



(10) **DE 10 2014 006 406 B4** 2018.01.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 006 406.9**
(22) Anmeldetag: **25.04.2014**
(43) Offenlegungstag: **29.10.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.01.2018**

(51) Int Cl.: **H02K 15/08 (2006.01)**
H02K 15/085 (2006.01)
H02K 15/09 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
AUDI AG, 85045 Ingolstadt, DE

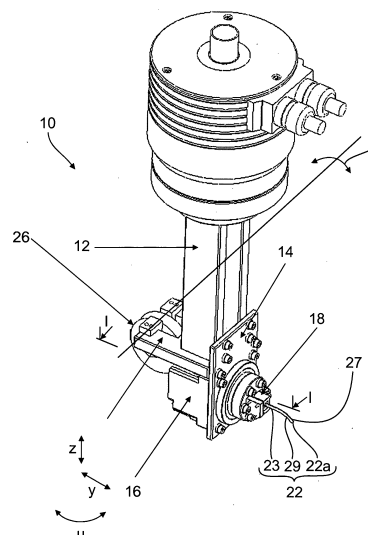
(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(72) Erfinder:
**Stenzel, Peer, 85057 Ingolstadt, DE; Richnow,
Jan, 80538 München, DE**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Bewickeln eines Wicklungsträgers**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Bewickeln eines Wicklungsträgers (28) unter Verwendung der Nadelwickeltechnik, welcher Wicklungsträger (28) in Umfangsrichtung (u) abwechselnd Zähne (28a) mit zwischengeordneten Nuten (30) aufweist, durch die zumindest eine Spulenwicklung mit einer Anzahl von Spulenwindungen geführt ist, wobei jede Nut (30) einen Nutgrund (28d) und seitliche Nutflanken (28b) aufweist sowie in Radialrichtung (y) über einen Nutschlitz (32) offen gestaltet ist, der durch, in der Umfangsrichtung (u) ausgeweitete Polschuhe (28c) benachbarter Zähne (28a) begrenzt ist, und wobei zwischen den Polschuhen (28c) und den Nutflanken (28b) Hinterschnidungen (33) mit Inneneckbereichen gebildet sind, und wobei die Wickelvorrichtung eine Wickelnadel (22) mit einem langgestreckten hohlzylindrischen Nadelkörper (23) aufweist, durch den ein Wickeldraht (24) bis zu einer an der Nadelspitze (25) befindlichen Düsenöffnung (27) geführt ist, an der der Wickeldraht (24) unter Drahtspannung austritt und auf den Nutflächen der Nuten (30) des Wicklungsträgers (28) abgelegt wird, und wobei der Nadelkörper (23) an der Nadelspitze (25) mit einem Endstück (22a) materialeinheitlich und einstückig verlängert ist, mit dem der Wickeldraht (24) beim Drahtaustritt seitlich radial nach außen umgelenkt wird, und wobei in einer Ablageposition die Wickelnadel (22) in eine der Nuten (30) eingetaucht ist und das Endstück (22a) der Wickelnadel (22) mit seiner Düsenöffnung (27) den Wickeldraht (24) positionsgenau in der Nut (30) abgelegt wird, wobei für eine positionsgenaue Wickeldraht-Ablage das Endstück (22a) des Nadelkörpers (23) eine Krümmung ist, die vom Nadelkörper (23) an einer Biegekante (29) abgewinkelt oder umgebogen ist und mit einem Überstand (a) vom Nadelkörper (23) seitlich abragt, und dass die Düsenöffnung (27) radial nach außen ausgerichtet ist, und dass in der Ablageposition das Endstück (22a) der Wickelnadel (22) in den Inneneckbereich der je-

weiligen, zwischen den Polschuhen (28c) und den Nutflanken (28b) gebildeten Hinterschneidung (33) um einen Winkel (α) eingeschwenkt wird, dadurch gekennzeichnet, dass mit zunehmendem Wicklungsaufbau der Winkel (α) der Wickelnadel (22) durch einen Stellmotor (16) verändert wird.



(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 006 406 B4** 2018.01.04

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	32 36 616	A1
DE	10 2011 008 662	A1
DE	601 07 381	T2
DE	24 06 612	A
US	2002 / 0 047 065	A1
US	2004 / 0 140 388	A1
US	2011 / 0 248 113	A1
US	5 906 331	A
US	4 093 132	A
EP	2 015 427	A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Bewickeln eines Wicklungsträgers gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Bekannte Nadelwickeltechniken zum Beispiel für Statoren von Elektromaschinen dienen zur Herstellung entweder ein- oder mehrlagiger konzentrierter Wicklungen oder verteilter Wicklungen, bei denen der Wickeldraht mittels einer, Vorschubbewegungen unterliegender, Wickelnadel um einen oder mehrere, radial abragende Zähne geführt wird. Ziel muss es dabei sein, die Wicklungen möglichst homogen auszubilden bzw. einen möglichst hohen Füllgrad in der zu bewickelnden Nut herzustellen. Dabei ist problematisch, dass die Einstellbarkeit der Wickelnadel quer zur Nut durch die, die Nut teilweise überdeckenden, Polschuhe eingeschränkt ist.

[0003] Aus der EP 2 015 427 A2 ist ein Wickelverfahren bekannt, das ausschließlich für das Erstellen von konzentrierten Wicklungen anwendbar ist. In dem Verfahren sind zusätzlich zu den Vorschubbewegungen der Wickelnadel Wickeldrahtführungen vorgesehen, die in verbessertem Maße eine Verteilung des Wickeldrahtes innerhalb der Nuten ermöglichen. Dies bedingt jedoch einen vermehrten, maschinen- und steuerungstechnischen Aufwand und ist nicht in jedem Falle einsetzbar.

[0004] Die Erstellung von verteilten Wicklungen erfolgt in gängiger Praxis mittels der Einziehtechnik. Mittels der Einziehtechnik ist jedoch lediglich eine sogenannte Wildwicklung erreichbar, bei der keine lagegenaue Positionierung des Wickeldrahts in der Nut erfolgen kann. Demgegenüber ist aus der DE 10 2011 008 662 A1 ein Nadelwickelverfahren bekannt, das für das Erstellen von verteilten Wicklungen anwendbar ist. In dem Verfahren kann jedoch ebenfalls nur eine Wildwicklung erzeugt werden, das heißt der Wickeldraht wird nicht lagegenau abgelegt.

[0005] Aus der DE 601 07 381 T2 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zum Bewickeln eines Wicklungsträgers bekannt, bei dem eine nummerisch gesteuerte automatische Wickelmaschine für das Wickeln einer elektrischen Leitung auf Statoren mit geschlossenen Nuten vorgesehen ist. Aus der US 2004/0 140 388 A1 und aus der US 4 093 132 A sind weitere Wickelverfahren zum Bewickeln eines Wicklungsträgers bekannt. Aus der DE 32 36 616 A1 ist eine Ständer-Wickelvorrichtung für Elektromotoren bekannt. Aus der US 2011/0 248 113 A1 und aus der US 2002/0 047 065 A1 sowie aus der US 5 906 331 A sind weitere Verfahren und Vorrichtungen zum Bewickeln von Wicklungsträgern bekannt. Gleiches trifft auch auf die DE 24 06 612 A zu, aus der eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen von Feldwicklungen für dynamoelektrische

Maschinen durch Verschieben des Magnetdrahtes bekannt sind.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Bewickeln eines Wicklungsträgers für konzentrierte und verteilte Wicklungen bereitzustellen, bei dem mit geringem Mehraufwand und ohne zusätzliche Wickeldrahtführungen homogene Wicklungen mit hohem Füllgrad innerhalb der Nuten ermöglicht sind.

[0007] Die Aufgabe ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung in den Unteransprüchen offenbart.

[0008] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Wickelnadel im Eintauchbereich zwischen den Wicklungsträger-Zähnen mit einer Krümmung ausgeführt ist und dass durch gezieltes Verdrehen der Wickelnadel um ihre Mittelachse diese die Polschuhe mehr oder minder hintergreifend mit ihrer Mündung (Austritt des Wickeldrahtes) an die Nutflanken oder an bereits aufgebrachte Wickellagen herangeführt wird. Damit gelingt es, in besonders präziser Weise, die Wickeldrähte innerhalb der durch die Wicklungsträger-Zähne begrenzten Nuten innig aneinander zu reihen, wobei lediglich als zusätzlicher, steuerungstechnischer Parameter die Verdrehung der Wickelnadel synchron zu den regulären Steuerungsparametern einzustellen ist.

[0009] Besonders bevorzugt kann beim Wickelprozess die Wickelnadel mit ihrer Nadelspitze in der Wicklungsträger-Axialrichtung durch eine erste Nut geführt und in einer Gegenrichtung durch eine zweite Nut rückgeführt werden, und zwar unter Bildung einer Spulenwindung sowie unter Ablage des Wickeldrahts auf den Nutflächen der Nuten sowie auf den Stirnseiten des Wicklungsträgers.

[0010] Des Weiteren kann bei mehrlagigen konzentrierten Wicklungen die Wickelnadel in einer Wicklungsträger-Radialrichtung (Y-Richtung) je Spulenwindung so verfahren werden, dass tangential übereinander liegende Spulenwindungen zu der vorherigen Lage um den halben Drahtdurchmesser versetzt zueinander positioniert sind, wodurch ein optimaler Füllgrad der Wicklungen innerhalb des zur Verfügung stehenden Nutraums erreichbar ist. Analog können bei der Erstellung von verteilten Wicklungen durch entsprechendes Stellen der Wickelnadel die radial übereinander liegenden Windungslagen tangential zueinander um einen halben Drahtdurchmesser versetzt werden, wodurch auch hier ein besonders hoher Füllfaktor erreicht werden kann.

[0011] Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung einer Wickelvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens wird dadurch erzielt, dass an einem die Vorschubbewegungen in Z- und Y-Richtung ausführen-

den Träger die gekrümmte Wickelnadel erfindungsgemäß in einem relativ zum Träger um ihre Mittelachse verdrehbaren Nadelhalter gehalten und mittels eines Stellmotors oder eines Servomotors gezielt verdrehbar ist. Unter anderem kann dadurch die Wickelvorrichtung nahezu problemlos an unterschiedlich auszuführende Wickelverfahren und/oder an baulich unterschiedlich ausgeführte Elektromaschinen angepasst werden, indem neben steuerungstechnischen Änderungen (Softwareanpassungen) lediglich die Wickelnadel zu wechseln bzw. einzustellen ist.

[0012] Die Erfindung ist nicht auf die Erstellung konzentrierter Wicklungen beschränkt, sondern kann auch auf die Erstellung verteilter Wicklungen angewendet werden. Beim Erstellen von verteilten Wicklungen ist es gegebenenfalls hilfreich, wenn die Vorrichtung mit einer zusätzlichen Schwenkachse erweitert wird, die quer zur Geräte-Hochrichtung (das heißt quer zur Vertikalachse) ausgerichtet ist.

[0013] Dabei kann ferner in baulich einfacher Weise der Nadelhalter in einem Gehäuse des Stellmotors drehbar gelagert sein, wobei die Drahtzufuhr zur Wickelnadel zentrisch durch die Antriebswelle des Stellmotors hindurch erfolgt.

[0014] Des Weiteren kann der Stellmotor mit dem Nadelhalter an dem Träger über eine Flanschverbindung befestigt sein, was insbesondere eine Nachrüstung bereits vorhandener Wickelvorrichtungen vereinfacht.

[0015] Der Stellmotor kann zudem bevorzugt als ein elektrischer Schrittmotor ausgeführt sein, der synchron zu den Vorschubbewegungen des Trägers und einer Aufspanneinrichtung für den Stator oder Rotor der Elektromaschine ansteuerbar ist und die Wickelnadel entsprechend taktgesteuert verdreht. Gegebenenfalls kann jedoch auch ein hydraulischer oder pneumatischer Servomotor bzw. Stellmotor verwendet sein.

[0016] Schließlich kann der Wickeldraht von einer Drahtführung über eine am Träger angeordnete Umlenkrolle zur Antriebswelle des Stellmotors und durch diese hindurch zur Wickelnadel geführt sein. Dies stellt sicher, dass unabhängig von den Vorschubbewegungen des Trägers der Wickelvorrichtung und unabhängig von den Drehbewegungen der Wickelnadel eine gleichmäßige Zuführung des Wickeldrahts erfolgen kann.

[0017] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im Folgenden anhand der beigelegten, schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0018] Fig. 1 in teilweiser Darstellung eine Wickelvorrichtung zum Bewickeln eines Stators einer Drehstrom-Elektromaschine, mit einem in Vorschubbewe-

gungen verstellbaren Träger, an dem ein Nadelhalter für eine gebogene Wickelnadel verdrehbar gelagert und über einen Stellmotor gezielt verdrehbar ist;

[0019] Fig. 2 in perspektivischer Ansicht eine Anordnung aus Wickelnadel und Stator mit innenliegenden Statornuten;

[0020] Fig. 3 eine Schnittansicht entlang der Schnittebene I-I aus der Fig. 1 durch den Schrittmotor mit Nadelhalter und Wickelnadel;

[0021] Fig. 4 abschnittsweise den Stator einer Elektromaschine mit skizzenhafter Darstellung der gekrümmten Wickelnadel beim Wicklungsprozess für eine konzentrierte Wicklung;

[0022] Fig. 5 eine Draufsicht auf einen zu bewickelnden Stator-Zahn mit Darstellung der Wickelnadel und deren Bewegungsablauf im Wickelprozess;

[0023] Fig. 6 eine Darstellung der Wicklungslagen nach Fig. 5 mit beispielhafter Winkelanstellung der Wickelnadelkrümmung je Wickellage; und

[0024] Fig. 7 einen Querschnitt durch eine dreilaagige, verteilte Wicklung mit zueinander versetzten Wicklungsdrähten, die mittels der gekrümmten Wickelnadel erzeugt sind.

[0025] In den Fig. 1 und Fig. 3 ist, soweit für das Verständnis der Erfindung erforderlich, eine Wickelvorrichtung 10 zum Bewickeln eines Stators 28 eines Elektromotors in der Nadelwickeltechnik gezeigt, die einen vertikal angeordneten Träger 12 aufweist.

[0026] Die Stator-Geometrie ist in der Fig. 2 angedeutet, wonach der Stator 28 in der Umfangsrichtung u abwechselnd angeordnete, innenliegende Statorzähne 28a mit zwischengeordneten Statornuten 30 aufweist. Durch die Statornuten 30 hindurch werden in einem Wickelprozess Spulenwicklungen mit einer vorgegebenen Anzahl von Spulenwindungen geführt. Jede Statornut 30 weist einen Nutgrund 28d und seitliche Nutflanken 28b auf und ist in der Stator-Radialrichtung y nach innen über einen Nutschlitz 32 offen gestaltet. Der Nutschlitz 32 ist durch, in der Umfangsrichtung u ausgeweitete Polschuhe 28c benachbarter Statorzähne 28 begrenzt. Zwischen den Polschuhen 28c und den Nutflanken 28b der Statornuten 30 sind Hinterschneidungen 33 (Fig. 2 oder Fig. 4), das heißt schwer zugängliche Inneneckbereiche, gebildet.

[0027] Der in der Fig. 1 gezeigte Träger 12 ist in nicht weiter dargestellter Weise an einem Maschinengestell geführt und über Steuerungseinrichtungen zur Ausführung von Vorschubbewegungen in der Stator-Axialrichtung z und in der Stator-Radialrichtung y betätigbar.

[0028] In einer Ebene parallel zur Radialrichtung y ist eine Aufspanneinrichtung zur Aufnahme des ringförmigen Stators **28** am Maschinengestell vorgesehen, die in Stator-Umfangsrichtung u zur Erzielung einer dritten Vorschubbewegung gezielt verdrehbar ist.

[0029] Am Träger **12** ist über eine Flanschverbindung **14** ein elektrischer Stellmotor **16** befestigt. In dessen Gehäuse **16a** (Fig. 3) ist ein nabenförmiger Nadelhalter **18** über eine integrierte Gleitbuchse **20** (Fig. 3) verdrehbar, in axialer Richtung jedoch unverschiebbar, gelagert. In dem Nadelhalter **18** ist eine rohrförmig ausgeführte, dünnwandige Wickelnadel **22** eingespannt.

[0030] Anhand der Fig. 2 ist nachfolgend die Geometrie der Wickelnadel **22** beschrieben: Demzufolge weist die Wickelnadel **22** einen langgestreckten hohlzylindrischen Nadelkörper **23** auf, durch den ein Wickeldraht **24** bis zu einer an der Nadelspitze **25** befindlichen Düsenöffnung **27** geführt ist, an der der Wickeldraht **24** unter Drahtspannung austritt und auf den Nutflächen der Statornuten **30** ablegbar ist. Für eine positionsgenaue Ablage des Wickeldrahts **24** auf den Nutflächen ist der Nadelkörper **23** an der Nadelspitze **25** mit einem Endstück oder einer Krümmung **22a** verlängert, die mit einem Überstand a vom Außenumfang des Nadelkörpers **23** seitlich abragt. Dadurch ist der Wickeldraht **24** beim Drahtaustritt seitlich radial nach außen umlenkbar. Der langgestreckte, hohlzylindrische Nadelkörper **23** geht materialeinheitlich und einstückig an einer Biegekante **29** in das Endstück **22a** bzw. die Krümmung über. Auf diese Weise ist die Düsenöffnung **27** am Endstück **22a** nicht mehr koaxial, sondern versetzt zur Längsachse L der Wickelnadel **22** positioniert und radial nach außen ausgerichtet.

[0031] Der zum Herstellen der Wicklungen zuzuführende Wickeldraht **24** wird von einer nicht gezeigten Drahtführung am Träger **12** über eine Umlenkrolle **26** (Fig. 1) zu der, eine zentrische Bohrung **16b** aufweisenden Antriebswelle **16c** des Stellmotors **16** und durch diese hindurch zur achsparallel in der Radialrichtung y ausgerichteten Wickelnadel **22** geführt. Der Nadelhalter **18** ist über einen Antriebsflansch **19** (Fig. 3) an der Stirnseite der Antriebswelle **16c** montiert. Der konstruktive technische Aufbau des Stellmotors **16** ist aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen.

[0032] Über den Stellmotor **16** kann die in einer Ebene gekrümmt ausgebildete Wickelnadel **22** um ihre Mittelachse gezielt und synchron zu den drei vorstehend ausgeführten Vorschubbewegungen x , y , u verdreht werden (wird noch ausgeführt).

[0033] Die Fig. 4 zeigt skizzenhaft und abschnittsweise einen mit konzentrierten Wicklungen zu bewickelnden Stator **28** einer Drehstrom-Elektromaschi-

ne, der die radial nach innen ragenden Stator-Zähne **28a** und an deren Enden die Polschuhe **28c** aufweist und der zum Beispiel als ein Blechpaket mit einer Vielzahl aneinander gereihter Blechlamellen gebildet sein kann.

[0034] Wie ersichtlich ist, sind die Nutschlitz **32** durch, in der Umfangsrichtung u ausgeweitete Polschuhe **28c** benachbarter Stator-Zähne **28a** begrenzt. Dadurch bilden sich zwischen den Polschuhen **28c** und den Nutflanken **28b** die Hinterschnitten **33** mit Inneneckbereichen. Die Wickelnadel **22** ist beim Wickeln der Wickeldrähte **24** durch die engeren Nutschlitz **32** hindurchzuführen.

[0035] Durch die Krümmung **22a** der Wickelnadel **22** bei entsprechender Anstellung gelingt es nun, trotz des Hinterschnittes **33** der Nuten **30** relativ zu den engeren Nutschlitz **32**, den Wickeldraht **24** eng an die Nutflanken **28b** heranzuführen und damit präzise und homogen aufzubringen bzw. Wicklungen mit hohem Füllgrad (optimaler Ausnutzung des Nutraums **30**) herzustellen.

[0036] In der Fig. 5 ist beispielhaft der prinzipielle Ablauf zur Erstellung einer konzentrierten Wicklung dargestellt, wie sie mit der in der Fig. 1 gezeigten Vorrichtung erreichbar ist. So zeigt die Fig. 5 beispielsweise die Vorschubabläufe in Pfeilen und die Verdrehung der Wickelnadel **22** mit der Krümmung bzw. dem Endstück **22a**.

[0037] Die Bewicklung kann beispielsweise beginnen mit den Schritten 1 bis 3 in Z-Richtung (Pfeil Z1), wobei die Wickelnadel **22** mit ihrer Krümmung **22a** so angestellt ist, dass der Wickeldraht **24** an die linke Nutflanke des zu bewickelnden, mittleren Statorzahns **28a** herangeführt wird (die Düsenöffnung **27** der Wickelnadel **22** zeigt auf der Zeichnung nach rechts).

[0038] Nach dem Durchlaufen der Nut **30** wird die Wickelnadel **22** außerhalb der Nut **30** (Schritte 4 bis 6) um 180° gedreht (Rundpfeil **34**). Zugleich wird in den Schritten 4 bis 6 (vergleiche eingezeichneter Pfeil U1) der Stator **28** in die benachbarte Nut **30** verdreht, bis der geradlinige Abschnitt der Wickelnadel **22** mit dem benachbarten, engeren Nutschlitz **32** zwischen den Stator-Zähnen **28a** in einer Flucht liegt.

[0039] Sodann wird in Schritten 7 bis 9 die Wickelnadel **22** wieder in umgekehrter Z-Richtung (Pfeil Z2) verfahren, wobei die Krümmung **22a** der Wickelnadel **22** auf der Zeichnung nunmehr nach links gerichtet ist und den Wickeldraht **24** auf die rechte Nutflanke **28b** des mittleren Stator-Zahns **28a** ablegt.

[0040] Wieder außerhalb der benachbarten Nut **30** wird die Wickelnadel **22** mit den Schritten 10 bis 12 in die Ausgangsstellung zurückgedreht (Rundpfeil **34**)

und der Stator **28** gemäß Pfeil U2 ebenfalls zurückgestellt.

[0041] Der Ablauf zur Herstellung einer Windung der Wicklung um den Stator-Zahn **28a** ist damit abgeschlossen. Überlagert wird der Wickelnadel **22** eine Vorschubbewegung Y über den Träger **12** (in **Fig. 5** senkrecht zur Zeichnungsebene) jeweils in der Größe des Durchmessers des Wickeldrahtes **24**; der Wickelprozess verläuft wie beschrieben kontinuierlich weiter innerhalb des in der Nut **30** zur Verfügung stehenden Nutvolumens.

[0042] Ferner wird je Wickellage (**Fig. 6**) die innerhalb des Nutraums **30** angeordnete Krümmung **22a** der Wickelnadel **22** durch Verdrehen der Wickelnadel **22** um ihre Mittelachse auf einen Winkel α so eingestellt, dass zunächst die innere Wicklungslage an der Nutflanke **28b**, danach die mittlere Wicklungslage und schließlich eine äußere Wicklungslage entsprechend gewickelt wird, mit jeweils dichter Heranführung der Mündung der Wickelnadel **22** an die Nutflanke **28b** oder an eine bereits aufgebrachte Wicklungslage.

[0043] Es ändert sich somit mit zunehmenden Wicklungsaufbau der Winkel α der Wickelnadel **22** bzw. der Krümmung **22a** in der Nut **30**, damit der Draht **24** stets direkt und präzise auf der vorhergehenden Wickellage abgelegt wird. Zudem wird die aktuell erzeugte Windung jeweils zwischen zwei Windungen der vorhergehenden Wickellage positioniert. Hierzu wird die Wickelnadel **22** (**Fig. 4**) nach jeder erzeugten Windung radial (in Y-Richtung) um den Betrag des Drahtdurchmessers verfahren.

[0044] Die Erfindung ist nicht auf die Erstellung konzentrierter Wicklungen (siehe **Fig. 5** und **Fig. 6**) beschränkt, sondern kann auch auf die Erstellung verteilter Wicklungen angewendet werden. Beim Erstellen von verteilten Wicklungen ist es von Vorteil, wenn die in der **Fig. 1** gezeigte Vorrichtung mit einer zusätzlichen Schwenkachse (in der **Fig. 1** mit dem Bezugszeichen s angedeutet) erweitert ist. Die Schwenkachse s ist – quer zur Geräte-Hochrichtung (das heißt quer zur Vertikalachse) ausgerichtet.

[0045] So zeigt die **Fig. 7** in einem Ausschnitt eine mittels der gebogenen Wickelnadel **22** mit der Krümmung **22a** aufgebrachte, dreilagige, verteilte Wicklung aus Wickeldrähten **24**, die beispielsweise in der Anreihungsfolge 1 bis 23 aufgewickelt sind.

[0046] Die Wickelnadel **22** wird dabei in der **Fig. 7** in Anpassung an die einzelnen Wickellagen 1–8, 9–15 und 16–23 in der Stator-Tangentialrichtung derart verstellt, dass die einzelnen Windungen unmittelbar benachbarter Wickellagen zueinander um den halben Wickeldrahtdurchmesser in der Umfangsrichtung versetzt zueinander positioniert sind, mit einem mög-

lichst hohen Füllgrad an Drähten im Bereich des zur Verfügung stehenden Nutraums **30**.

[0047] Wesentlich in der Ausführung der Erfindung ist zum einen die Gestaltung der Wickelnadel **22**, die in ihrer geometrischen Ausführung an die Nutgeometrie anzupassen ist, und zum anderen die Wickelstrategie. Diese muss derart gewählt werden, dass bereits gewickelte Windungen sich infolge des Drahtzugs nicht verschieben.

[0048] Der Wicklungsaufbau muss zudem so erfolgen, dass die Wickelnadel **22** mit der Krümmung **22a** stets Zugänglichkeit zum unbewickelten Nutvolumen besitzt, ohne dabei mit bereits gewickelten Windungen zu kollidieren. Dies gilt insbesondere für die letzten zu wickelnden Windungen.

[0049] Durch die Gestaltung der gekrümmten Wickelnadel **22** in Verbindung mit dem deren Anstellwinkel steuernden Stellmotor **16** kann der Nutfüllfaktor durch bessere Ausnutzung des Nutraums **30** erhöht werden. Daraus resultieren zum Beispiel niedrigere Wicklungswiderstände sowie eine bessere Entwärmung der Elektromaschine infolge höherer Packungsdichte der Wicklungen, verbunden mit einer höheren Leistungsdichte und einem besseren Wirkungsgrad.

[0050] Das erfindungsgemäße Verfahren ist unabhängig vom Wicklungstyp (konzentrierte Ein- und Zweischicht- sowie verteilte Wicklungen) einsetzbar und ermöglicht eine hohe Flexibilität, in dem nur geringe Anpassungen (unter anderem ein Nadelwechsel) bei unterschiedlichen Elektromaschinentypen erforderlich sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bewickeln eines Wicklungsträgers (**28**) unter Verwendung der Nadelwickeltechnik, welcher Wicklungsträger (**28**) in Umfangsrichtung (u) abwechselnd Zähne (**28a**) mit zwischengeordneten Nuten (**30**) aufweist, durch die zumindest eine Spulenwicklung mit einer Anzahl von Spulenwindungen geführt ist, wobei jede Nut (**30**) einen Nutgrund (**28d**) und seitliche Nutflanken (**28b**) aufweist sowie in Radialrichtung (y) über einen Nutschlitz (**32**) offen gestaltet ist, der durch, in der Umfangsrichtung (u) ausgeweitete Polschuhe (**28c**) benachbarter Zähne (**28a**) begrenzt ist, und wobei zwischen den Polschuhen (**28c**) und den Nutflanken (**28b**) Hinterschneidungen (**33**) mit Inneneckbereichen gebildet sind, und wobei die Wickelvorrichtung eine Wickelnadel (**22**) mit einem langgestreckten hohlzylindrischen Nadelkörper (**23**) aufweist, durch den ein Wickeldraht (**24**) bis zu einer an der Nadelspitze (**25**) befindlichen Düsenöffnung (**27**) geführt ist, an der der Wickeldraht (**24**) unter Drahtspannung austritt und auf den Nutflächen der Nuten (**30**) des Wicklungsträgers (**28**) abgelegt

wird, und wobei der Nadelkörper (23) an der Nadelspitze (25) mit einem Endstück (22a) materialeinheitlich und einstückig verlängert ist, mit dem der Wickeldraht (24) beim Drahtaustritt seitlich radial nach außen umgelenkt wird, und wobei in einer Ablageposition die Wickelnadel (22) in eine der Nuten (30) eingetaucht ist und das Endstück (22a) der Wickelnadel (22) mit seiner Düsenöffnung (27) den Wickeldraht (24) positionsgenau in der Nut (30) abgelegt wird, wobei für eine positionsgenaue Wickeldraht-Ablage das Endstück (22a) des Nadelkörpers (23) eine Krümmung ist, die vom Nadelkörper (23) an einer Biegekante (29) abgewinkelt oder umbogen ist und mit einem Überstand (a) vom Nadelkörper (23) seitlich abragt, und dass die Düsenöffnung (27) radial nach außen ausgerichtet ist, und dass in der Ablageposition das Endstück (22a) der Wickelnadel (22) in den Inneneckbereich der jeweiligen, zwischen den Polschuhen (28c) und den Nutflanken (28b) gebildeten Hinterschneidung (33) um einen Winkel (α) eingeschwenkt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit zunehmendem Wicklungsaufbau der Winkel (α) der Wickelnadel (22) durch einen Stellmotor (16) verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wickelnadel (22) beim Wickelprozess jeweils nach dem Durchfahren in der Wicklungsträger-Axialrichtung (z) der Nuten (30) um ca. 180° verdreht wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei mehrlagigen konzentrierten Wicklungen die Wickelnadel (22) in einer Wicklungsträger-Radialrichtung je Spulenwindung so verfahren wird, dass übereinander liegende Spulenwindungen um den halben Drahtdurchmesser versetzt zueinander positioniert sind.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei mehrlagigen verteilten Wicklungen die Wickelnadel (22) in einer Wicklungsträger-Tangentialrichtung je Spulenwindung so verfahren wird, dass übereinander liegende Spulenwindungen um den halben Drahtdurchmesser versetzt zueinander positioniert sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels eines linearen Stellantriebs die Wickelnadel (22) in einer Zustellbewegung in Radialrichtung (y) in die jeweilige Nut (30) eingefahren wird, und/oder mittels eines linearen Stellantriebs die Wickelnadel (22) in einer Drahtablagebewegung in der Axialrichtung (z) entlang einer Nut (30) verstellt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Erstellung von verteilten Wicklungen eine zusätzliche Schwenkachse (s) vorgesehen ist.

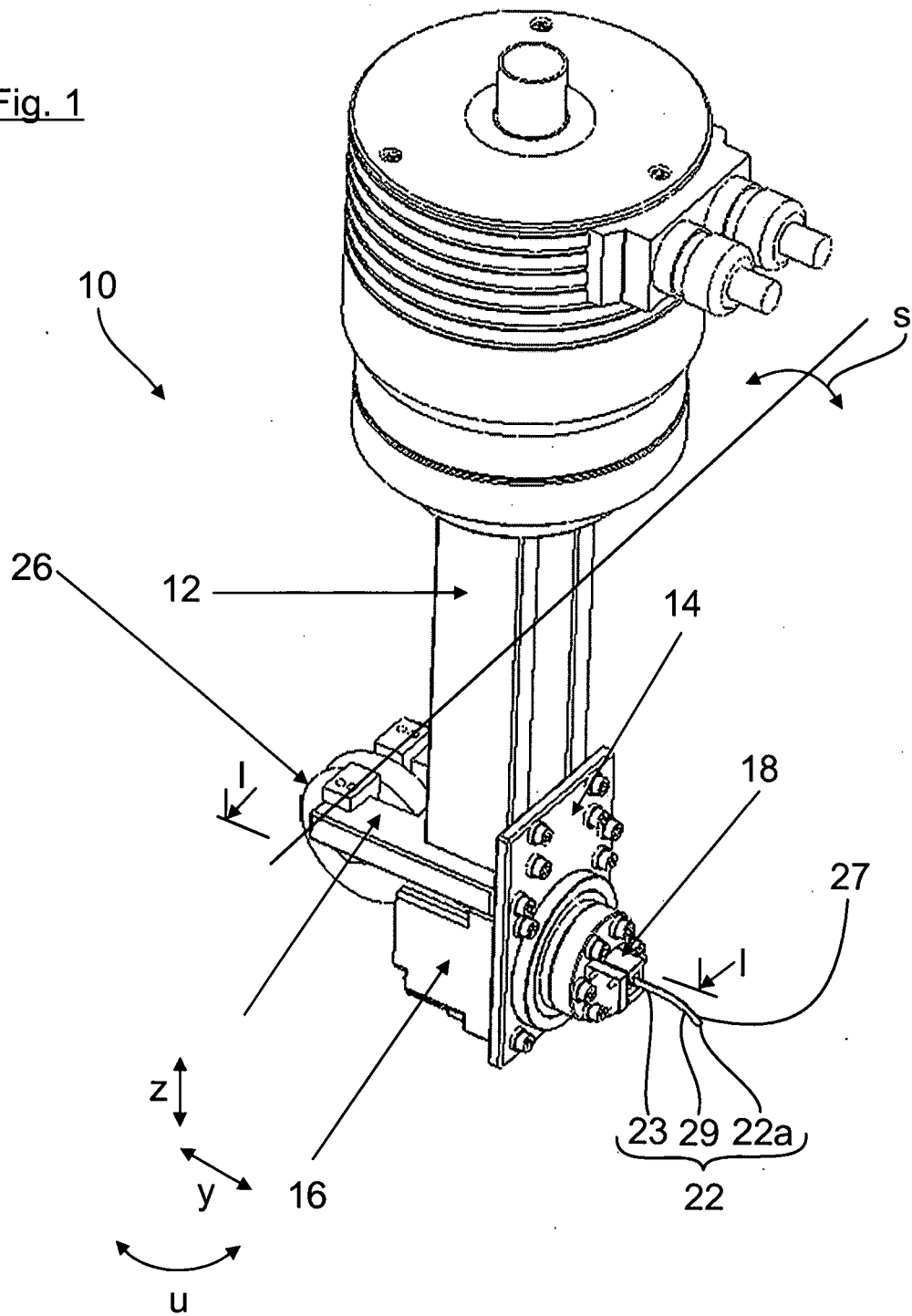
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels eines Drehantriebs die Wickelnadel (22) um ihre Längsachse (L) drehbar ist, und zwar in die Ablageposition, in der das Endstück (22a) der Wickelnadel (22) mit seiner Düsenöffnung (27) den Wickeldraht (24) positionsgenau in der Nut (30) ablegt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Wickelprozess die Wickelnadel (22) mit ihrer Nadelspitze (25) in der Wicklungsträger-Axialrichtung (z) durch eine erste Nut (30) geführt wird und in einer Gegenrichtung durch eine zweite Nut (30) rückgeführt wird, und zwar unter Bildung einer Spulenwindung sowie unter Ablage des Wickeldrahts (24) auf den Nutflächen der Nuten (30) sowie auf den Stirnseiten des Wicklungsträgers (28).

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1



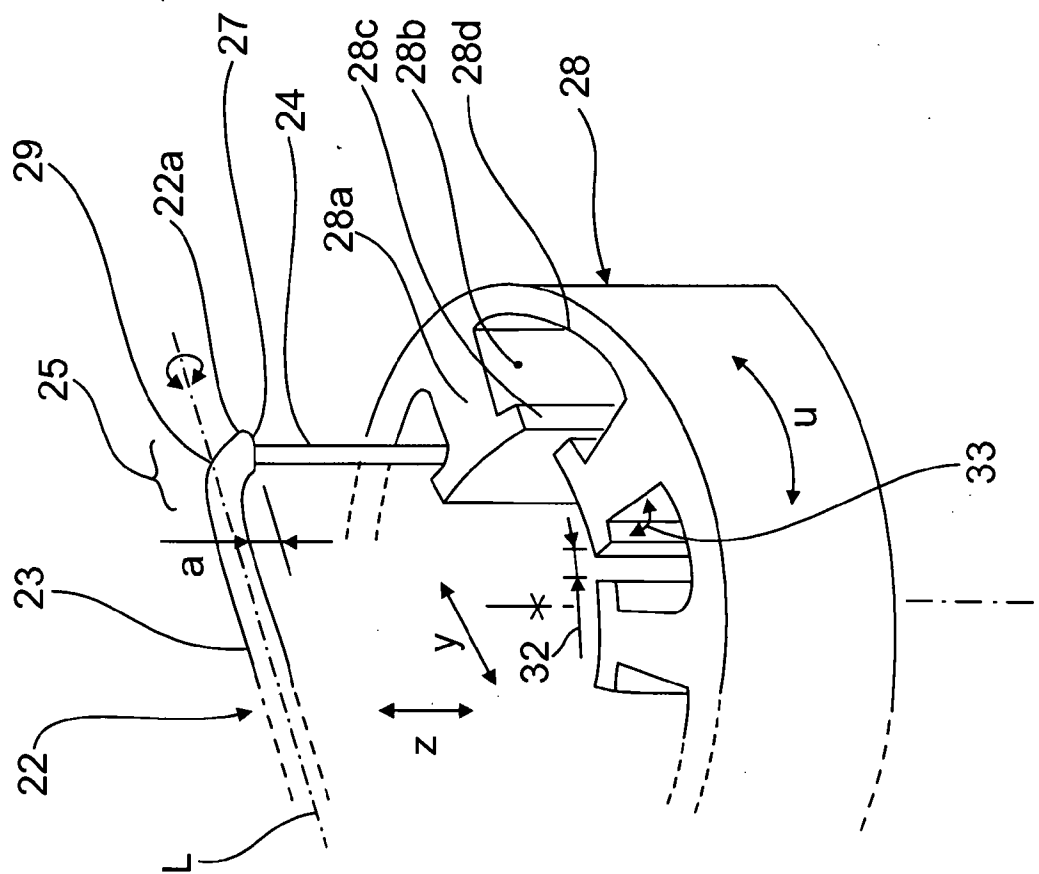


Fig. 2

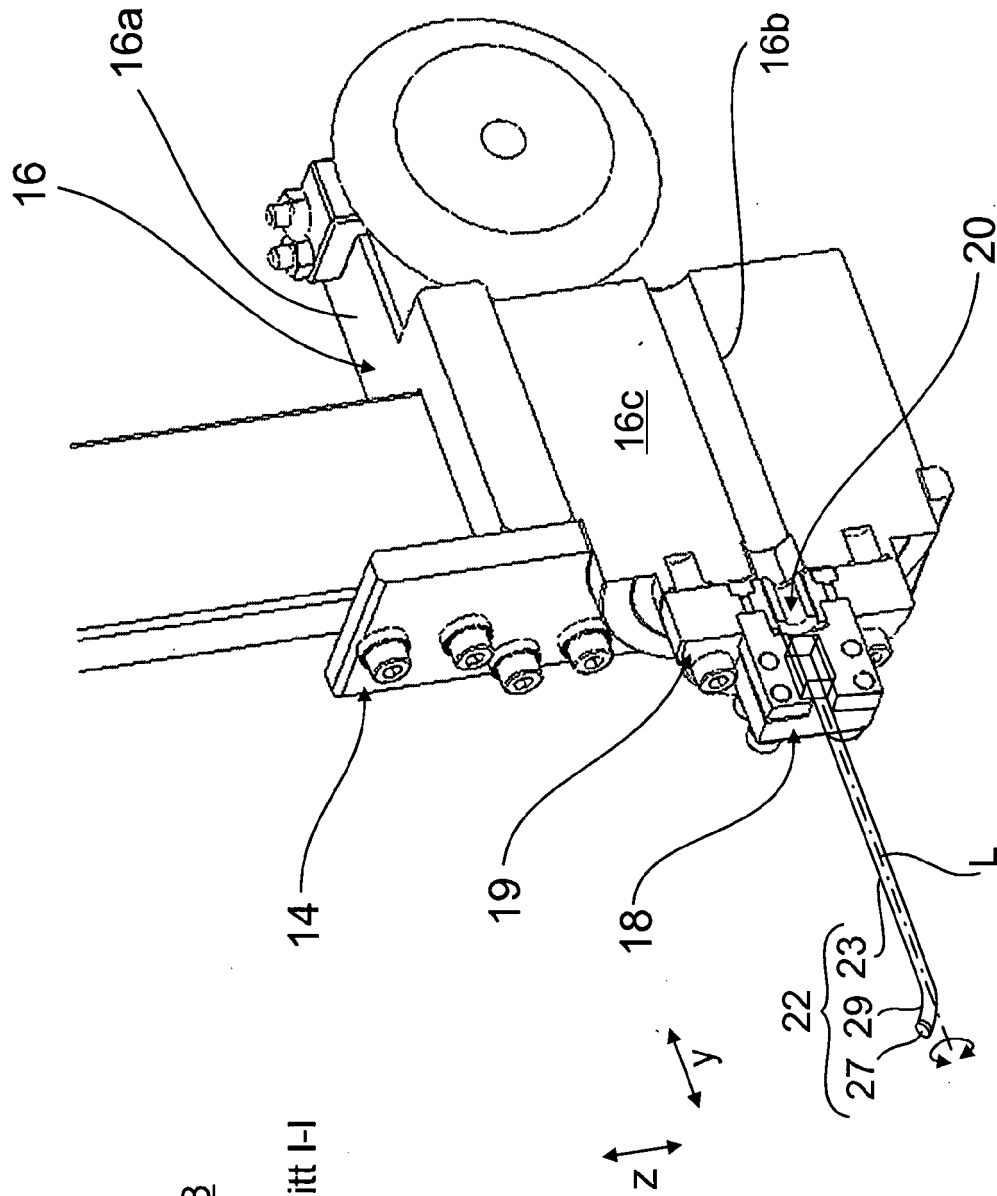


Fig. 3

Schnitt I-I

Fig. 4

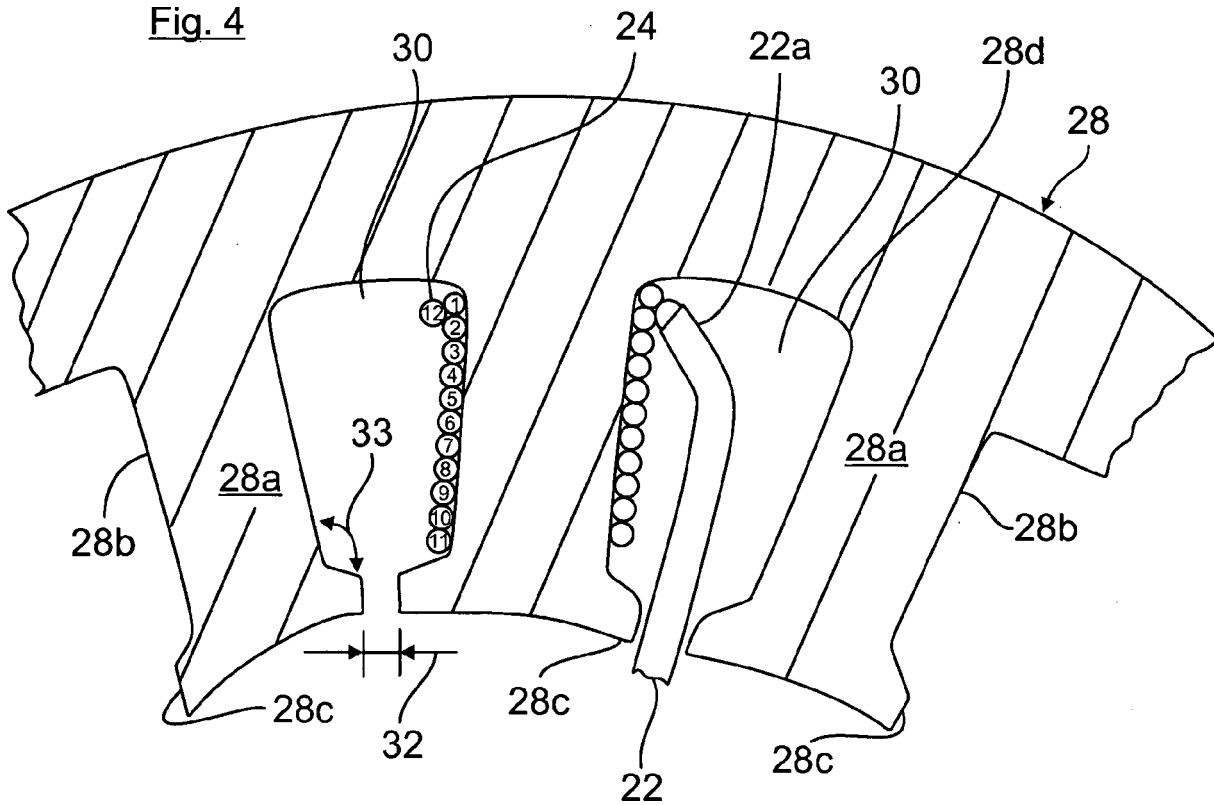


Fig. 5

