen sie an ihrer dem Dauermagneten zugewand-

ten Seiten eine bogenförmige Anlagefläche auf, so dass der Dauermagnet beim Einführen in seine Aufnahme nicht beschädigt wird.

[0037] Die Klemmlamelle ist bevorzugt aus Federstahl gefertigt. In dieser Ausführungsform ist mit wenigen Klemmlamellen eine ausreichend große Klemmkraft auch für verhältnismäßig große Speichenrotoren herstellbar. Insgesamt ist auch ein großer Speichenrotor dadurch mit wenig Aufwand und sehr kostengünstig herstellbar.

[0038] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst mit einer elektrischen Maschine, insbesondere mit einem Elektromotor, mit einem solchen Speichenrotor. Die elektrische Maschine ist bevorzugt bürstenlos. In einer bevorzugten Ausführungsform ist sie eine Synchronmaschine.

[0039] Die elektrische Maschine weist ein kleines Rastmoment und eine geringe Momentenwelligkeit auf. Zudem sind die Dauermagnete des Rotors mittels der Klemmelemente sehr kostengünstig im Rotor fixiert, so dass die elektrische Maschine insgesamt sehr kostengünstig herstellbar ist. Sie ist beispielsweise ein Elektromotor, ein Starter, ein Generator oder ein Hilfsantrieb, insbesondere ein Verstellantrieb für Kraftfahrzeuge.

[0040] Weiterhin wird die Aufgabe gelöst mit einer Vorrichtung, insbesondere mit einer Handwerkzeugmaschine, einem Verstellantrieb für ein Kraftfahrzeug, einer Servolenkung, einem Servomotor, einem elektromechanischen Bremsverstärker, oder einem Fahrzeugantrieb, insbesondere für einen eScooter oder ein eBike, mit einer solchen elektrischen Maschine. Aufgrund der geringen Momentenwelligkeit des Elektromotors sind die durch die Momentenwelligkeit des Elektromotors verursachten Laufgeräusche der Vorrichtung sehr gering.

[0041] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren beschrieben. Die Figuren sind lediglich beispielhaft und schränken den allgemeinen Erfindungsgedanken nicht ein.

[0042] Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch eine elektrische Maschine nach dem Stand der Technik mit einem Speichenrotor und einem Stator,

[0043] Fig. 2 zeigt in (a) eine erste Ausführungsform einer Klemmlamelle für einen erfindungsgemäßen Speichenrotor einer elektrischen Maschine, in (b) eine Ausgleichslamelle für den Speichenrotor aus (a), in (c) eine herkömmliche Lamelle für den Speichenrotor aus (a), in (d) den Grundkörper des Speichenrotors aus (a), in (e) den Speichenrotor aus (a), in (f) ein erstes Schnittbild entlang der Linie LA durch den Speichenrotor aus (e), und in (g) ein zweites Schnitt-

bild entlang der Linie LB durch den Speichenrotor aus (e), und

[0044] Fig. 3 zeigt in (a) eine zweite Ausführungsform einer Klemmlamelle für einen erfindungsgemäßen Speichenrotor einer elektrischen Maschine, in (b) eine Abstandslamelle für den Speichenrotor aus (a), in (c) eine Ausgleichlamelle für den Speichenrotor aus (a), in (d) eine herkömmliche Lamelle für den Speichenrotor aus (a), in (e) den Grundkörper des Speichenrotors aus (a), in (f) den Speichenrotor aus (a), in (g) ein erstes Schnittbild entlang der Linie LA durch den Speichenrotor aus (f), und in (h) ein zweites Schnittbild entlang der Linie LB durch den Speichenrotor aus (f).

[0045] Die elektrische Maschine **100** der Fig. 1 weist einen Innenrotor **10** auf, der als Speichenrotor ausgebildet ist, und sich konzentrisch um eine Welle **20** erstreckt, die um eine Drehachse **2** (s. Fig. 2, Fig. 3) drehbar gelagert ist. Zudem weist er einen außen angeordneten Stator **50** auf.

[0046] Der Stator **50** weist ein Joch **53** auf, an dem eine Vielzahl von Zähnen **52** angeordnet ist. Bei einem montierten Stator **50** sind die Zähne **52** mit einer Wicklung **54** umwickelt, die zur Erzeugung eines magnetischen Wechselfeldes vorgesehen ist. Dafür sind zwischen den Zähnen **52** Zwischenräume **51** zur Aufnahme der Wicklung **54** vorgesehen. In der Fig. 1 ist der Übersichtlichkeit halber aber nur eine Wicklung **54** beispielhaft gezeigt.

[0047] Der Speichenrotor **10** weist einen Innenring **71** auf, der sich konzentrisch um die Drehachse **2** erstreckt und mittig eine Durchgangsbohrung **77** (s. Fig. 2, Fig. 3) aufweist, die zur Aufnahme der Welle **20** vorgesehen ist. Zudem weist er eine Vielzahl Polschuhe **72** auf, zwischen denen Aufnahmen **3** (s. Fig. 2, Fig. 3) für Dauermagnete **4** angeordnet sind. In die Aufnahmen **3** sind Dauermagnete **4** gefügt.

[0048] Die Polschuhe **72** sind mittels Längsstegen **78**, die sich in eine radiale Richtung **21** zur Drehachse **2** erstrecken, mit dem Innenring **71** verbunden. An den Polschuhen **72** sind Haltenasen **79** angeordnet, die sich in oder gegen eine tangential Richtung **22** zur Drehachse **2** erstrecken. Die Haltenasen **79** bilden jeweils einen Anschlag für die Dauermagnete **4**.

[0049] Zwischen dem Speichenrotor **10** und dem Stator **50** ist ein Luftspalt **60** ausgebildet.

[0050] Eine solche elektrische Maschine **100** ist eine bürstenlose Permanentmagneterregte Synchronmaschine.

[0051] Die Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform eines Speichenrotors **10** für eine solche elektrische Maschine **100**.

[0052] Der Speichenrotor **10** weist einen Grundkörper **1** auf, der als Lamellenpaket aus einer Vielzahl von Lamellen **11**, **12**, **13** gefertigt ist. Fig. 2(a) zeigt eine Klemmlamelle **11** des Speichenrotors **10**, Fig. 2(b) eine Ausgleichlamelle **12** des Speichenrotors **10**, und Fig. 2(c) eine Zwischenlamelle **13** des Speichenrotors **10**. In Fig. 2(d) ist der fertige Grundkörper **1** dargestellt. Und die Fig. 2(e)–(g) zeigen jeweils den Speichenrotor **10** mit im Grundkörper **1** angeordneten Dauermagneten **4**.

[0053] Die Lamellen **11**, **12**, **13** sind als Stanzteile einstückig, vorzugsweise aus einem Flachbandmaterial, gefertigt. Dabei wird für die Klemmlamelle **11** entweder ein herkömmlich für Lamellen solcher Rotoren **10** genutzter, vorzugsweise eisenhaltiger, Stahl verwendbar, oder Federstahl. Für die übrigen Lamellen **12**, **13** wird der herkömmliche Stahl verwendet.

[0054] Die Klemmlamelle **11** weist den Innenring **71** mit den am Innenring **71** angeordneten Polschuhen **72** auf. Der Innenring **71** erstreckt sich konzentrisch um die Drehachse **2**. Mittig im Innenring **71** ist die Durchgangsbohrung **77** zur Aufnahme der Welle **20** vorgesehen.

[0055] Die Polschuhe **72** sind über Längsstege **78** einstückig mit dem Innenring **71** verbunden. Die Längsstege **78** erstrecken sich in die radiale Richtung **21** zur Drehachse **2**. Zwischen den Polschuhen **72** sind Aufnahmen **3** zur Aufnahme der Dauermagnete **4** ausgebildet. An einer dem Innenring **71** abgewandten Seite der Polschuhe **72** sind Haltenasen **79** vorgesehen. Die Haltenasen **79** erstrecken sich in und gegen die tangential Richtung **22** zur Drehachse **2**. Sie dienen als Anschlag für die Dauermagneten **4**.

[0056] An einer den Aufnahmen **3** zugewandten Seite **711** des Innenrings **71** sind erste Klemmelemente **73** angeordnet. Die ersten Klemmelemente **73** erstrecken sich in die radiale Richtung **21**. In der hier gezeigten Fig. 2(a) sind sie zudem in eine axiale Einführichtung **23** gebogen. Diese Form nehmen die ersten Klemmelemente **11** bei dieser Ausführungsform des Speichenrotors **10** aber erst bei in ihre Aufnahmen **3** gefügten Dauermagneten **4** ein. Im unmontierten Zustand der Klemmlamelle **11** beziehungsweise des Grundkörpers **1** sind die ersten Klemmelemente **73** daher nicht gebogen.

[0057] Die ersten Klemmelemente **73** sind für die radiale Fixierung der Dauermagneten **4** vorgesehen. In der hier gezeigten Ausführungsform ist jeweils ein erstes Klemmelement **73** für jeweils eine Aufnahme **3** vorgesehen.

[0058] Die Polschuhe **72** weisen jeweils eine erste Seite **721** auf sowie eine zweite Seite **722**. An ihrer ersten Seite **721** weisen sie eine erste Außenfläche

761 auf. An ihrer zweiten Seite **722** weisen sie eine zweite Außenfläche **762** auf.

[0059] An der ersten Seite **721** jedes Polschuhs **72** ist jeweils ein zweites Klemmelement **74** vorgesehen. Die zweiten Klemmelemente **74** erstrecken sich hier gegen die tangentielle Richtung **22**. In der hier gezeigten **Fig. 2(a)** sind sie zudem in die Einführrichtung **23** gebogen. Aber auch die zweiten Klemmelemente **74** nehmen diese Form erst bei in ihre Aufnahmen **3** gefügten Dauermagneten **4** ein. Im unmontierten Zustand der Klemmlamelle **11** beziehungsweise des Grundkörpers **1** sind die zweiten Klemmelemente **74** daher ebenfalls nicht gebogen.

[0060] Die zweiten Klemmelemente **74** sind im Polschuh **72** versenkt vorgesehen. Dadurch sind sie verhältnismäßig lang und nachgiebig herstellbar, wobei sie gleichzeitig nur wenig in die Aufnahme **3** hineinragen. Die zweiten Klemmelemente **74** sind für die tangentielle Fixierung der Dauermagneten **4** vorgesehen. In der hier gezeigten Ausführungsform ist jeweils ein zweites Klemmelement **74** für jeweils eine Aufnahme **3** vorgesehen.

[0061] Um ein Nachgeben der zweiten Klemmelemente **74** beim Einführen der Dauermagnete **4** in ihre Aufnahme **3** zu ermöglichen, weist die Ausgleichlamelle **12** einen als Ausnehmung ausgebildeten Bewegungsfreiraum **75** auf. Der Bewegungsfreiraum **75** ist jeweils an der ersten Seite **721** der Polschuhe **72** angeordnet.

[0062] Im Übrigen entspricht der Aufbau der Ausgleichlamelle **12** im Wesentlichen dem der Klemmlamelle **11**. Die Ausgleichlamelle **12** weist ebenfalls den Innenring **71** mit den am Innenring **71** angeordneten Polschuhen **72** auf. Auch bei ihr sind die Polschuhe **72** über Längsstege **78** mit dem Innenring **71** einstückig verbunden. Zudem weisen ihre Polschuhe **72** ebenfalls die Haltenasen **79** als Anschlag für die Dauermagnete **4** auf. Allerdings weist die Ausgleichlamelle **12** im Gegensatz zur Klemmlamelle **11** an ihrer der Aufnahme **3** zugewandten Seite des Innenrings **71** keine ersten Klemmelemente **73** auf.

[0063] Im montierten Grundkörper **1** ist eine oder sind mehrere Ausgleichlamellen **12** hinter der Klemmlamelle **11** angeordnet. Dabei ist die oder sind die den Bewegungsfreiraum **75** bildenden Ausnehmungen hinter den zweiten Klemmelementen **74** der Klemmlamelle **11**, und der Innenring **71** sowie die Polschuhe **72** der Ausgleichlamelle **12** oder der Ausgleichlamellen **12** im Übrigen bündig mit dem Innenring **71** und jeweils der ersten Seite **721** der Polschuhe **72** der Klemmlamelle **11** angeordnet.

[0064] Um einen möglichst symmetrischen Aufbau des Grundkörpers **1** zu realisieren, weist dieser zudem Zwischenlamellen **13** auf. Die Zwischenlamellen

13 haben ebenfalls den Aufbau der Klemmlamelle **11** beziehungsweise der Ausgleichlamelle **12**. Sie weisen ebenfalls den Innenring **71** mit den am Innenring **71** angeordneten Polschuhen **72** auf. Die Polschuhe **72** sind ebenfalls über Längsstege **78** mit dem Innenring **71** einstückig verbunden. Zudem weisen ihre Polschuhe **72** ebenfalls die Haltenasen **79** als Anschlag für die Dauermagnete **4** auf.

[0065] Die Polschuhe **72** der Zwischenlamellen **13** weisen aber weder eine als Bewegungsfreiraum **75** genutzte Ausnehmung noch eine erste oder zweite Klemmlamelle **73**, **74** auf. Die Polschuhe **72** der Zwischenlamellen **13** sind daher zu einer fiktiven durch die Längsstege **78** verlaufenden Achse (nicht gezeigt) jeweils flächensymmetrisch. Zudem weisen sie im Vergleich zur Klemmlamelle **11** ebenfalls keine ersten Klemmelemente **73** an ihrer der Aufnahme **3** zugewandten Seite des Innenrings **71** auf.

[0066] Im montierten Grundkörper **1** ist eine oder sind mehrere Zwischenlamellen **13** vor einer Klemmlamelle **11** beziehungsweise nach einer Ausgleichlamelle **12** angeordnet.

[0067] Der als Lamellenpaket aus den in den **Fig. 2(a)–(c)** gebildeten Klemmlamellen **11**, Ausgleichlamellen **12** und Zwischenlamellen **13** gebildete Grundkörper **1** der **Fig. 2(d)** weist jeweils sechs Klemmlamellen **11** auf. Diese sind in Einführrichtung hintereinander angeordnet. Die Klemmlamellen **11** weisen jeweils für jede Aufnahme **3** ein erstes Klemmelement **73** und ein zweites Klemmelement **74** auf. Die ersten Klemmelemente **73** sind jeweils an einer den Aufnahmen **3** zugewandten Seite des Innenrings **71** angeordnet und zum Fixieren der in die Aufnahme **3** eingefügten Dauermagnete **4** in die radiale Richtung **21** vorgesehen. Die zweiten Klemmelemente **74** sind jeweils an der ersten Seite **721** eines der beiden die Aufnahme **3** begrenzenden Polschuhs **72** angeordnet, und zum Fixieren der in die Aufnahme **3** eingefügten Dauermagneten **4** hier gegen die tangentielle Richtung **22** vorgesehen. Sie sind in Einführrichtung **23** ebenfalls hintereinander angeordnet.

[0068] Bei dem Speichenrotor **10** der hier gezeigten Ausführungsform (s. **Fig. 2(e)**) ist jeweils ein Dauermagnet **4** in einer Aufnahme **3** angeordnet. Die ersten Klemmelemente **73** drücken den Dauermagneten **4** in die radiale Richtung **21** gegen die Haltenasen **79**. Dies ist im Schnittbild der **Fig. 2(g)** sichtbar. Die zweiten Klemmelemente **74** drücken den Dauermagneten **4** gegen die tangentielle Richtung **22** gegen die zweite Außenfläche **762** des benachbarten Polschuhs **72**. Dies ist im Schnittbild der **Fig. 2(f)** sichtbar. Dort ist ebenfalls gezeigt, dass die zweite Klemmnase **74** bei in ihrer Aufnahme **3** angeordnetem Dauermagneten **4** in den Bewegungsfreiraum **75** hinein gebogen ist.

[0069] Sichtbar ist, dass auf eine Klemmlamelle **11** dieses Speichenrotors **10** immer drei Ausgleichslamellen **12** folgen. Die Anzahl der Ausgleichslamellen **12** ist von den Ausmaßen des Speichenrotors **10** und der erforderlichen Klemmkraft abhängig. Zudem zeigt die **Fig. 2(f)**, dass die Bewegungsfreiräume **75** der Ausgleichslamellen **12** fluchtend hinter den zweiten Klemmelementen **74** der Klemmlamelle **11** angeordnet sind. Die übrigen Lamellen dieses Speichenrotors **10** sind Zwischenlamellen **13**.

[0070] Im Vergleich zu einer herkömmlichen Fertigung eines Speichenrotors ist der erfindungsgemäße Speichenrotor ebenso kostengünstig und einfach herstellbar.

[0071] Die **Fig. 3** zeigt eine zweite Ausführungsform eines Speichenrotors **10** für eine solche elektrische Maschine **100**.

[0072] Der Speichenrotor **10** dieser Ausführungsform weist ebenfalls einen Grundkörper **1** auf, der als Lamellenpaket aus einer Vielzahl von Lamellen **11**, **12**, **13**, **14** gefertigt ist. Dabei weist auch dieser Grundkörper **1** die Klemmlamelle **11**, die Ausgleichslamelle **12** und die Zwischenlamelle **13** auf. Aber aufgrund einer veränderten Form der Klemmelemente **73**, **74** der Klemmlamelle **11** wird hier vorzugsweise zudem eine Abstandslamelle **14** verwendet.

[0073] **Fig. 3(a)** zeigt die Klemmlamelle **11** des Speichenrotors **10**, **Fig. 3(b)** die Ausgleichslamelle **12**, und **Fig. 3(c)** die Zwischenlamelle **13** und **Fig. 3(d)** die Abstandslamelle **14**. In **Fig. 3(e)** ist der fertige Grundkörper **1** dargestellt. Und die **Fig. 3(f)–(h)** zeigen jeweils den Speichenrotor **10** mit im Grundkörper **1** angeordneten Dauermagneten **4**.

[0074] Die Lamellen **11**, **12**, **13**, **14** sind als Stanzteile einstückig, vorzugsweise aus einem Flachbandmaterial, gefertigt. Dabei wird für die Klemmlamelle **11** hier Federstahl verwendet. Für die übrigen Lamellen **12**, **13**, **14** wird ein herkömmlicher für Lamellen verwendeter Stahl genutzt.

[0075] Die Klemmlamelle **11** weist den Innenring **71** mit den am Innenring **71** angeordneten Polschuhen **72** auf. Der Innenring **71** erstreckt sich konzentrisch um die Drehachse **2**. Er weist mittig ebenfalls eine Durchgangsbohrung **77'** auf, die aber einen erheblich größeren Durchmesser **77'** aufweist, als die als Wellenaufnahme genutzten Durchgangsbohrungen **77** der Ausgleichslamelle **12** und der Zwischenlamelle **13** dieses Speichenrotors **10**.

[0076] Die Polschuhe **72** sind einstückig mit dem Innenring **71** verbunden. Im Gegensatz zum Speichenrotor **10** der **Fig. 2** sind hier aber keine Längsstege **78** an der Klemmlamelle **11** vorgesehen. Zwischen den

Polschuhen **72** sind die Aufnahmen **3** zur Aufnahme der Dauermagnete **4** ausgebildet.

[0077] An einer den Aufnahmen **3** zugewandten Seite **711** des Innenrings **71** sind die ersten Klemmelemente **73** angeordnet. Die ersten Klemmelemente **73** erstrecken sich bogenförmig in die Einführrichtung **23**. Sie weisen etwa die Form einer Halbwelle auf. Die ersten Klemmelemente **73** sind für die radiale Fixierung der Dauermagneten **4** vorgesehen. Auch in dieser Ausführungsform der Klemmlamelle **11** ist jeweils ein erstes Klemmelement **73** für jeweils eine Aufnahme **3** vorgesehen.

[0078] An der ersten Seite **721** jedes Polschuhs **72** ist zudem jeweils ein zweites Klemmelement **74** vorgesehen. Auch die zweiten Klemmelemente **74** erstrecken sich bogenförmig in die Einführrichtung **23**. Sie weisen ebenfalls etwa die Form einer Halbwelle auf. Die zweiten Klemmelemente **74** sind für die tangentielle Fixierung der Dauermagneten **4** vorgesehen. In der hier gezeigten Ausführungsform der Klemmlamelle **11** ist jeweils ein zweites Klemmelement **74** für jeweils eine Aufnahme **3** vorgesehen.

[0079] Auch in dieser Ausführungsform weisen die Polschuhe **72** jeweils eine erste Seite **721** mit einer ersten Außenfläche **761** und eine zweite Seite **722** mit einer zweiten Außenfläche **762** auf. Die zweiten Klemmelemente **74** sind alle an der ersten Seite **721** der Polschuhe **72** angeordnet. Sichtbar ist, dass ein erster Abstand **A1** des ersten Klemmelementes **73** von der ersten Seite **721** des seine Aufnahme **3** begrenzenden ersten Polschuhs **72** kleiner ist, als ein zweiter Abstand **A2** des ersten Klemmelementes **73** von der zweiten Seite **722** des seine Aufnahme **3** begrenzenden zweiten Polschuhs **72**.

[0080] Weiterhin ist ein Außenabstand **H1** der Polschuhe **72** der Klemmlamelle **11** von der Drehachse **2** kürzer als ein Außenabstand **H2** der Polschuhe **72** der Ausgleichslamelle **12**, der Zwischenlamelle **13** und der Abstandslamelle **14** dieses Grundkörpers **1** gewählt. Dadurch ist an die Klemmlamelle **11**, die aus Federstahl gefertigt ist, die Abstandslamelle **14** anordbar, die aus dem herkömmlich für Lamellen genutzten Stahl hergestellt ist.

[0081] Dafür ist an jedem Polschuh **72** ein Positionierungsmittel **723** vorgesehen, mit dem die Abstandslamelle **14** an der Klemmlamelle **11** dieser Ausführungsform positionierbar ist. Das Positionierungsmittel **723** ist hier eine Einbuchtung.

[0082] Die Abstandslamelle **14** weist demgegenüber ein Gegenpositionierungsmittel **723'** auf, welches als eine zur Einbuchtung **723** korrespondierend ausgebildete Ausbuchtung **723'** ausgebildet ist. Die Ausbuchtung **723'** weist hier die Form eines Steges auf. Der Steg **723'** greift in einem montierten Zustand

der Abstandslamelle **14** an die Klemmlamelle **11** in die Einbuchtung **723** ein. Er ist an einem konzentrisch um die Drehachse **2** angeordneten Außenring **791** angeordnet. Im Bereich der Aufnahmen **3** bildet der Außenring **791** jeweils einen Quersteg (nicht bezeichnet).

[0083] Der Außenring **791** weist eine Höhe H auf, die der Differenz zwischen dem ersten Außenabstand H_1 der Polschuhe **72** der Klemmlamelle **11** und dem zweiten Außenabstand H_2 der Polschuhe **72** der übrigen Lamellen **12**, **13**, **14** entspricht.

[0084] Zudem ist für jeden Polschuh **72** der Klemmlamelle **11** ein Polshuhelement **72'** am Außenring **791** angeordnet. Im montierten Zustand der Abstandslamelle **14** an die Klemmlamelle **11** liegt das Polshuhelement **72'** mit einer Polschuh- zugewandten Seite **762'** an der zweiten Seite **762** des Polschuhs **72** der Klemmlamelle **11** an. Eine Breite des Polshuhelementes **72'** der Abstandslamelle **14** ist dabei bevorzugt gleich der Differenz zwischen dem ersten Abstand A_1 des einen, die Aufnahme **3** jeweils begrenzenden Polschuhs **72** zum ersten Klemmelement **73** und dem zweiten Abstand A_2 des anderen, die Aufnahme **3** jeweils begrenzenden Polschuhs **72** zum ersten Klemmelement **73**.

[0085] Der in die Aufnahme eingefügte Dauermagnet **4** wird hier somit mit dem zweiten Klemmelement **74** an eine Polschuh- abgewandte Seite **762'** des Polshuhelementes **72'** der Abstandslamelle **14** gedrückt.

[0086] Der Außenring **791** der Abstandslamelle **14** weist mehrere Vorteile auf: Im montierten Grundkörper **1** sind die Polschuhe **72** über den Außenring **791** der Abstandslamelle **14** miteinander verbunden. Dadurch sind die Polschuhe **72**, insbesondere der Klemmlamelle **11**, besser tangential positioniert. Zudem verleiht der Außenring **791** dem Grundkörper **1** eine größere Steifigkeit und mechanische Robustheit. Dies ist vor allem während eines Transportes, der Montage und der Handhabung des Speichenrotors vorteilhaft.

[0087] Um das Nachgeben der zweiten Klemmelemente **74** beim Einführen der Dauermagnete **4** in ihre Aufnahme **3** zu ermöglichen, weist der Grundkörper **1** dieser Ausführungsform ebenfalls die Ausgleichlamelle **12** auf. Diese weist ebenfalls den als Ausnehmung ausgebildeten Bewegungsfreiraum **75** auf. Der Bewegungsfreiraum **75** ist auch hier jeweils an der ersten Seite **721** der Polschuhe **72** angeordnet.

[0088] Die Ausgleichlamelle **12** dieser Ausführungsform weist den Innenring **71** mit den am Innenring **71** angeordneten Polschuhen **72** auf. Aber im Gegensatz zur Klemmlamelle **11** dieser Ausführungsform sind die Polschuhe **72** über Längsstege **78** mit

dem Innenring **71** einstückig verbunden. Zudem weisen die Polschuhe **72** die Haltenasen **79** als Anlageflächen für die Dauermagnete **4** auf. Auch weist diese Ausgleichlamelle **12** an der der Aufnahme **3** zugewandten Seite des Innenrings **71** keine ersten Klemmelemente **73** auf.

[0089] In ihrer Form entspricht die Ausgleichlamelle **12** daher im Wesentlichen der der Ausgleichlamelle **12** der Ausführungsform der Fig. 2. Lediglich der hier vorgesehene Bewegungsfreiraum **75** ist flacher ausgebildet, da die zweite Klemmlamelle **74** hier aufgrund ihrer Bogenform weniger Bauhöhe erfordert. Zudem ist an der der Aufnahme **3** zugewandten Seite **711** des Innenrings **71** hier im Gegensatz zur Ausführungsform der Fig. 2 ein stegförmiges Auflageelement **713** vorgesehen, an dem sich das erste Klemmelement **73** abstützt.

[0090] Außerdem umfasst der Grundkörper **1** dieser Ausführungsform auch die Zwischenlamelle **13**. Auch diese entspricht etwa der Zwischenlamelle **13** der Fig. 2.

[0091] Sie weist daher ebenfalls den Innenring **71** mit den am Innenring **71** angeordneten Polschuhen **72** auf. Die Polschuhe **72** sind ebenfalls über Längsstege **78** mit dem Innenring **71** einstückig verbunden. Zudem weisen ihre Polschuhe **72** ebenfalls die Haltenasen **79** als Anlageflächen für die Dauermagnete **4** auf.

[0092] Die Polschuhe **72** dieser Zwischenlamelle **13** weisen ebenfalls weder eine als Bewegungsfreiraum **75** genutzte Ausnehmung noch eine erste oder zweite Klemmlamelle **73**, **74** auf. Sie sind daher ebenfalls zu einer fiktiven durch die Längsstege **78** verlaufenden Achse (nicht gezeigt) jeweils flächensymmetrisch.

[0093] Aber im Gegensatz zur Zwischenlamelle **13** der Fig. 2 weist die Zwischenlamelle **13** der Fig. 3 analog zur Ausgleichlamelle der Fig. 3 das stegförmige Auflageelement **713** auf, an dem sich das erste Klemmelement **73** abstützt.

[0094] Im montierten Grundkörper **1** ist auch hier eine oder sind auch hier mehrere Ausgleichlamellen **12** in Einführrichtung **23** hinter der Klemmlamelle **11** angeordnet. Dadurch ist die oder sind die den Bewegungsfreiraum **75** bildenden Ausnehmungen in Einführrichtung **23** hinter den zweiten Klemmelementen **74** der Klemmlamelle **11** angeordnet. Der Innenring **71** sowie die Polschuhe **72** der einen Ausgleichlamelle **12** oder der mehreren Ausgleichlamellen **12** sind im Übrigen bündig mit dem Innenring **71** und der ersten Seite **721** der Polschuhe **72** der Klemmlamelle **11** angeordnet.

[0095] Der als Lamellenpaket aus den in den **Fig. 3(a)–(d)** gezeigten Klemmlamellen **11**, Ausgleichslamellen **12**, Zwischenlamellen **13** und Abstandslamellen **14** gebildete Grundkörper **1** der **Fig. 3(e)** weist jeweils zwei Klemmlamellen **11** auf. Diese sind in Einführrichtung hintereinander angeordnet. Die Klemmlamellen **11** weisen jeweils für jede Aufnahme **3** ein erstes Klemmelement **73** und ein zweites Klemmelement **74** auf. Die ersten Klemmelemente **73** sind jeweils an einer den Aufnahmen **3** zugewandten Seite des Innenrings **71** angeordnet und zum Fixieren der in die Aufnahme **3** eingefügten Dauermagnete **4** in die radiale Richtung **21** vorgesehen. Die zweiten Klemmelemente **74** sind jeweils an der ersten Seite **721** eines der beiden die Aufnahme **3** begrenzenden Polschuhe **72** angeordnet, und zum Fixieren des in die Aufnahme **3** eingefügten Dauermagneten **4** hier gegen die tangentielle Richtung **22** vorgesehen. Sie sind in Einführrichtung **23** ebenfalls hintereinander angeordnet.

[0096] Dabei ist auch hier jeweils ein Dauermagnet **4** in jeweils einer Aufnahme **3** angeordnet. Die ersten Klemmelemente **73** drücken den Dauermagneten **4** in die radiale Richtung **21** gegen die Haltenasen **79**. Dies ist im Schnittbild der **Fig. 2 (h)** sichtbar. Die zweiten Klemmelemente **74** drücken den Dauermagneten **4** gegen die tangentielle Richtung **22** gegen die zweite Außenfläche **762** des benachbarten Polschuhs **72** beziehungsweise des Polschuhes **72'** der Abstandslamelle **14**. Dies ist im Schnittbild der **Fig. 3(g)** sichtbar. Dort ist ebenfalls gezeigt, dass sich das zweite Klemmelement **74** bei in der Aufnahme **3** angeordnetem Dauermagneten **4** im Bewegungsfreiraum **75** abstützt.

[0097] Bei diesem Speichenrotor **10** folgen immer sieben Ausgleichslamellen **12** einer Anordnung aus einer Klemmlamelle **11** und einer an ihr angeordneten Abstandslamelle **14**. Zudem ist eine oder sind mehrere Zwischenlamellen **13** im montierten Grundkörper **1** vor der Klemmlamelle **11** oder nach der letzten auf diese folgenden Ausgleichslamelle **12** angeordnet.

[0098] Die **Fig. 3(g)** zeigt außerdem, dass die Bewegungsfreiräume **75** der Ausgleichslamellen **12** in Einführrichtung **23** hinter den zweiten Klemmelementen **74** angeordnet sind. Sie sind in der axialen Einführrichtung **23** ausreichend lang dimensioniert. Dadurch liegt das zweite Klemmelement **74** auch nach der und trotz der beim Einschieben des Dauermagneten **4** in seine Aufnahme **3** erfolgenden Verformung im Bewegungsfreiraum **75** am Polschuh **72** an.

[0099] Elektrische Maschinen mit solchen Speichenrotoren **10** weisen Polpaare mit weitestgehend identischen magnetischen Feldverläufen, insbesondere im Luftspalt **60**, auf. Dadurch ist ihr Rastmoment sehr gering.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102012200882 [0012]

Patentansprüche

1. Speichenrotor (10) für eine elektrische Maschine (100), mit einem Grundkörper (1), der sich konzentrisch um eine Drehachse (2) erstreckt, und der eine Vielzahl Polschuhe (72) aufweist, zwischen denen Dauermagnete (4) in Aufnahmen (3) angeordnet sind, wobei für jeden Dauermagneten (4) in seiner Aufnahme (3) jeweils zumindest ein erstes Klemmelement (73) und ein zweites Klemmelement (74) vorgesehen sind, die ihn in seiner Aufnahme (3) fixieren, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Klemmelement (73) den Dauermagneten (4) in einer radialen Richtung (21) zur Drehachse (2), und das zweite Klemmelement (74) ihn in einer tangentialen Richtung (22) zur Drehachse (2) fixiert, und wobei für jedes zweite Klemmelement (74) jeweils zudem ein Bewegungsfreiraum (75) vorgesehen ist.

2. Speichenrotor (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bewegungsfreiraum (75) durch eine Ausnehmung in einem die Aufnahme (3) des Dauermagneten (4) begrenzenden Polschuh (72) gebildet ist, und in einer Einführrichtung (23) der Dauermagneten (4) in den Speichenrotor (10) gesehen hinter dem zweiten Klemmelement (74) angeordnet ist.

3. Speichenrotor (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das erste Klemmelement (73) und das zweite Klemmelement (74) bogenförmig in die Einführrichtung (23) erstrecken.

4. Speichenrotor (10) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grundkörper (1) ein Auflageelement (713), insbesondere einen Steg, aufweist, an dem sich das erste Klemmelement (73) abstützt.

5. Speichenrotor (10) nach einem der Ansprüche 1–2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich bei nicht in die Aufnahme (3) eingefügtem Dauermagneten (4) das erste Klemmelement (73) in die radiale Richtung (21) zur Drehachse (2), und das zweite Klemmelement (74) in die tangentiale Richtung (22) zur Drehachse (2) in die Aufnahme (3) hinein erstreckt, und bei in die Aufnahme (3) eingefügtem Dauermagneten (4) in Einführrichtung (23) verbogen sind.

6. Speichenrotor (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle zweiten Klemmelemente (74) des Speichenrotors (10) an derselben Seite (721) der Polschuhe (72) angeordnet sind.

7. Speichenrotor (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass er einen Grundkörper (1) aufweist, der aus einer Vielzahl von Lamellen (11, 12, 13, 14) gefertigt ist, wobei die ers-

ten und zweiten Klemmelemente (73, 74) jeweils an einer Klemmlamelle (11) angeordnet sind, und wobei der Speichenrotor (10) für jede Klemmlamelle (11) jeweils zumindest eine Ausgleichlamelle (12) aufweist, an der für jedes zweite Klemmelement (74) der Klemmlamelle (11) eine Ausnehmung zur Ausbildung des Bewegungsfreiraums (75) vorgesehen ist.

8. Speichenrotor (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Klemmlamelle (11) für in tangentialer Richtung (22) gleichmäßig verteilte Dauermagneten (4) jeweils ein erstes und ein zweites Klemmelement (73, 74) vorgesehen sind.

9. Speichenrotor (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Klemmlamelle (11) für alle Dauermagneten (4) des Speichenrotors (10) jeweils ein erstes und ein zweites Klemmelement (73, 74) vorgesehen sind.

10. Klemmlamelle (11) für einen Speichenrotor (10) einer elektrischen Maschine (100), insbesondere nach einem der vorherigen Ansprüche,

– die eine Vielzahl von Polschuhen (72) aufweist, zwischen denen Aufnahmen (3) für Dauermagnete (4) ausgebildet sind, wobei die Dauermagnete (4) in eine Einführrichtung (23) in die Aufnahmen (3) einführbar sind, und

– die in zumindest einer Aufnahme (3) ein erstes Klemmelement (73) sowie ein zweites Klemmelement (74) aufweist, welche zum Fixieren eines in der Aufnahme (3) angeordneten Dauermagneten (4) vorgesehen sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

– das erste Klemmelement (73) zum Fixieren des Dauermagneten (4) in eine radiale Richtung (21), und das zweite Klemmelement (74) zum Fixieren des Dauermagneten (4) in eine tangentiale Richtung (22) vorgesehen ist, und

– das erste Klemmelement (73) und das zweite Klemmelement (74) sich bogenförmig in die Einführrichtung (23) erstrecken.

11. Klemmlamelle (11) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in jeder Aufnahme (3) jeweils ein erstes Klemmelement (73) und ein zweites Klemmelement (74) angeordnet sind.

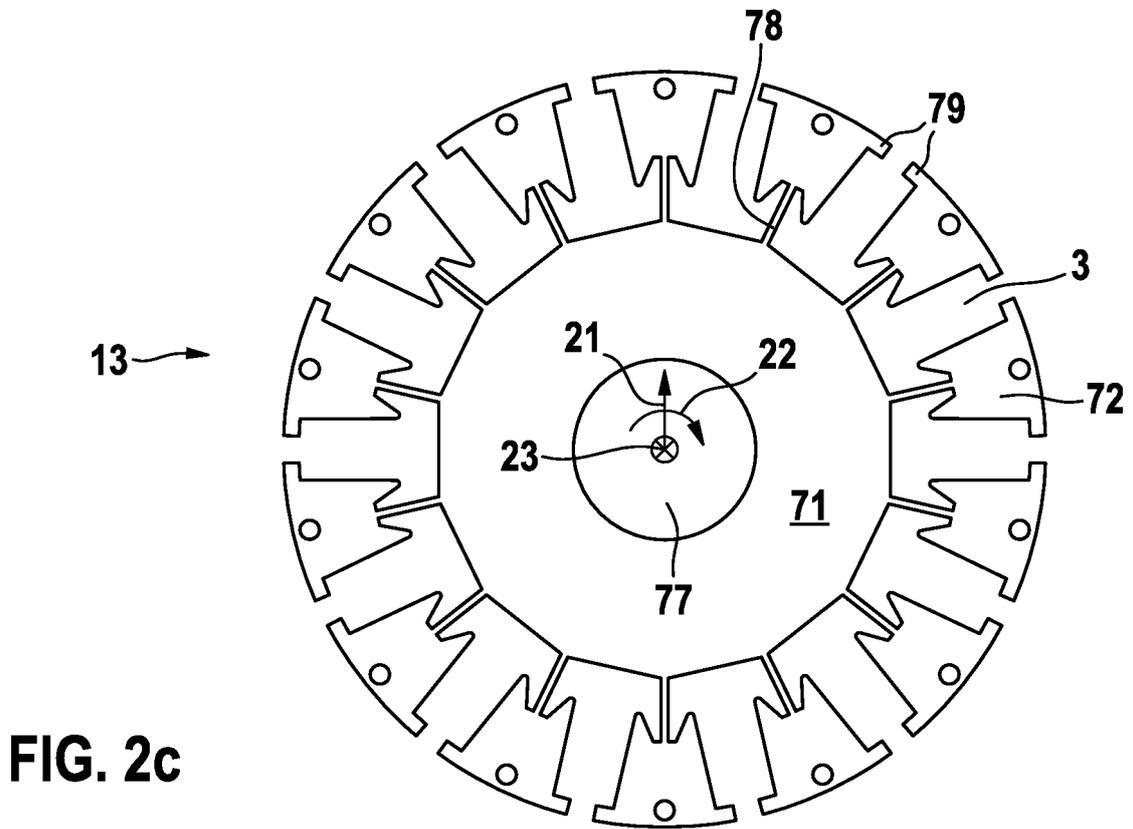
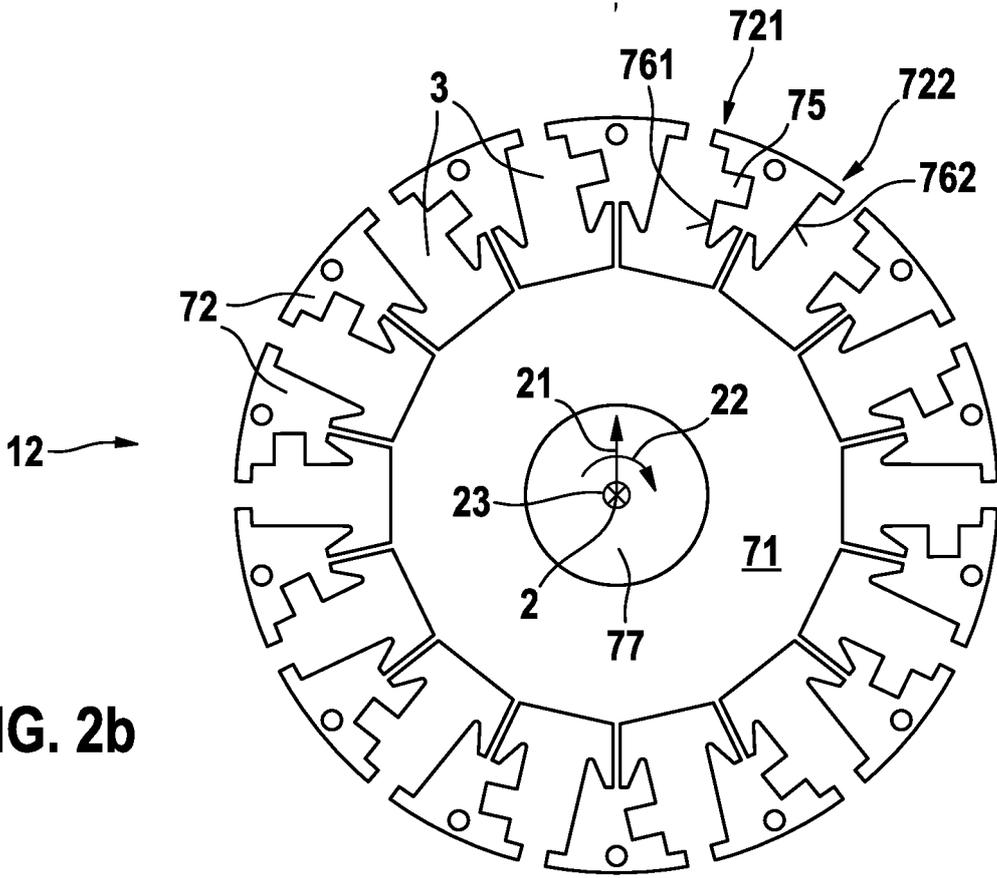
12. Klemmlamelle (11) nach einem der Ansprüche 10–11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Klemmelement (73) und das zweite Klemmelement (74) sich bogenförmig in die Einführrichtung (23) erstrecken.

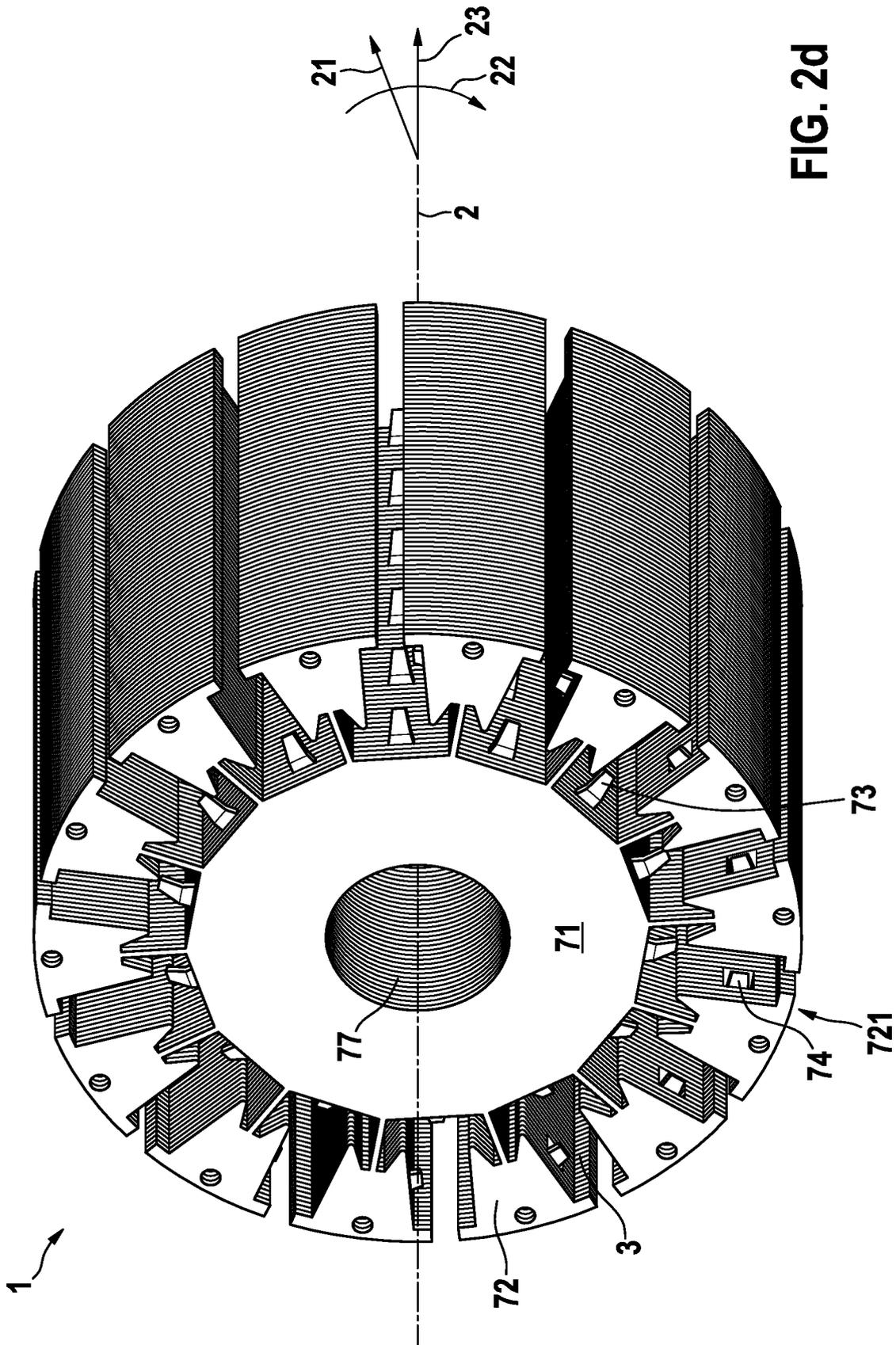
13. Klemmlamelle (11) nach einem der Ansprüche 10–12, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie aus Federstahl gefertigt ist.

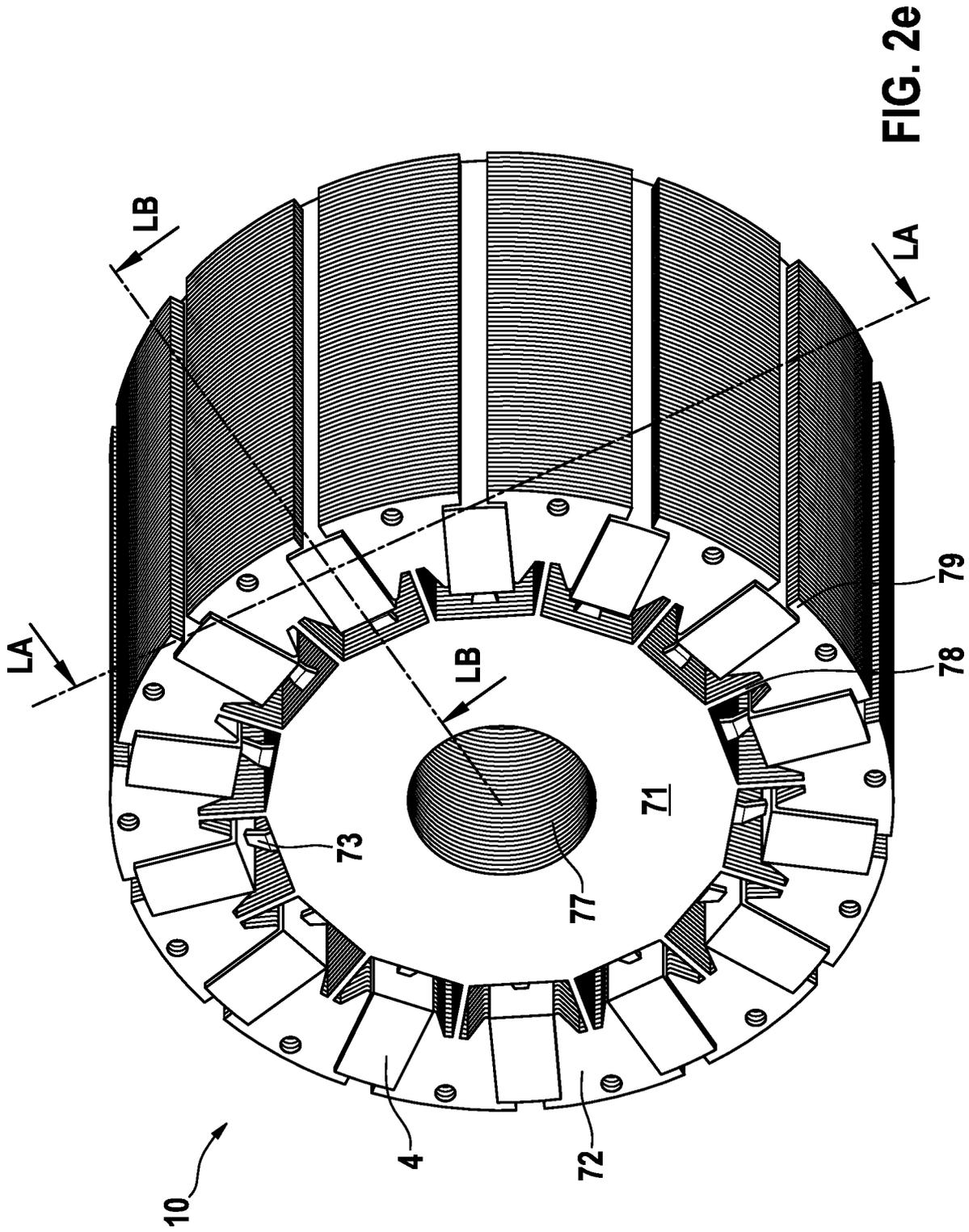
14. Elektrische Maschine (**100**), insbesondere Elektromotor, die einen Speichenrotor (**10**) nach einem der Ansprüche 1–9 umfasst.

15. Vorrichtung, insbesondere Handwerkzeugmaschine, Verstellantrieb für ein Kraftfahrzeug, Servolenkung, Servomotor, elektromechanischer Bremsverstärker oder Fahrzeugantrieb, mit einer elektrischen Maschine (**100**) nach Anspruch 14.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen







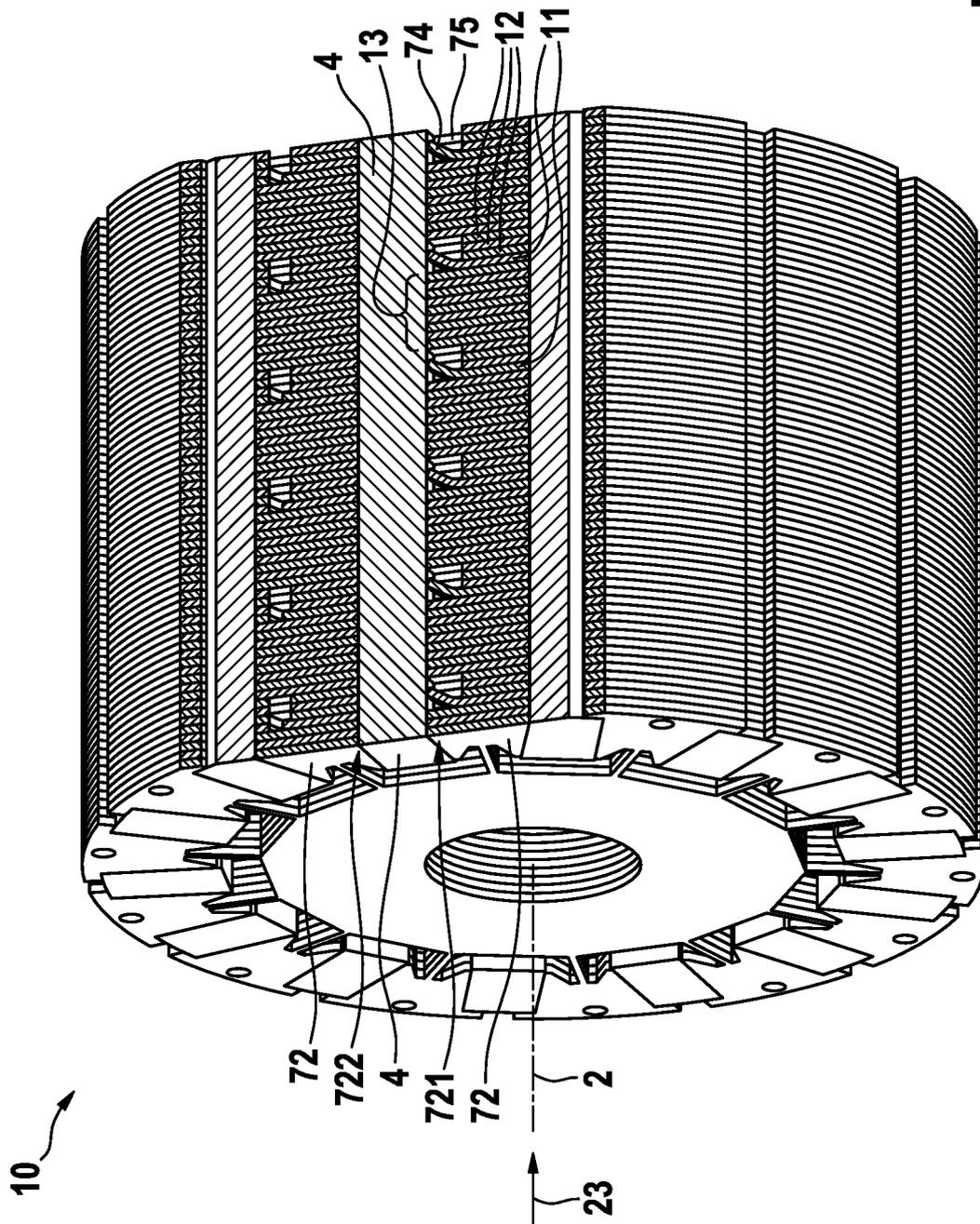


FIG. 2f

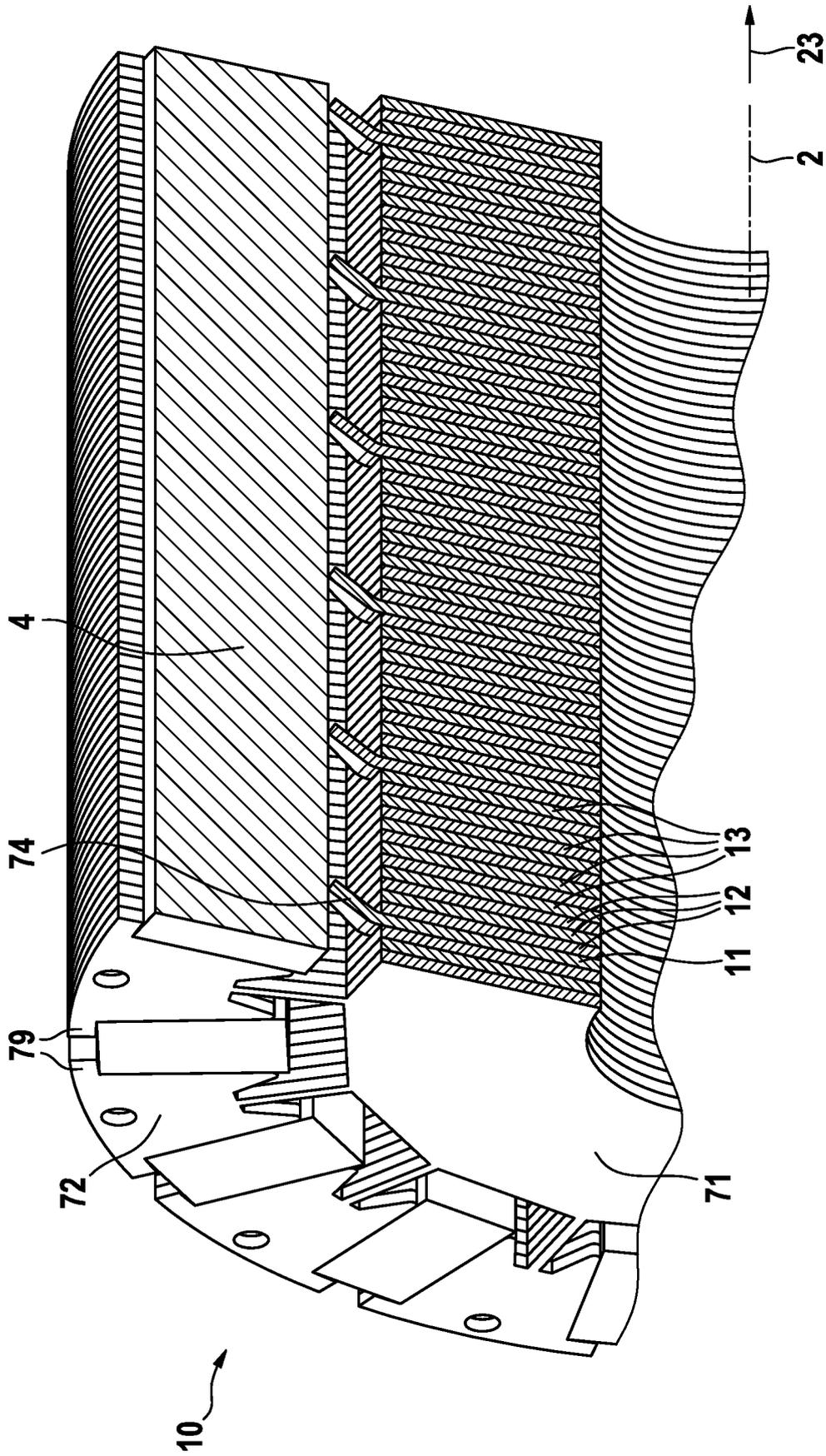
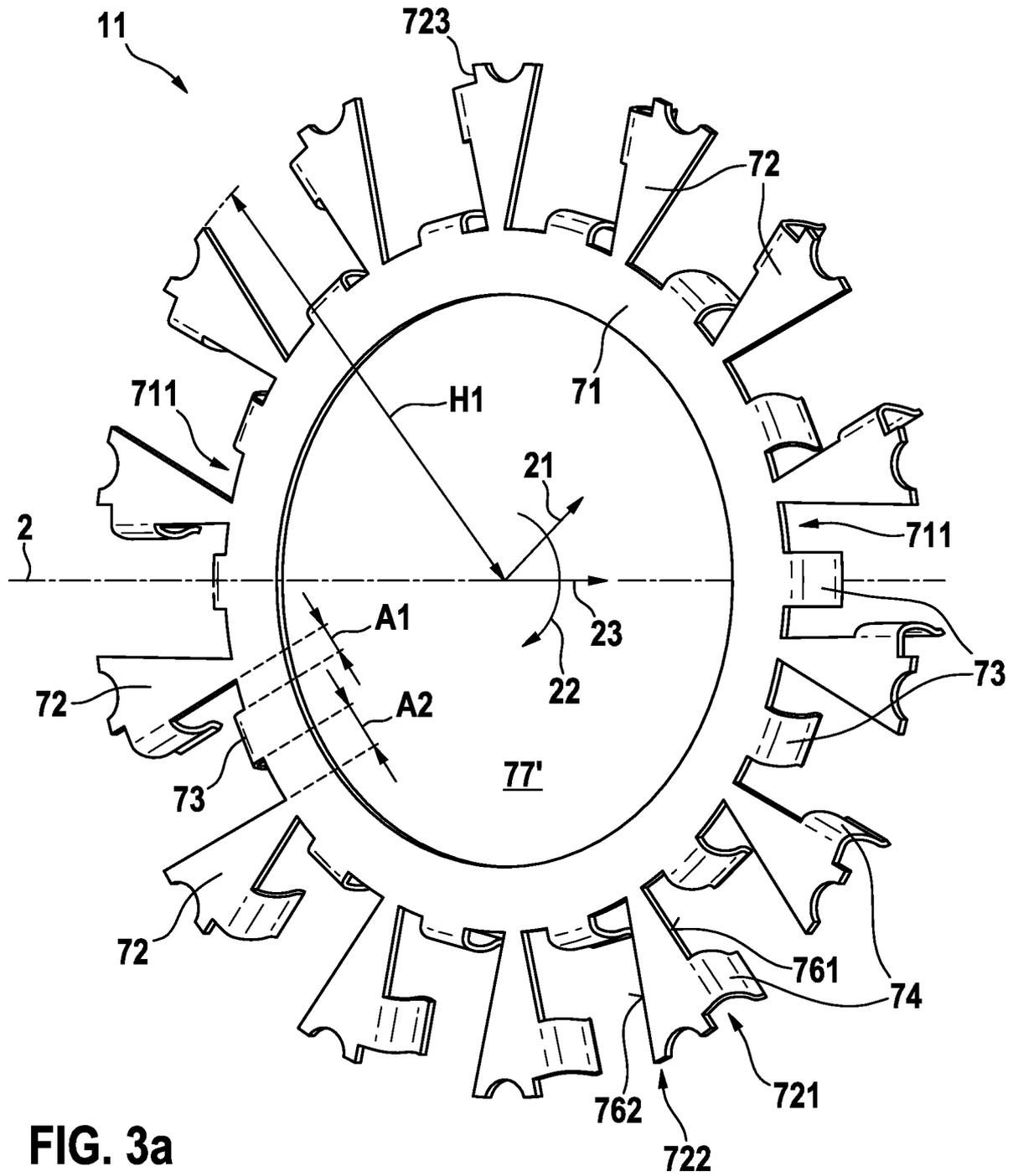


FIG. 29



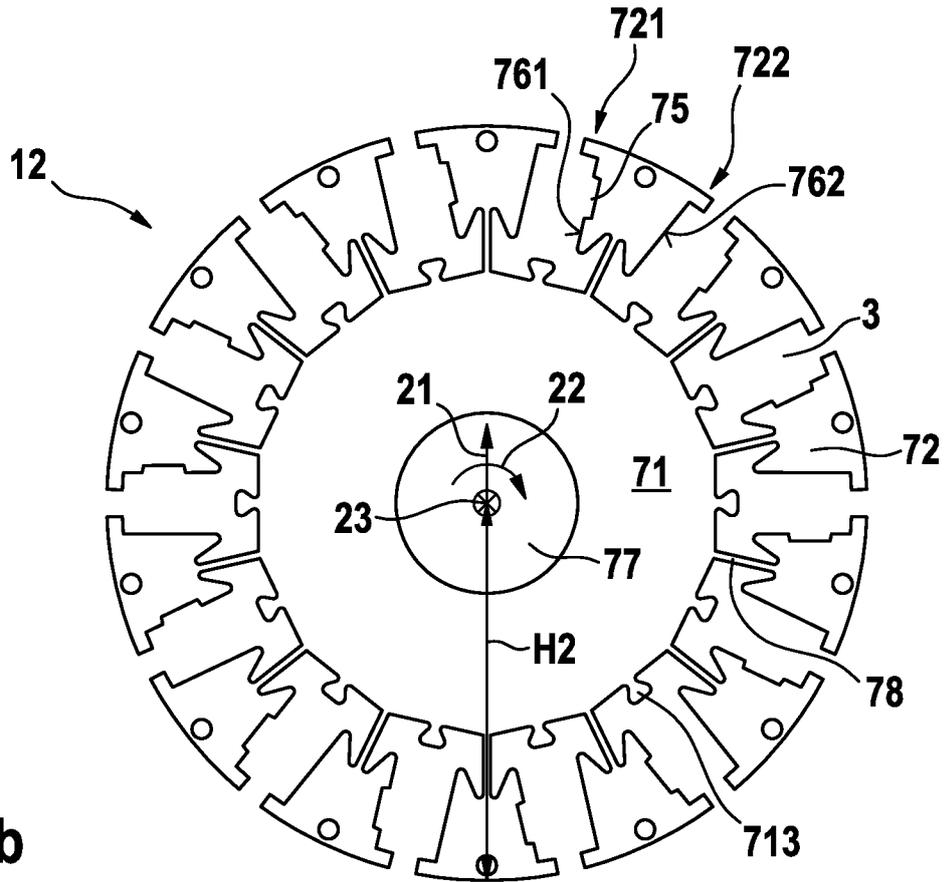


FIG. 3b

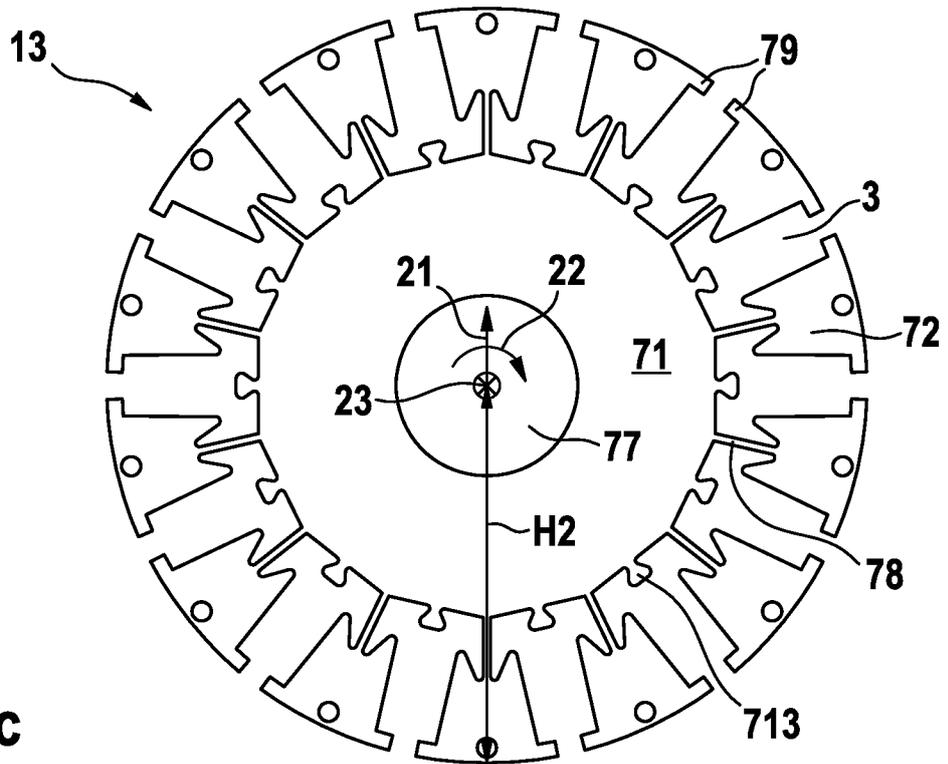


FIG. 3c

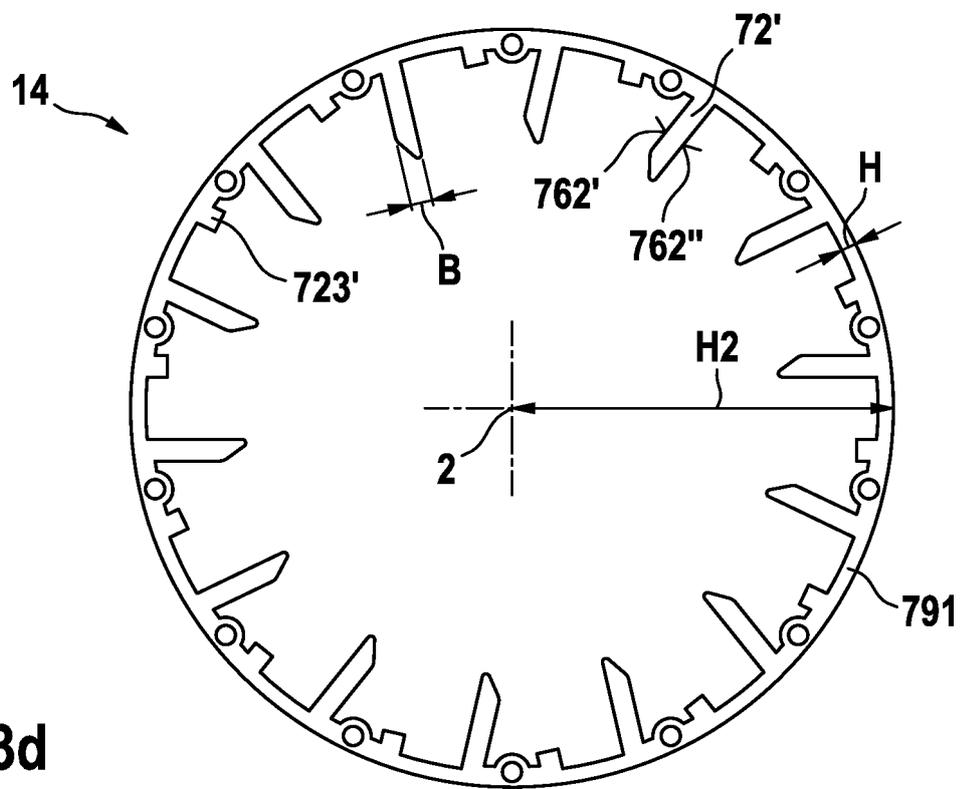


FIG. 3d

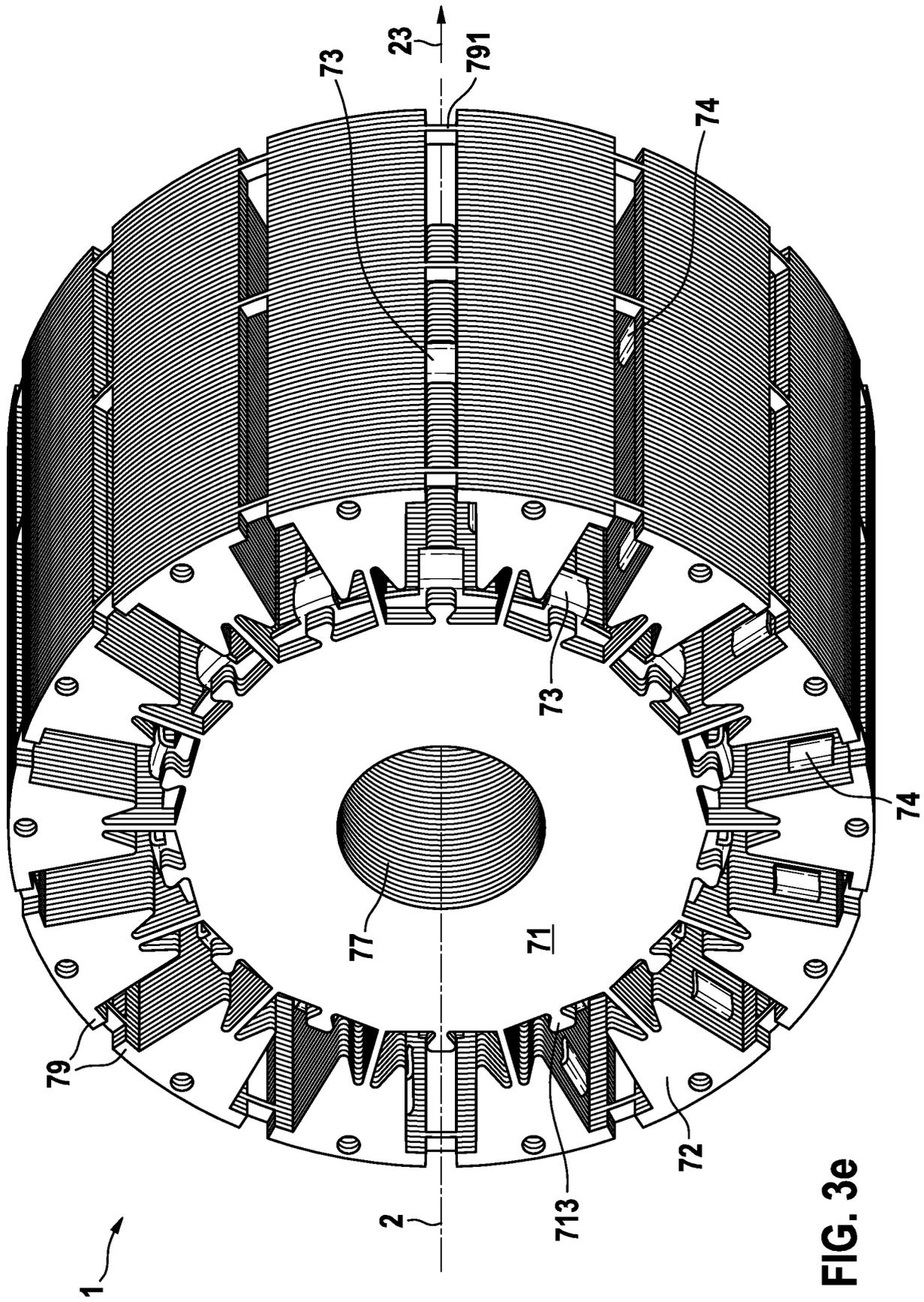


FIG. 3e

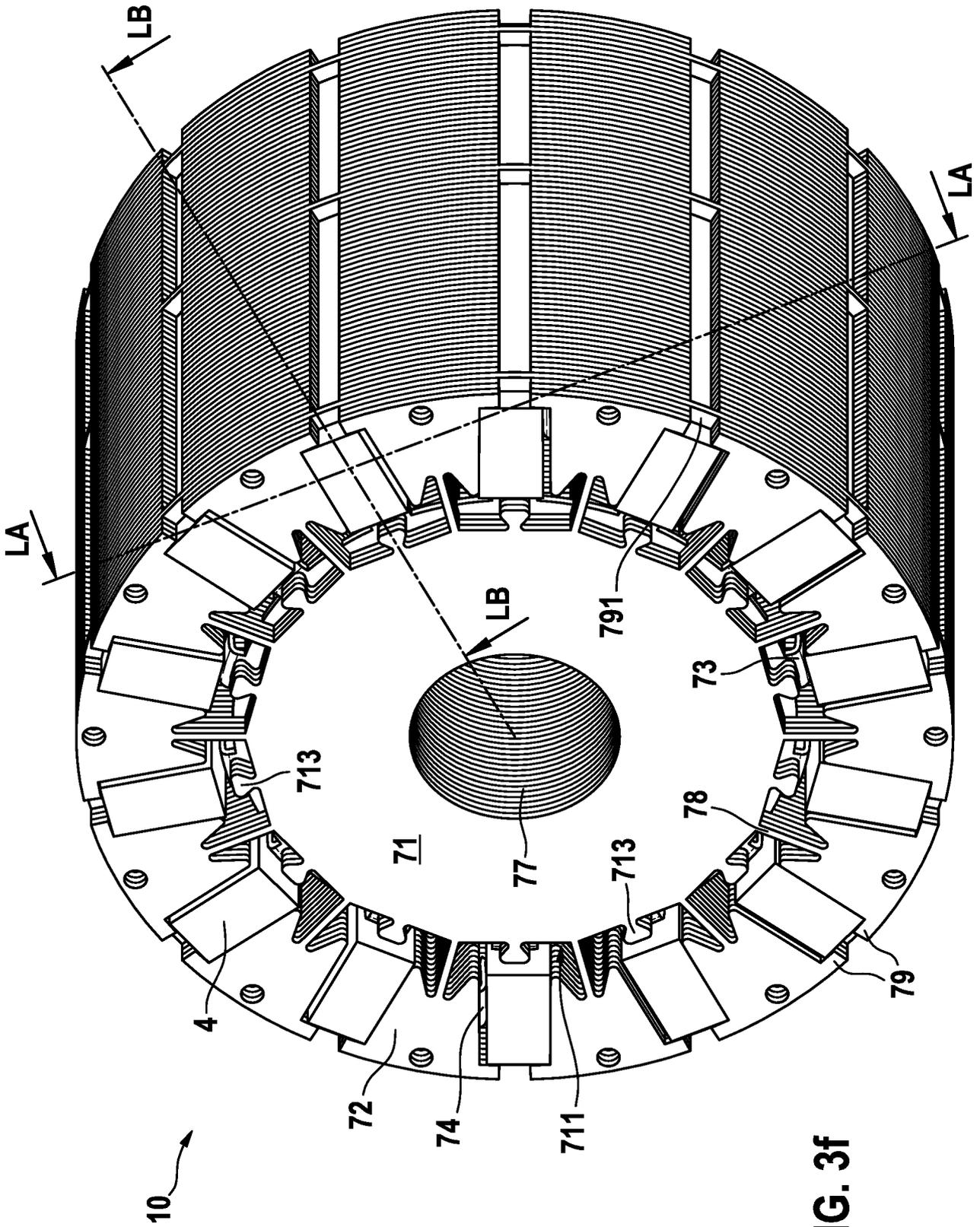
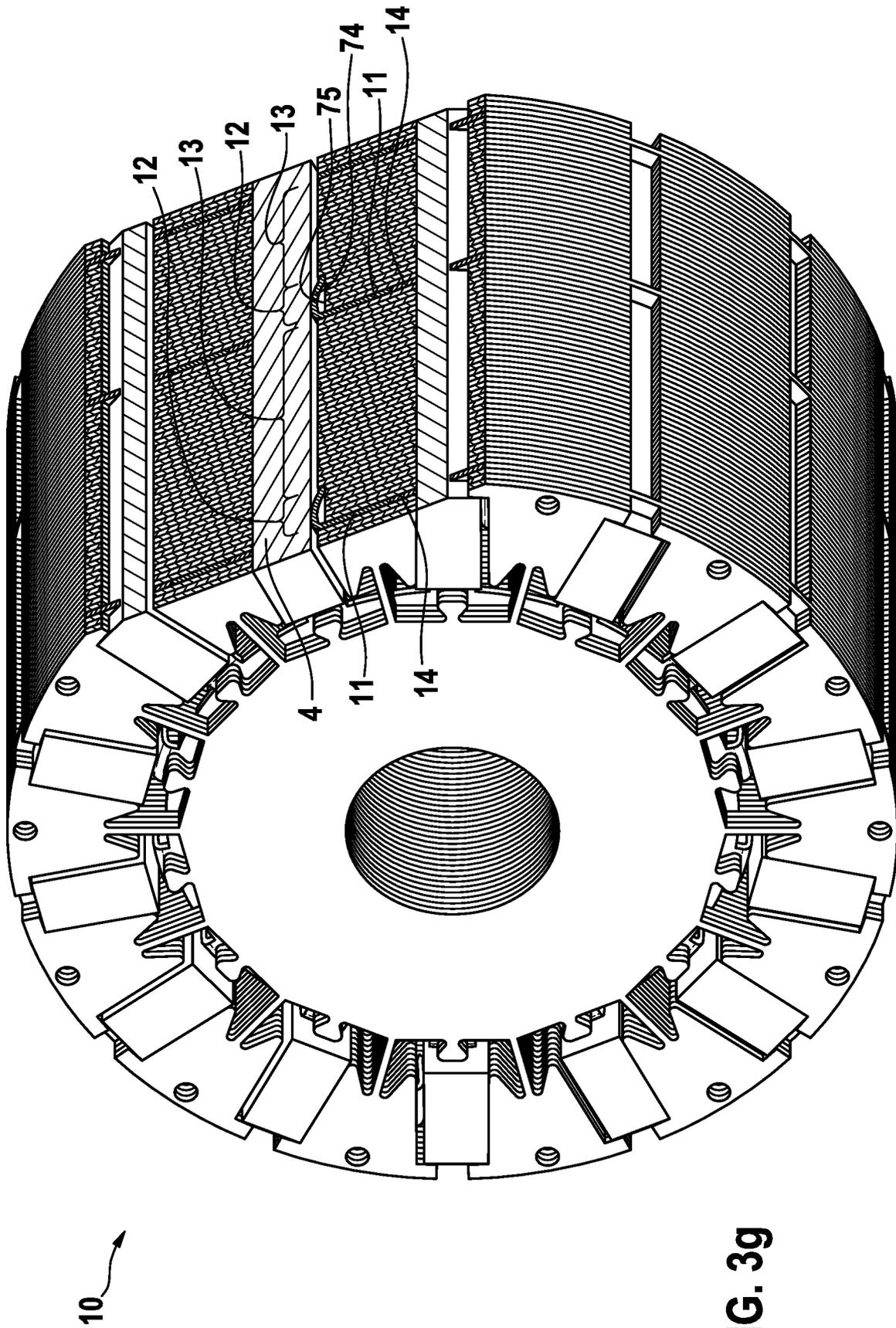


FIG. 3f



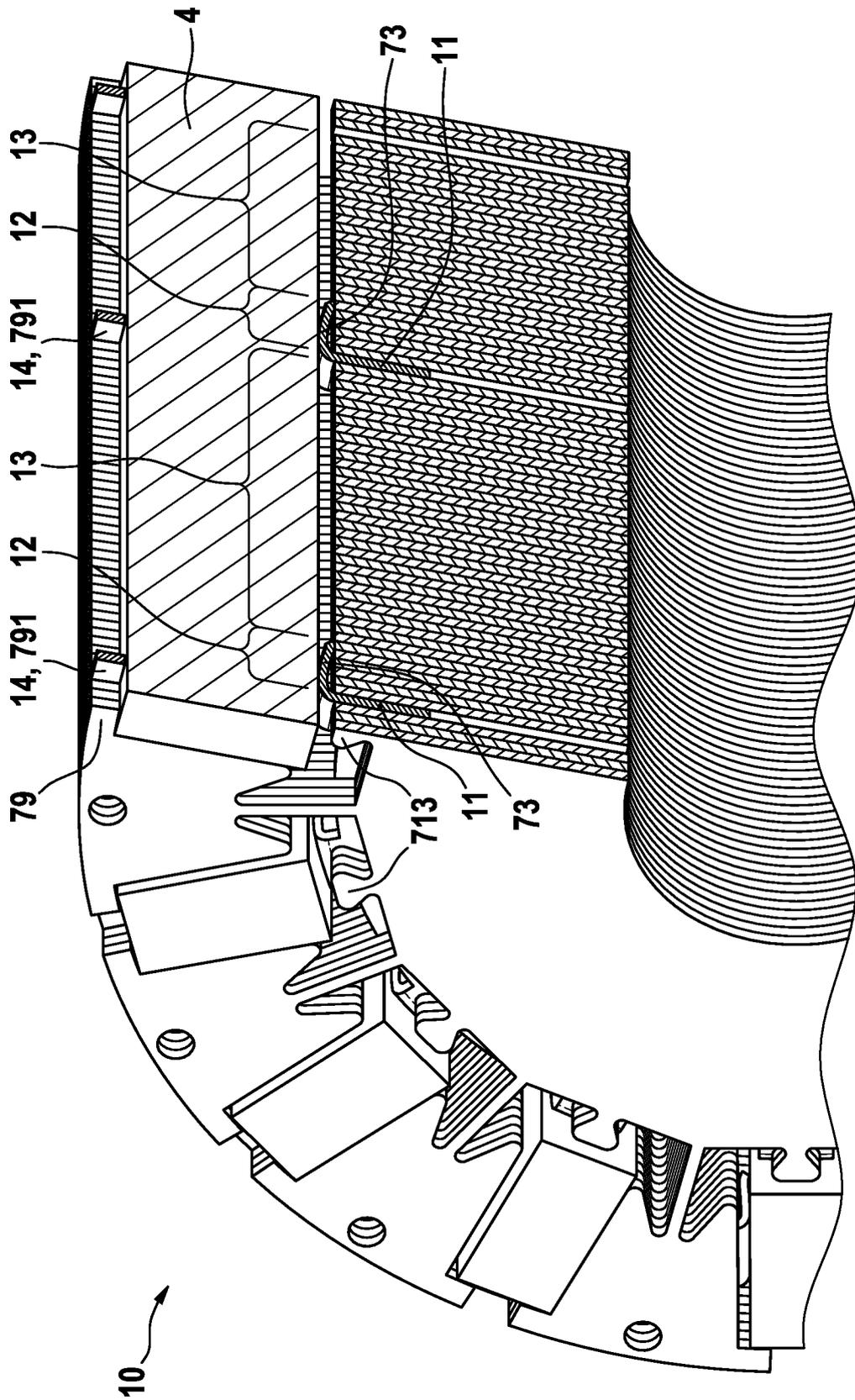


FIG. 3h