

(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
12. März 2020 (12.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/047568 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 3/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2019/060275

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. August 2019 (27.08.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50756/2018 05. September 2018 (05.09.2018) AT
A51063/2018 30. November 2018 (30.11.2018) AT

(71) Anmelder: MIBA EMOBILITY GMBH [AT/AT]; Dr.
Mitterbauer-Straße 3, 4663 Laarkirchen (AT).

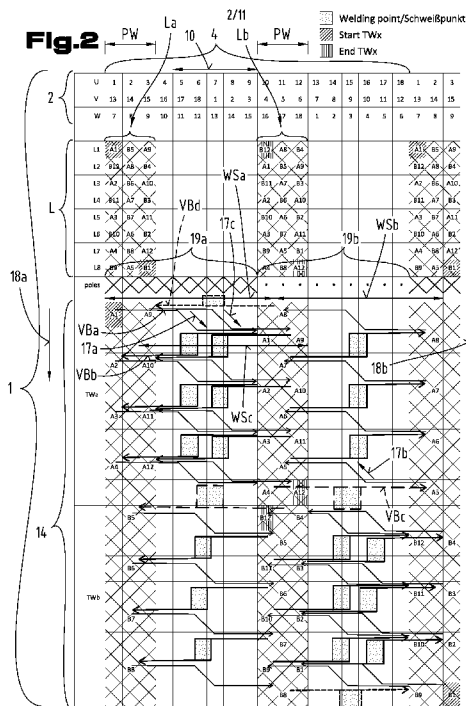
(72) Erfinder: EILENBERGER, Andreas; Frauenberggasse
8A, 3552 Lengnfeld (AT).

(74) Anwalt: ANWÄLTE BURGER UND PARTNER
RECHTSANWALT GMBH; Rosenauerweg 16, 4580
Windischgarsten (AT).

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

(54) Title: STATOR FOR AN ELECTRICAL MACHINE

(54) Bezeichnung: STATOR FÜR EINE ELEKTRISCHE MASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a stator (1) for an electrical machine, comprising a substantially hollow-cylindrical laminated core (2) with a plurality of receiving slots (4) which are arranged in a distributed manner. For each receiving slot (4), a plurality of electrical conductor sections (La, Lb), which are formed by shaped bars, form a stator winding (14) comprising at least two winding elements (TWa, TWb). The at least two electrical winding elements (TWa, TWb) are each formed at least by a first and a second winding segment (WSa, WSb) which are connected electrically in series, wherein conductor sections (La, Lb) of the first winding segment (WSa) are electrically connected to one another by means of first and second electrical connecting sections (VBa, VBb) in such a way that a helical current path (17a) is defined along a first radial direction (18a) in relation to the longitudinal axis (3) of the laminated core (2) and conductor sections (La, Lb) of the second winding segment (WSb) are electrically connected to one another by means of first and second electrical connecting sections (VBa, VBb) in such a way that a second helical current path (17b) is defined along an opposite, second radial direction (18b) in relation to the longitudinal axis (3) of the laminated core (2).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Stator (1) für eine elektrische Maschine, umfassend ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket (2) mit mehreren verteilt angeordneten Aufnahmenuten (4). Mehrere durch Formstäbe gebildete elektrische Leiterabschnitte (La, Lb) je Aufnahmenut (4) bilden eine Statorwicklung (14) mit zumindest zwei Teilwicklungen (TWa, TWb) aus. Die zumindest zwei elektrischen Teilwicklungen (TWa, TWb) sind jeweils zumindest durch ein erstes und ein zweites elektrisch in Serie geschaltetes Wicklungssegment (WSa, WSb) gebildet, wobei Leiterabschnitte (La, Lb) des ersten Wicklungssegments (WSa) mittels ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten (VBa, VBb) derart elektrisch miteinander verbunden sind, dass ein schraubenlinienförmiger Strompfad (17a) entlang einer

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

ersten Radialrichtung (18a) zur Längsachse (3) des Blechpakets (2) definiert ist und Leiterabschnitte (La, Lb) des zweiten Wicklungssegments (WSb) mittels ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten (VBa, VBb) derart elektrisch miteinander verbunden sind, dass ein zweiter schraubenlinienförmiger Strompfad (17b) entlang einer entgegengesetzten, zweiten Radialrichtung (18b) zur Längsachse (3) des Blechpakets (2) definiert ist.

Stator für eine elektrische Maschine

Die Erfindung betrifft einen Stator für eine elektrische Maschine sowie eine mit einem solchen Stator ausgestattete elektrische Maschine.

5

Aus dem Stand der Technik bekannte Statoren für elektrische Maschinen, insbesondere für elektrischen Antriebsmotoren bzw. Generatoren, umfassen typischerweise ein hohlzylindrisches Blechpaket, in dessen Nuten die elektrische Statorwicklung aufgenommen ist. Die Statorwicklung kann dabei aus einer Mehrzahl von stabförmigen Leiterabschnitten bzw. elektrischen Formstäben zusammengesetzt sein. Bei aus dem Stand der Technik bekannten Ausführungen der Statorwicklung, beispielsweise gemäß der US 9,520,753 B2, verläuft der Strompfad der in Reihe geschalteten Leiterabschnitte mäanderförmig zumindest über einen Teilabschnitt des Kreisumfanges des Blechpakets. Diese Wicklungen können auch als Wellenwicklungen bezeichnet werden. Solche Wellenwicklungen sind hinsichtlich ihrer Verschaltungsmöglichkeiten relativ unflexibel.

15

Aus der DE202016001273U1 ist ein Stator für eine elektrische Außenrotor-Radialflussmaschine bekannt. Dieser Stator weist eine Mehrphasen-Statorwicklung aus flexiblem Wicklungsdraht auf, wobei der Wicklungsdraht auf die einzelnen Statorzähne bzw. auf die sogenannten Polschuhe des Blechpakets aufgewickelt ist und eine Vielzahl von Einzelspulen ausbildet. Diese Einzelspulen können auch als Zahnspulenwicklungen bezeichnet werden. Ein derart aufgebauter Stator ist zur Erzielung hochvolumiger Produktionszahlen nur bedingt geeignet. Zudem ist das gezeigte Wicklungsschema hinsichtlich seiner Verschaltungsmöglichkeiten nur wenig flexibel.

20

25

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und einen verbesserten Stator zur Verfügung zu stellen, der eine große Flexibilität hinsichtlich seiner Verschaltungsmöglichkeiten bietet und dabei in hohen Stückzahlen möglichst kostengünstig gefertigt werden kann.

30

Diese Aufgabe wird durch einen Stator und eine elektrische Maschine gemäß den Ansprüchen gelöst.

- 2 -

Ein erfindungsgemäßer Stator für eine elektrische Maschine umfasst

- ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket mit einem ersten und einem zweiten axialen Stirnende und mit mehreren entlang einer Kreisumfangsrichtung des Blechpakets verteilt angeordneten und sich entlang einer Längsachse des Blechpakets erstreckenden Aufnahmenu-
5 ten,
- mehrere durch Formstäbe gebildete elektrische Leiterabschnitte je Aufnahmenut, welche Leiterabschnitte durch vorbestimmte elektrische Verbindungen eine Statorwicklung ausbilden, welche Statorwicklung mehrere in radialer Richtung zur Längsachse des Blechpakets unmittelbar benachbarte Lagen aus Leiterabschnitten aufweist,
10
- wobei die Statorwicklung zumindest zwei elektrische Teilwicklungen pro Phasenwicklung bzw. Wicklungsstrang umfasst, welche Teilwicklungen durch mehre in Reihe geschaltete Leiterabschnitte gebildet sind, wobei erste und zweite elektrische Verbindungsabschnitte zwischen elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten dem ersten und dem zweiten axialen
15 Stirnende des Blechpakets zugeordnet sind, und wobei zwei in Reihe geschaltete Leiterabschnitte ein Formstabpaar definieren.

Ein erfindungsgemäßer Stator ist weiters dadurch gekennzeichnet, dass

- die zumindest zwei elektrischen Teilwicklungen jeweils zumindest durch ein erstes und ein
20 zweites elektrisch in Serie geschaltetes Wicklungssegment gebildet sind, wobei Leiterabschnitte des ersten Wicklungssegments mittels den ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten derart elektrisch miteinander verbunden sind, dass ein schraubenlinienförmiger Strompfad entlang einer ersten Radialrichtung zur Längsachse des Blechpakets definiert ist und Leiterabschnitte des zweiten Wicklungssegments mittels den ersten und zweiten
25 elektrischen Verbindungsabschnitten derart elektrisch miteinander verbunden sind, dass ein zweiter schraubenlinienförmiger Strompfad entlang einer entgegengesetzten, zweiten Radialrichtung zur Längsachse des Blechpakets definiert ist.

Der erfindungsgemäße Stator zeichnet sich durch seine große Flexibilität hinsichtlich der Verschaltungsmöglichkeiten, beispielsweise hinsichtlich der möglichen Anzahl an parallelen
30 Zweigen bzw. Teilwicklungen, hinsichtlich der Sehnungsmöglichkeiten der Teilwicklungen und hinsichtlich der Anzahl an Leitern in den Aufnahmenuten aus. Zudem ist von Vorteil, dass das angegebene Wicklungsschema mit sogenannten Formstäben bzw. Formstableitern

- 3 -

umgesetzt werden kann, sodass umgangssprachlich eine Pin-Winding oder Hairpin-Winding geschaffen werden kann. Dies begünstigt eine hochvolumige Produktion von Statoren mit hoher bzw. gleichbleibender Fertigungsqualität. Insbesondere kann dadurch auch eine Kostenreduktion im Fertigungsprozess erreicht werden. Außerdem sind mit dem angegebenen Aufbau und mit dem hier beschriebenen Wicklungsmuster eine Vielzahl von Wicklungsspezifikationen realisierbar bzw. kann dadurch einer Vielzahl von Wicklungsspezifikationen entsprochen werden.

Die Statorwicklung ist dabei aus mehreren Schleifenwicklungen in Formstabtechnik ausgeführt. Insbesondere ist vorgesehen, vielseitig einsetzbare Schleifenwicklungen in Formstabtechnik zu nutzen. Dabei sind in Reihe geschaltete Einzelspulen bzw. Wicklungssegmente aus stabförmigen Leiterabschnitten vorgesehen, welche in Reihe geschalteten Wicklungssegmente unter dem gleichen Polpaar liegen und eine Teilwicklung einer einzelnen Phasenwicklung bzw. der Statorwicklung definieren.

Im Speziellen ist eine gleich große Anzahl an parallelen Zweigen bzw. Teilwicklungen wie die Polanzahl des Stators bzw. Motors umsetzbar.

Insbesondere kann es zweckmäßig sein, wenn vom ersten und zweiten Wicklungssegment zwei in Kreisumfangsrichtung des Blechpakets unmittelbar aufeinanderfolgende magnetische Polabschnitte überspannt werden. Eine Teilwicklung weist dadurch genau zwei Polbedeckungen auf, kann sich also in Bezug auf eine Momentanbetrachtung über einen Nord- und einen Südpol des Stators erstrecken.

Zudem kann vorgesehen sein, dass das erste Wicklungssegment und das zweite Wicklungssegment in Bezug auf ihre schraubenlinienförmigen Strompfade jeweils unmittelbar aufeinanderfolgende Leiterabschnitte aufweisen, welche unmittelbar aufeinanderfolgenden Leiterabschnitte jeweils um einen Lagensprung mit einem Sprungweitenbetrag „Eins“ in radialer Richtung zur Längsachse des Blechpakets zueinander versetzt bzw. zueinander beabstandet angeordnet sind. Dadurch ergibt sich in Draufsicht auf die Stirnseite des Stators eine zickzack-artige Anordnung der in Serie geschalteten Leiterabschnitte bzw. Formstäbe, wobei durch diesen Aufbau eine automatisierte Herstellung der Statorwicklung begünstigt werden kann.

- 4 -

Zum Aufbau von ungesehenen Statorwicklungen bzw. Teilwicklungen ist es in einfacher Art und Weise möglich, den ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten je Wicklungssegment identische erste Erstreckungsweiten zwischen in Kreisumfangrichtung des Blechpakets voneinander beabstandeten, elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten zuzuweisen. Insbesondere kann durch gleichbleibende Nutanzahl-Sprungweiten ein einfache Planung bzw. Konzeption von ungesehenen Wicklungen erreicht werden.

Zur elektrischen Verbindung zwischen dem ersten Wicklungssegment und dem zweiten Wicklungssegment kann in praktikabler Weise ein dritter elektrischer Verbindungsabschnitt ausgebildet sein, welcher dritte elektrische Verbindungsabschnitt im Vergleich zum ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitt eine größere zweite Erstreckungsweite, insbesondere eine vergleichsweise größere Nutanzahl-Sprungweite aufweist.

Demgegenüber können zur Ausbildung von gesehenen Teilwicklungen die ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitte in jedem ihrer Wicklungssegmente zueinander unterschiedliche erste Erstreckungsweiten, insbesondere ungleiche Nutanzahl-Sprungweiten, zwischen in Kreisumfangrichtung voneinander beabstandeten, elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten aufweisen. Mit dem angegebenen Aufbau sind also auch gesehnte Statorwicklungen in relativ einfacher Art und Weise konzeptionier- und umsetzbar.

Ein Stator mit gesehnter Statorwicklung zeichnet sich auch dadurch aus, dass die Anzahl an verkürzten oder verlängerten zweiten Verbindungsabschnitten in jeder der Teilwicklungen identisch zur Bruchlochzahl q des Stators ist. Die verkürzten oder verlängerten zweiten Verbindungsabschnitte sind dabei im Vergleich zu den ersten Verbindungsabschnitten kürzer oder länger ausgebildet. Insbesondere ist dabei die Bruchlochzahl q identisch zur Anzahl der Aufnahmenuten pro magnetischem Polabschnitt, pro Phasenwicklung und pro Teilwicklung. Die Ausbildung von verkürzten oder verlängerten Verbindungsabschnitten ist abhängig davon, ob die Statorwicklung bzw. die jeweiligen Teilwicklungen in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung des Blechpakets nach links oder nach rechts gesehen werden sollen.

Zur Umsetzung eines Stators mit Bruchlochzahl $q=3$ kann in einfacher Art und Weise ein drittes Wicklungssegment vorgesehen sein, welches elektrisch in Serie mit dem zweiten Wick-

- 5 -

lunungssegment geschaltet ist und dem ersten Wicklungssegment zum überwiegenden Teil überlagert ist, insbesondere mit diesem verschachtelt bzw. ineinandergreifend ausgebildet ist. Diese Überlagerung bzw. Überdeckung kann derart ausgeführt sein, dass eine dritte Wicklungsachse des dritten Wicklungssegments um wenigstens eine bis maximal sechs in Kreisumfangsrichtung des Blechpakets unmittelbar aufeinanderfolgende Aufnahmenuten gegenüber einer ersten Wicklungsachse des ersten Wicklungssegments seitenversetzt ist.

Zur elektrischen Verbindung zwischen dem zweiten Wicklungssegment und dem dritten Wicklungssegment kann ein vierter elektrischer Verbindungsabschnitt ausgebildet sein, welcher vierte elektrische Verbindungsabschnitt im Vergleich zum ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitt eine kleinere oder größere dritte Erstreckungsweite aufweist, insbesondere eine vergleichsweise geringere oder größere Nutanzahl-Sprungweite besitzt. Ein demgemäß verkürzter oder vergrößerter, vierter elektrischer Verbindungsabschnitt ist ausschließlich bei einer ganzzahligen Bruchlochzahl q größer Zwei ausgebildet. Diese relative Verkürzung oder Verlängerung des vierten elektrischen Verbindungsabschnittes ist abhängig davon, wo die Wicklungsanfänge der Teilwicklungen innerhalb der Phasenzonen der Statorwicklung sind. Solche Phasenzonen sind in den Fig. 2, 9 und 10 durch die Bereiche bzw. Aufnahmenuten mit Kreuzschraffur ersichtlich.

Bei dem angegebenen Stator kann auch erreicht werden, dass die Anzahl der Wicklungssegmente identisch ist zur Bruchlochzahl q des Stators ist, insbesondere identisch ist zur Anzahl der Aufnahmenuten pro magnetischem Polabschnitt, pro Phasenwicklung und pro Teilwicklung.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Stators kann auch dadurch gekennzeichnet sein, dass der vom ersten Wicklungssegment definierte Strompfad entweder (i) ausgehend von der radial innersten Lage von Leiterabschnitten zur radial äußersten Lage von Leiterabschnitten führt, oder vice versa (ii) ausgehend von der radial äußersten Lage von Leiterabschnitten zur radial innersten Lage von Leiterabschnitten führt, anschließend ohne einem Versatz in der Lage, insbesondere ohne Lagensprung bzw. ohne einem Wechsel in der Lage, mittels einem dritten elektrischen Verbindungsabschnitt zum zweiten Wicklungssegment geführt ist, und dass der Strompfad im zweiten Wicklungssegment entweder (i) ausgehend von der radial äußersten Lage von Leiterabschnitten zur radial innersten Lage von Leiterabschnitten geführt ist, oder

- 6 -

vice versa (ii) ausgehend von der radial innersten Lage von Leiterabschnitten zur radial äußersten Lage von Leiterabschnitten geführt ist.

Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform kann auch vorgesehen sein, dass jeweils zwei in den elektrischen Strompfaden unmittelbar aufeinanderfolgende Leiterabschnitte und jeweils ein diese Leiterabschnitte elektrisch jeweils verbindender erster Verbindungsabschnitt einteilig ausgebildet sind, insbesondere durch einen sogenannten Hair-Pin gebildet sind.

Dadurch kann eine rationelle Herstellung erzielt werden bzw. kann dadurch die Anzahl der erforderlichen Kontaktierungsstellen, beispielsweise in Form von Schweißverbindungen, reduziert werden.

Gemäß einer möglichen Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass der erste Verbindungsabschnitt in dessen mittleren Abschnitt in Bezug auf eine senkrecht zur Längsmittelachse des Blechpakets verlaufende Ebene einen im wesentlichen S- oder Z-förmigen Umformungsabschnitt aufweist. Dies begünstigt die Umsetzung eines Lagensprunges um „Eins“ in Bezug auf die beiden Leiterabschnitte eines U-förmigen Formstabpaares bzw. Hair-Pins.

Bei einem nach dem angegebenen Wicklungsschema aufgebauten Stator kann auch vorgesehen sein, dass jede der Aufnahmenuten des Blechpakets durch Leiterabschnitte aus genau zwei parallel angeordneten Teilwicklungen in Bezug auf die Radialrichtung zur Längsachse des Blechpakets vollständig ausgefüllt ist. Das heißt, dass dadurch jede Aufnahmenut des Blechpakets mit den Leiterabschnitten von maximal zwei bzw. nur zwei parallel angeordneten Teilwicklungen vollständig besetzt sein kann. Dies kann produktionstechnische Vorteile bieten.

Entsprechend einer zweckmäßigen Maßnahme kann auch vorgesehen sein, dass das erste Wicklungssegment und das zweite Wicklungssegment ausgehend von deren jeweiligen Wicklungsanfängen in Richtung zu deren jeweiligen Wicklungsenden jeweils gleichsinnig gewickelt, beispielsweise jeweils rechtsdrehend gewickelt sind.

Zudem kann es zweckmäßig sein, wenn sämtliche Wicklungssegmente einer mehrfach segmentierten Teilwicklung elektrisch in Serie geschaltet sind und ausgehend von deren jeweiligen Wicklungsanfängen in Richtung zu deren jeweiligen Wicklungsenden jeweils gleichsinnig gewickelt, beispielsweise jeweils rechtsdrehend gewickelt sind.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass ein Wicklungsanfang der ersten Teilwicklung und ein Wicklungsanfang einer weiteren Teilwicklung, welche zur ersten Teilwicklung elektrisch in Serie oder elektrisch parallel geschaltet ist oder schaltbar ist, derart positioniert sind, dass deren Wicklungsanfänge in Aufnahmenuten angeordnet sind, welche derselben Phasenzone angehören. Insbesondere kann es zweckmäßig sein, wenn ein Wicklungsanfang der ersten Teilwicklung und ein Wicklungsanfang einer weiteren Teilwicklung, welche zur ersten Teilwicklung elektrisch in Serie oder elektrisch parallel geschaltet ist oder schaltbar ist, in derselben Aufnahmenut positioniert sind bzw. derselben Aufnahmenut zugeordnet sind. Dies ist insbesondere dann von Nutzen, wenn die Teilwicklungen der Statorwicklung ungesenkt ausgeführt sind. Im Betriebszustand des Stators bzw. der damit ausgestatteten elektrischen Maschine kann dadurch die maximal auftretende Spannungsdifferenz ΔU zwischen unmittelbar benachbarten Leiterabschnitten innerhalb der Aufnahmenuten - insbesondere in Bezug auf die Radialrichtung zur Blechpaket-Längsachse - relativ gering gehalten werden. Dies hat Vorteile in Bezug auf technisch bzw. physikalisch vergleichsweise geringere Anforderungen an die elektrische Isolationsschicht der Leiterabschnitte. Beispielsweise ist es dadurch möglich, relativ dünne Isolationsschichten vorzusehen und somit den Füllfaktor in Bezug auf elektrisch leitfähiges Material je Aufnahmenut vorteilhaft zu verbessern.

Die vorstehend beschriebenen Wirkungen und technischen Effekte können auch dann erzielt werden, wenn in Bezug auf Aufnahmenuten mit dort ausgeführten Wicklungsanfängen, oder dort ausgeführten Wicklungsenden jeweils nur Wicklungsanfänge oder jeweils nur Wicklungsenden ausgeführt sind, also gattungsgleiche Anschlüsse bei mehreren spezifischen Aufnahmenuten des Blechpakets zusammengefasst bzw. gattungsgleich gruppiert sind. Insbesondere kann dadurch die Spannungsbelastung zwischen jeweils zwei benachbarten Leiterabschnitten innerhalb einer Aufnahmenut verringert werden.

Weiters kann vorgesehen sein, dass der erste und der letzte Leiterabschnitt von zumindest einer der Teilwicklungen jeweils durch einen I-Pin, insbesondere jeweils durch im Wesentlichen I-förmige Formstäbe, gebildet ist und alle dazwischen angeordneten Leiterabschnitte als elektrisch in Serie geschaltete Hair-Pins, insbesondere als U-förmige Formstabpaare, ausgeführt sind. Dadurch ist es in vorteilhafter Art und Weise möglich, die Phasen- bzw. Leistungsanschlüsse für die Teilwicklungen jenem axialen Stirnende des Stators zuzuordnen, in welchem die sogenannte „Kronenseite“ der Statorwicklung vorliegt. Die „Kronenseite“ ist jenes

- 8 -

Stirnende des Stators, in welchem entweder keine oder nur relativ wenige Schweiß- bzw. Verbindungsstellen zwischen den Leiterabschnitten vorliegen, wenn die Statorwicklung zumindest überwiegend aus Hair-Pins aufgebaut ist. Dadurch können die Leistungsanschlüsse zur elektrischen Energiebeaufschlagung der Phasenwicklungen bzw. der Teilwicklungen zuverlässig aufgebaut und unkompliziert hergestellt werden. Darüber hinaus ist dadurch ein möglichst kompakter Aufbau des Stators bzw. seiner axialen Wicklungsköpfe erzielbar.

Die Erfindung betrifft auch eine elektrische Maschine, wie sie in den Ansprüchen angegeben ist. Die damit erzielbaren technischen Effekte und vorteilhaften Wirkungen sind den vorhergehenden und den nachstehenden Beschreibungsteilen zu entnehmen.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer und beispielhafter Darstellung:

Fig. 1 einen exemplarischen Stator, dessen Aufnahmenuten teilweise mit elektrischen Leitern versehen sind, welche elektrischen Leiter zur Ausbildung einer Statorwicklung definiert zu verbinden sind;

Fig. 2 ein erfindungsgemäß ausgeführtes Wickelschema zur Ausbildung eines Wicklungsstranges bzw. einer Phasenwicklung eines zweipoligen Stators mit dreiphasiger Statorwicklung;

Fig. 3 eine andere Darstellungsart des Wicklungsschemas für eine Teilwicklung des Wicklungsstranges bzw. der Phasenwicklung nach Fig. 2;

Fig. 4a, 4b Ausführungsformen von sogenannten Hair-Pins mit parallel verlaufenden Leiterabschnitten, welche Bestandteil eines Wicklungsstranges bzw. einer Phasenwicklung nach den Fig. 2 und 3 sein können;

Fig. 5 eine Ausführungsform von sogenannten I-Pins, welche derart umgeformt und elektrisch miteinander verbunden sind, dass sie einem Hair-Pin ähnlich sind und

Bestandteil eines Wicklungsstranges bzw. einer Phasenwicklung nach den Fig. 2 und 3 sein können;

- 5 Fig. 6 eine Teilwicklung einer Statorwicklung, welche Teilwicklung zwei elektrisch in Reihe geschaltete, jeweils als Schleifenwicklungen ausgeführte Wicklungssegmente in Formstabausführung umfasst;
- 10 Fig. 7 eine Teilwicklung einer Statorwicklung, welche Teilwicklung drei elektrisch in Reihe geschaltete, jeweils als Schleifenwicklungen ausgeführte, ineinander verschachtelte bzw. ineinandergreifende Wicklungssegmente in Formstabausführung umfasst;
- 15 Fig. 8 die Hälfte eines Stators bzw. Stator-Blechpakets, in welches die Teilwicklung nach Fig 7 eingefügt wurde bzw. darin aufgenommen ist;
- 20 Fig. 9 ein erfindungsgemäß ausgeführtes Wickelschema mit mehreren Teilwicklungen zur Schaffung eines vierpoligen Stators mit dreiphasiger, ungesetzter Statorwicklung;
- 25 Fig. 10 ein erfindungsgemäß ausgeführtes Wickelschema mit mehreren Teilwicklungen zur Schaffung eines vierpoligen Stators mit dreiphasiger, gesetzter Statorwicklung;
- 30 Fig. 11 ein Wickelschema auf Basis von Fig. 2, bei welchem der maximal auftretende Potentialunterschied zwischen unmittelbar benachbarten Leiterabschnitten innerhalb der Aufnahmenuten des Blechpakets vergleichsweise gering gehalten ist;
- 30 Fig. 12 ein Wickelschema auf Basis von Fig. 9, bei welchem der maximal auftretende Potentialunterschied zwischen unmittelbar benachbarten Leiterabschnitten vergleichsweise gering gehalten ist;

- 10 -

Fig. 13 die Teilwicklungen TWa und TWb gemäß dem Wickelschema nach Fig. 11 in Parallelschaltung, wobei sie einen Wicklungsstrang bzw. eine Phasenwicklung einer dreiphasigen Statorwicklung in Dreieckschaltung ausbilden.

5 Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind
10 diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

In Fig. 1 ist ein Stator 1 in einer Schrägansicht stark schematisch dargestellt. Der Stator 1 umfasst dabei ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket 2 in welchem eine Vielzahl von
15 Aufnahmenuten 4 in Kreisumfangsrichtung 10 verteilt angeordnet sind. Die Aufnahmenuten 4 sind dabei in Längsrichtung 11 durchgehend ausgebildet. In Fig. 1 sind beispielhaft mehrere elektrische Leiter 8 vor ihrer Verbindung zu einer elektrischen Wicklung dargestellt. Analog dazu ist aus Fig. 1 beispielhaft ersichtlich, dass mehrere elektrische Leiter 8 zur Ausbildung einer elektrischen Spule bzw. Wicklung in Kreisumfangsrichtung 10 des Blechpakets 2 verboben sein können und miteinander korrespondierende elektrische Leiter 8 miteinander verbunden vorliegen können.
20

Die Aufnahmenuten 4 des Blechpakets 2 können in Radialrichtung 12 in Richtung der Längsachse 3 des Stators 1 offen sein. Derartige Öffnungen können als Luftspalt 5 ausgebildet sein.
25 Die Bereiche des Blechpakets 2, welche die Aufnahmenuten 4 in Richtung der Längsachse 3 begrenzen, können in Kreisumfangsrichtung 10 als Zahnkopf 6 ausgebildet sein. An der gegenüberliegenden Seite der jeweiligen Aufnahme 4, auch Jochseite genannt, befindet sich der Nutgrund 7. Die genaue Anzahl an Aufnahmenuten 4 sowie der darin aufgenommenen elektrischen Leiter 8 richtet sich nach der gewünschten Größe bzw. Auslegung der elektrischen Maschine.
30

Grundsätzlich können die Aufnahmenuten 4 unterschiedlichste Querschnittsformen aufweisen, wobei sich zur Aufnahme von elektrischen Leitern 8 korrespondierende, rechteckige

- 11 -

Querschnitte der Aufnahmenuten 4 bewährt haben. Zur Isolation der einzelnen elektrischen Leiter 8 zueinander sowie zum Blechpaket 2 ist es erforderlich zumindest eine Isolations-
schicht 9 fehlerfrei in Kreisumfangsrichtung 10 sowie Radialrichtung 12 durchgehend ge-
schlossen auszubilden, insbesondere an der Mantelfläche der Leiter 8 vorzusehen, wobei die
5 elektrischen Leiter 8 zumindest innerhalb des Blechpakets 2 jeweils mit einer Isolations-
schicht 9 ummantelt sind.

Das im Wesentlichen hohlzylindrische Blechpaket 2 weist ein erstes und ein zweites axiales
Stirnende 13a, 13b auf. Die elektrischen Leiter 8 in den Aufnahmenuten 4 sind vorzugsweise
10 durch metallische Formstäbe, vorzugsweise aus Kupfer oder einem anderen elektrisch gut
leitfähigen Material gebildet. Diese Formstäbe bilden dabei eine Mehrzahl von elektrischen
Leiterabschnitten La, Lb aus, welche sich zumindest innerhalb der jeweils zugeordneten Auf-
nahmenuten 4 erstrecken. Diese Leiterabschnitte La, Lb können dabei durch sogenannte I-
Pins definiert sein oder durch sogenannte Hair-Pins gebildet sein, in welchem letzteren Fall
15 die Leiterabschnitte La, Lb die Schenkel dieser im Wesentlichen U-förmigen Leitersegmente
darstellen.

Die elektrischen Leiterabschnitte La, Lb sind also mehrfach in jeder der Aufnahmenuten 4 an-
geordnet und wird durch vorbestimmte elektrische Verbindungen zwischen den kreisringför-
mig positionierten Leiterabschnitten La, Lb die plangemäße Statorwicklung 14 aufgebaut,
20 welche Statorwicklung 14 zur Erzeugung eines umlaufenden Magnetfelds dient, wenn der
Stator 1 mit ein- oder mehrphasiger elektrischer Energie beaufschlagt wird. Wie beispielhaft
aus Fig. 1 ersichtlich ist, weist eine solche Statorwicklung 14 im einsatzbereiten Zustand
mehrere in radialer Richtung zur Längsachse 3 des Blechpakets 2 unmittelbar benachbarte La-
25 gen L aus Leiterabschnitten La, Lb auf. Die Zuführung von einphasigem Wechselstrom oder
von mehrphasigem Wechselstrom (Drehstrom) erfolgt über dezidierte, nicht näher dargestellte
Anschlussstellen an der Statorwicklung 14, wie dies allgemein bekannt ist.

Bei der beispieलगemäßen Statorwicklung 14 nach Fig. 2 sind insgesamt acht Lagen L1 bis L8
30 vorgesehen. Die Lagen L1 bis L8 setzen sich dabei aus einer Mehrzahl von in den Aufnahme-
nuten 4 positionierten Leiterabschnitten La, Lb zusammen. Typischerweise weist ein praxis-
gerechter Stator 1 eine gerade Anzahl von Lagen L, vorzugsweise ab 4 Lagen, insbesondere

- 12 -

zwischen 4 und 12 Lagen auf. Der Durchmesser des Blechpakets 2, die Anzahl der ausgebildeten Aufnahmenuten 4, die Anzahl der Lagen L, sowie die axiale Länge des Stators 1 bzw. Blechpakets 2 sind im Wesentlichen davon abhängig, welche Leistungsdaten gefordert sind bzw. welche physikalischen Anforderungen an die aufzubauende elektrische Maschine bestehen.

Die Statorwicklung 14 umfasst zumindest zwei Teilwicklungen TWA, TWB. Ein erfindungsgemäß aufgebauter Stator 1 bzw. dessen Statorwicklung 14 kann insbesondere ein Vielfaches von zwei Teilwicklungen aufweisen, insbesondere zwei, vier, sechs, acht oder auch zehn Teilwicklungen umfassen, wie dies nachfolgend beschrieben ist. Die jeweiligen Teilwicklungen können dabei je elektrischer Phase in Serie und/oder parallel verschaltet sein. Mit dem nachfolgend angegebenen Wickelschema ist eine Ausbildung von ein- oder mehrphasigen Statorwicklungen 14 möglich.

Bei einer mehrphasigen Statorwicklung 14 kann jede sogenannte Phasenwicklung PW bzw. jeder phasenzugehörige Wicklungsstrang aus zwei oder mehr Teilwicklungen TWA bis TW_x zusammengesetzt sein, wobei x für eine gerade Zahl größer Zwei steht. Die in elektrischer Hinsicht eigene Spulen darstellenden Teilwicklungen TWA bis TW_x können dabei je nach Anforderung bzw. Leistungsbedarf in Serie und/oder parallel geschaltet sein bzw. von einer Steuereinheit entsprechend geschaltet werden. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der besseren Übersichtlichkeit wegen nur eine einzige Phasenwicklung PW bzw. ein einziger Wicklungsstrang einer insgesamt dreiphasig vorgesehenen Statorwicklung 14 dargestellt.

In Fig. 2 ist ein vorteilhaftes Wickelschema für den Wicklungsstrang bzw. für die Phasenwicklung PW einer beispielsweise zweipoligen Statorwicklung 14 gezeigt. Diese Phasenwicklung PW umfasst zwei Teilspulen bzw. zwei elektrische Teilwicklungen TWA, TWB. Die beiden Teilwicklungen TWA und TWB können auch als erster und zweiter Wicklungszweig bzw. als erster und zweiter paralleler Pfad bezeichnet werden. Bei diesem zweipoligen Stator 1 erstreckt sich jede der Teilwicklungen TWA und TWB über den gesamten Kreisumfang, insbesondere über 360° des kreisringförmigen Blechpakets 2. Bei den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen erstrecken sich die einzelnen Teilwicklungen nur über einen

Bruchteil des Kreisumfanges des Blechpakets. Das Blechpaket 2 gemäß Fig. 2 weist beispielsweise achtzehn Aufnahmenuten 4 auf, wobei jede der Aufnahmenuten 4 jeweils acht Leiterabschnitte La oder Lb aufweist bzw. aufnimmt, sodass die Statorwicklung 14 insgesamt acht Lagen L besitzt, welche mit L1 bis L8 bezeichnet sind. Demnach ist eine Statorwicklung 14 bzw. eine Phasenwicklung PW mit insgesamt acht Lagen L dargestellt. Die Lage L1 kann dabei als die dem Luftspalt 5 – Fig. 1 – nächstliegende bzw. radial innerste Lage verstanden werden und die Lage L8 als die dem Nutgrund 7 – Fig. 1 – nächstliegende bzw. radial äußerste Lage L8 verstanden werden. Die dargestellte Statorwicklung 14 bzw. Phasenwicklung PW weist eine sogenannte Bruchlochzahl $q=3$ auf. Das heißt, dass die Anzahl der Aufnahmenuten 4 pro magnetischem Polabschnitt 19a oder 19b, pro elektrischer Phase bzw. Phasenwicklung PW und pro Teilwicklung TWa oder TWb exakt „Drei“ beträgt. Dies ist in Fig. 2 auch anhand der Dreier-Gruppen von Aufnahmenuten 4, welche mit einer Kreuzschraffur versehen sind, erkennbar.

Aus Fig. 2 ist weiters ersichtlich, dass die beiden dargestellten Teilwicklungen TWa und TWb beispielsweise der elektrischen Phase U zugehörig sind – siehe erste Zeile in Fig. 2. Zum Aufbau einer insgesamt dreiphasigen Statorwicklung 14 sind die in Fig. 2 als unbelegt dargestellten Abschnitte bzw. Aufnahmenuten 4 mit korrespondierenden, weiteren Teilwicklungen zu versehen. Insbesondere wiederholt sich der Aufbau der dargestellten Phasenwicklung PW für die Phase V und für die Phase W in den Aufnahmenuten 4 mit den Nummern 4 bis 6 und 13 bis 15 bzw. 7 bis 9 und 16 bis 18. Insbesondere ist lediglich ein Seitenversatz bzw. Nutversatz vorzusehen bzw. zu berücksichtigen, und wiederholt sich der Aufbau bzw. das Schema der Phasenwicklung PW für die Phase U sodann für die Phasenwicklungen der Phasen V und W. Die Phasenwicklungen PW für die Phasen V und W sind in der Darstellung gemäß Fig. 2 nur der besseren Übersichtlichkeit wegen nicht enthalten. Insbesondere ist festzuhalten, dass in Fig. 2 lediglich eine Phasenwicklung PW, beispielsweise für die Phase U veranschaulicht ist. Die komplette, dreiphasige Statorwicklung ist an eine dreiphasige Spannungsquelle anzuschließen, wobei sich ein magnetisch zweipoliger Stator 1 ausbildet bzw. ein zweipoliges magnetisches Drehfeld einstellt.

Jede der Teilwicklungen TWa und TWb der Statorwicklung 14 bzw. der Phasenwicklung PW ist durch eine Mehrzahl von in Reihe geschalteten Leiterabschnitten La und Lb gebildet. Diese Leiterabschnitte La und Lb können Bestandteil eines integral aufgebauten bzw. einteiligen

- 14 -

ausgeführten Leitungssegments, insbesondere eines sogenannten Hair-Pins sein, wie er in den Fig. 4a und 4b dargestellt ist. Alternativ können die Leiterabschnitte La und Lb auch jeweils durch sogenannte I-Pins gebildet sein, wie dies in Fig. 5 veranschaulicht ist. Demnach können die Leiterabschnitte La und Lb durch die Schenkel eines im wesentlichen U-förmigen Leitungssegments, insbesondere durch einen sogenannten Hair-Pin – Fig. 4a, 4b – definiert sein. Die Leiterabschnitte La und Lb können aber auch durch den Mittelabschnitt von sogenannten I-Pins, welche elektrisch in Serie geschaltet sind, definiert sein – Fig. 5.

Die Teilwicklungen TWa und TWb sind jeweils durch mehrere in Reihe geschaltete Leiterabschnitte La und Lb gebildet, wobei erste und zweite elektrische Verbindungsabschnitte VBa, VBb zwischen elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten La, Lb abwechselnd dem ersten und dem zweiten axialen Stirnende 13a, 13b des Blechpakets 2 – Fig. 1 – nächstliegend zugeordnet sind. Die ersten Verbindungsabschnitte VBa bilden dabei eine elektrische Verbindung zwischen unmittelbar aufeinanderfolgenden Leiterabschnitten La und Lb aus. Demgegenüber bilden die zweiten Verbindungsabschnitte VBb eine elektrische Verbindung zwischen einem Leiterabschnitt Lb und einem seriell daran anschließenden Leiterabschnitt La aus. Gemäß den Fig. 4a, 4b und 5 werden also mittels dem Verbindungsabschnitt VBa die zwei Leiterabschnitte La und Lb elektrisch in Serie geschaltet und definieren dadurch ein Formstabpaar 16. Ein solches Formstabpaar 16 kann über den Verbindungsabschnitt VBb mit einem seriell anschließenden bzw. unmittelbar benachbarten Formstabpaar 16 elektrisch in Serie geschaltet werden, sodass insgesamt eine sogenannte Schleifenwicklung 15 aufgebaut werden kann, wie sie beispielhaft in den Fig. 6, 7 veranschaulicht ist. In Fig. 2 sind dabei die ersten Verbindungsabschnitte VBa durch schmale Volllinien bzw. Pfeile dargestellt, während die zweiten Verbindungsabschnitte VBb durch vergleichsweise breite Volllinien bzw. Pfeile veranschaulicht sind. Die schmalen Linien können dabei gedanklich dem ersten axialen Stirnende 13a nächstliegend zugeordnet werden, während die breiten Linien gedanklich dem zweiten axialen Stirnende 13b des Stators 1 (Fig. 1) zugewiesen sind.

Die in Fig. 2 dargestellten Rechtecke mit Punktschraffur symbolisieren dabei Kontaktierungsstellen, insbesondere Schweißstellen, innerhalb der zweiten elektrischen Verbindungsabschnitte VBb. Die gemäß Fig. 2 vorgesehenen Leiterabschnitte La und Lb sind somit Teilabschnitte von sogenannten Hair-Pins, wie sie in den Fig. 4a, 4b beispielhaft veranschaulicht

sind. Die in Fig. 2 dargestellten Zonen mit Diagonalschraffur zeigen jeweils die Wicklungsanfänge der Teilwicklungen TWa und TWb, während die Zonen mit Vertikalschraffur die jeweiligen Wicklungsenden der Teilwicklungen TWa und TWb repräsentieren. Diese Schraffur-Zuweisungen gelten auch für die Wicklungsschemen gemäß den Fig. 9 und 10.

5

In Bezug auf die zu Fig. 2 alternative Darstellungsart in Fig. 3 ist ein Formstabpaar 16, welches aus den Leiterabschnitten La und Lb gebildet ist, durch ein Paar aus Kreuz- und/oder Ringsymbolen identifizierbar. Ein solches Paar aus Kreuz- und/oder Ringsymbolen weist identische Nummern und einen gleichen, voranstehenden Buchstaben auf. Beispielsweise die zwei Kreuzsymbole mit der Bezeichnung A4 definieren ein solches Formstabpaar 16 aus Leiterabschnitten La, Lb. Weiters bilden beispielsweise die Leiterstabpaare bei A3-A3, A2-A2 und A1-A1 jeweils ein Formstabpaar 16 mit einem ersten Leiterabschnitt La in der Aufnahmenut mit der Nummer 1 und einen zweiten Leiterabschnitt Lb in der Aufnahmenut mit der Nummer 10 aus. Die elektrische Verbindung zwischen zwei Leiterabschnitten La, Lb eines Formstabpaares 16, beispielsweise in Bezug auf das Formstabpaar 16 zwischen den Kennungen A1, ist als Verbindungsabschnitt VBa bezeichnet. Demgegenüber ist ein elektrischer Übergang bzw. Verbindungsabschnitt zwischen einem seriell daran anschließenden bzw. elektrisch in Serie geschalteten nachfolgenden Formstabpaar 16, beispielsweise in Bezug auf die Kennungen A2-A2, durch den elektrischen Verbindungsabschnitt VBb definiert bzw. gebildet. Die ersten Verbindungsabschnitte VBa können dabei dem ersten axialen Stirnende 13a des Blechpakets 2 nächstliegend zugeordnet sein und die zweiten Verbindungsabschnitte VBb können dem zweiten axialen Stirnende 13b des Blechpakets 2 – Fig. 1 – nächstliegend zugeordnet sein.

Wesentlich ist, wie dies aus Fig. 2, oder auch aus den Fig. 3 und Fig. 6, 7 ersichtlich ist, dass die zumindest eine elektrische Teilwicklung TWa bzw. jede der implementierten Teilwicklungen TWa bis TWx einer auszubildenden Statorwicklung 14 bzw. Phasenwicklung PW zumindest durch ein erstes und ein zweites elektrisch in Serie geschaltetes Wicklungssegment WSa, WSb gebildet ist. Der Index „x“ steht hier und auch nachfolgend jeweils für eine Zählervariable. Leiterabschnitte La, Lb des ersten Wicklungssegments WSa sind dabei mittels den ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten VBa, VBb derart elektrisch miteinander verbunden, dass ein schraubenlinienförmiger Strompfad 17a entlang einer ersten Radialrich-

- 16 -

tung 18a zur Längsachse 3 des Blechpakets 2 – siehe den unteren Abschnitt von Fig. 3 – definiert ist. Zudem sind Leiterabschnitte La, Lb des zweiten Wicklungssegments WSb mittels den ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten VBa, VBb derart elektrisch miteinander verbunden, dass ein zweiter schraubenlinienförmiger Strompfad 17b definiert ist.

5 Dieser zweite schraubenlinienförmige Strompfad 17b verläuft entlang einer entgegengesetzten, zweiten Radialrichtung 18b zur Längsachse 3 des Blechpakets 2. Die erste Radialrichtung 18a kann dabei in Bezug auf eine radiale Verkleinerung gegenüber der Längsachse 3 definiert sein, während die entgegengesetzte zweite Radialrichtung 18b eine radiale Vergrößerung gegenüber der Längsachse 3 des Blechpakets 2 bedeuten kann. Es ist aber ebenso hierzu inverse
10 Richtungszuordnung in Bezug auf die Strompfade 17a und 17b möglich. Das zweite Wicklungssegment WSb ist dabei in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung 10 des Blechpakets gegenüber dem ersten Wicklungssegment WSa seitenversetzt angeordnet, insbesondere zur Gänze in zum ersten Wicklungssegment WSa unterschiedlichen bzw. insgesamt anderen Aufnahmenuten 4 aufgenommen.

15 Wie vor allem aus Fig. 2 entnehmbar ist, erstrecken sich das erste und das zweite Wicklungssegment WSa, WSb, welche in Zusammenwirken ein Bestandteil der Teilwicklung TWa bzw. TWb sind, insgesamt über zwei in Kreisumfangsrichtung 10 unmittelbar aufeinander folgende magnetische Polabschnitte 19a und 19b. Somit weist eine solche Teilwicklung TWa bzw.

20 TWb eine Polbedeckung von „Zwei“ auf, wie dies am besten aus Fig. 2 ersichtlich ist. Mit anderen Worten ausgedrückt, erstreckt sich jede der ausgebildeten Teilwicklungen TWa bis TWx über ein magnetisches Polpaar, also über zwei in Kreisumfangsrichtung 10 des Blechpakets 2 unmittelbar aufeinanderfolgende Polabschnitte 19a und 19b. Auch bei Statorwicklungen 14 welche ein geradzahliges mehrfaches von „Zwei“ als Polzahl aufweisen (vier-, sechs-,
25 achtpolig usw.), erstrecken sich die jeweils ausgeführten Teilwicklungen TWa bis TWx stets über ein magnetisches Polpaar, also über zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Pole des auszubildenden Stators 1, wie dies auch den nachfolgenden Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 9 und 10 entnehmbar ist.

30 Wie weiters jeweils aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich ist, weisen das erste Wicklungssegment WSa und das zweite Wicklungssegment WSb in Bezug auf ihre schraubenlinienförmigen Strompfade 17a, 17b jeweils unmittelbar aufeinander folgende Leiterabschnitte La und Lb

auf, welche Leiterabschnitte La, Lb jeweils um einen Lagensprung mit einem Sprungweitenbetrag „Eins“ in radialer Richtung zur Längsachse 3 des Blechpakets 2 zueinander versetzt angeordnet sind. Beispielsgemäß ist der Leiterabschnitt Lb mit der Kennung A1 in der Lage L2 aufgenommen, während der Leiterabschnitt La mit der Kennung A1 in der Lage L1 aufgenommen ist. Dieses Schema setzt sich fort für sämtliche Leiterabschnitte La und Lb des Wicklungssegments W_{Sa} bzw. W_{Sb}. Dies gilt auch für das nachfolgend noch beschriebene dritte Wicklungssegment W_{Sc}.

Wie weiters am besten aus einer Zusammenschau von Fig. 2 und Fig. 3 entnehmbar ist, kann zur Schaffung einer ungesehnten Statorwicklung 14 bzw. zur Schaffung von ungesehnten Teilwicklungswicklungen TW_a bis TW_x vorgesehen sein, dass die ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitte VB_a, VB_b je Wicklungssegment W_{Sa}, W_{Sb} identische erste Erstreckungsweiten 20a, 20b aufweisen (Fig. 3, oben). Diese Erstreckungsweiten 20a, 20b zwischen den unmittelbar aufeinander folgenden Leiterabschnitten La, Lb kann auch als Nutanzahl-Sprungweite bzw. häufig auch als Spulenweite bezeichnet werden. Beispielsgemäß betragen die Erstreckungsweiten 20a, 20b des ersten und zweiten Wicklungssegments W_{Sa}, W_{Sb} jeweils zehn Aufnahmenuten. Insbesondere beträgt die beispielsgemäße Erstreckungsweite 20a, 20b zwischen den in Kreisumfangsrichtung 10 voneinander beabstandeten, elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten La, Lb hierbei 10. Es sind jedoch je nach Dimensionierung bzw. Auslegung des Stators 1 auch von 10 abweichende Erstreckungsweiten 20a, 20b möglich.

Die in den Fig. 2, 3 beispielhaft dargestellte Teilwicklung TW_a umfasst weiters einen dritten elektrischen Verbindungsabschnitt VB_c, welcher eine elektrische Verbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Wicklungssegment W_{Sa}, W_{Sb} aufbaut. Dieser dritte elektrische Verbindungsabschnitt VB_c weist im Vergleich zum ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitt VB_a, VB_b eine größere, zweite Erstreckungsweite 20c auf. Beispielsgemäß beläuft sich diese zweite Erstreckungsweite 20c auf 11, insbesondere erstreckt sich der dritte elektrische Verbindungsabschnitt VB_c zwischen elf unmittelbar aufeinanderfolgenden Aufnahmenuten. Insbesondere bedeutet dies eine vergleichsweise größere Nutanzahl bzw. Sprungweite als bei den elektrischen Verbindungsabschnitten VB_a und VB_b.

Wie weiters am besten den Fig. 2, 3 zu entnehmen ist, kann die zumindest eine Teilwicklung TWa bzw. jede der vorhandenen Teilwicklungen TWa bis TWx einer Statorwicklung 14 ein drittes Wicklungssegment WSc umfassen. Dadurch wird eine Bruchlochzahl von $q=3$ geschaffen. Dieses dritte Wicklungssegment WSc ist dabei elektrisch in Serie mit dem zweiten
5 Wicklungssegment WSb geschaltet. Hinzu kommt, dass dieses dritte Wicklungssegment WSc dem ersten Wicklungssegment WSa in baulicher Hinsicht zum überwiegenden Teil überlagert ist. Insbesondere ist das dritte Wicklungssegment WSc mit dem ersten Wicklungssegment WSa verschachtelt bzw. ineinander verwoben, wie dies durch die Darstellungen aus den Fig. 2 und 3 aber auch durch die Darstellung in Fig. 7 ersichtlich ist. Insbesondere ist dabei vorge-
10 sehen, dass eine dritte Wicklungsachse WAc des dritten Wicklungssegments WSc um wenigstens eine bzw. wenigstens zwei bis maximal sechs unmittelbar aufeinanderfolgende Aufnahmenuten 4 gegenüber einer ersten Wicklungsachse WAa des ersten Wicklungssegments WSa in Kreisumfangsrichtung 10 des Blechpakets 2 seitenversetzt ist. Das dritte Wicklungssegment WSc ist somit in Bezug auf ihre überwiegende Grund- bzw. Wirkfläche dem ersten
15 Wicklungssegment WSa überlagert bzw. mit diesem quasi verflochten. Zu einem erheblich geringeren Flächen- bzw. Wirkanteil ist das dritte Wicklungssegment WSc dem zweiten Wicklungssegment WSb überlagert bzw. mit diesem verflochten, wie dies am besten der Darstellung gemäß Fig. 7 zu entnehmen ist.

20 Zur elektrischen Verbindung zwischen dem zweiten Wicklungssegment WSb und dem dritten Wicklungssegment WSc ist ein vierter elektrischer Verbindungsabschnitt VBd ausgebildet. Dieser vierte elektrische Verbindungsabschnitt VBd weist im Vergleich zum ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitt VBa, VBb eine beispielsweise kleinere, dritte Erstreckungsweite 20d auf. Beispielsgemäß ist diese vergleichsweise kleinere bzw. geringere dritte
25 Erstreckungsweite 20d über eine Nutanzahl-Sprungweite von „8“ ausgeführt. Alternativ kann dieser vierte elektrische Verbindungsabschnitt VBd auch eine vergleichsweise größere bzw. längere Erstreckungsweite 20d aufweisen. Dies tritt dann auf, wenn die Wicklungsanfänge und Wicklungsenden der jeweiligen Teilwicklungen TWa bis TWc anders, insbesondere gegengleich gewählt sind. Ein solcher verkürzter respektive verlängerter, vierter elektrischer
30 Verbindungsabschnitt VBd ist dabei ausschließlich bei einer ganzzahligen Bruchlochzahl größer Zwei bzw. bei der Ausbildung von drei seriell miteinander verschalteten Wicklungssegmenten WSa, WSb und WSc ausgebildet. Insbesondere ist es zweckmäßig bzw. kennzeich-

nend, dass die Anzahl der Wicklungssegmente W_{Sa}, W_{Sb}, W_{Sc}, W_{Sx} identisch zur Bruchlochzahl q des Stators 1 bzw. der Statorwicklung 14 ist. Unter Bruchlochzahl ist dabei die Anzahl der Aufnahmenuten 4 pro Polabschnitt 19a oder 19b und pro Phasenwicklung PW bzw. pro Strang der Statorwicklung 14 zu verstehen. Demgemäß beträgt die Bruchlochzahl q=2 bei
 5 zwei Wicklungssegmenten W_{Sa}, W_{Sb}. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Bruchlochzahl q=4 betragen und sind dabei vier Wicklungssegmente W_{Sa}, W_{Sb}, W_{Sc}, W_{Sd} ausgebildet.

Die entsprechenden Zusammenhänge können auch tabellarisch wie folgt dargestellt werden:

10

Bruchlochzahl q	Anzahl von Wicklungssegmenten W _{Sa} bis W _{Sx} pro Polpaar und pro Teilwicklung	Anzahl von dritten elektrischen Verbindungsabschnitten (V _{Bc}) pro Wicklungssegment und pro Polpaar	Anzahl von vierten elektrischen Verbindungsabschnitten (V _{Bd}) pro Wicklungssegment und pro Polpaar
2	2	1	--
3	3	mindestens 1	1
4	4	2	mindestens 1
5	5	mindestens 2	2
6	6	3	mindestens 2

Es ist somit auch festzustellen, dass die wenigstens eine Teilwicklung TW_a der Statorwicklung 14 bzw. einer Phasenwicklung PW ein erstes Wicklungssegment W_{Sa} umfasst, wobei der durch das erste Wicklungssegment W_{Sa} definierte Strompfad 17a entweder (i) ausgehend
 15 von der radial innersten Lage L1 (Luftspaltseite) von Leiterabschnitten L_a, L_b zur radial äußersten Lage L8 (Jochseite) von Leiterabschnitten L_a, L_b führt, oder vice versa (ii) ausgehend von der radial äußersten Lage L8 (Jochseite) von Leiterabschnitten L_a, L_b zur radial innersten Lage L1 (Luftspaltseite) von Leiterabschnitten L_a, L_b führt, und anschließend ohne einem Versatz in der Lage L, d.h. ohne Lagensprung bzw. ohne einem Wechsel in der Lage L, mittels dem dritten elektrischen Verbindungsabschnitt V_{Bc}, welcher auch als verlängerter bzw.
 20 vergleichsweise längerer Verbindungsabschnitt bezeichnet werden kann, zum zweiten Wicklungssegment W_{Sb} geführt ist. Der Strompfad 17b im zweiten Wicklungssegment W_{Sb} ist sodann (i) ausgehend von der radial äußersten Lage L8 (Jochseite) von Leiterabschnitten L_a, L_b zur radial innersten Lage L1 (Luftspaltseite) von Leiterabschnitten L_a, L_b geführt, oder

- 20 -

vice versa (ii) ausgehend von der radial innersten Lage L1 (Luftspaltseite) von Leiterabschnitten La, Lb zur radial äußersten Lage L8 (Jochseite) von Leiterabschnitten La, Lb geführt.

Zudem ist den Fig. 2 und 3 jeweils zu entnehmen, dass das erste Wicklungssegment W_{Sa} und das zweite Wicklungssegment W_{Sb} ausgehend von deren jeweiligen Wicklungsanfängen 21 (A1) und 22 (A5) in Richtung zu deren jeweiligen Wicklungsenden 23 (A4) und 24 (A8) jeweils gleichsinnig gewickelt, beispielsweise jeweils rechtsdrehend gewickelt sind. Alternativ wäre auch eine gleichsinnig linksverlaufende bzw. einheitlich jeweils linksdrehende Umsetzung möglich.

Zur Ausbildung einer gewünschten Statorwicklung 14 bzw. Phasenwicklung PW kann es zweckmäßig, dass sämtliche Wicklungssegmente W_{Sa}, W_{Sb}, W_{Sc}, W_{Sx} einer mehrfach segmentierten Teilwicklung TW_a bis TW_x elektrisch in Serie geschaltet sind und ausgehend von deren jeweiligen Wicklungsanfang 21, 22, 25 in Richtung zu deren jeweiligen Wicklungsende 23, 24, 26 jeweils gleichsinnig gewickelt, beispielsweise jeweils rechtsdrehend gewickelt bzw. verlaufend sind.

Wie am besten aus Fig. 2 ersichtlich ist, weist die zweite Teilwicklung TW_b in Bezug zur ersten Teilwicklung TW_a einen zweifach spiegelbildlichen Aufbau bzw. Verlauf auf. In diesem Ausführungsbeispiel ist die zweite Teilwicklung TW_b gegenüber der ersten Teilwicklung TW_a in Kreisumfangsrichtung 10 um eine einzige Aufnahmenut 4 seitenversetzt. Es liegt somit eine Nutanzahl-Sprungweite von „Eins“ zwischen den physisch parallel angeordneten, ineinander verschachtelten Teilwicklungen TW_a und TW_b vor, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich ist. Die gedachte erste Spiegelachse ist dabei durch die Längsachse 3 des Blechpakets 2 definiert. Die gedachte zweite Spiegelachse verläuft entlang der Kreisumfangsrichtung 10 des Blechpakets 2. Die erste und die zweite Teilwicklung TW_a und TW_b bilden ein zusammengehöriges bzw. korrespondierendes Paar von Teilwicklungen aus und erstrecken sich über genau ein Polpaar des Blechpakets 2, insbesondere über zwei aufeinanderfolgende Polabschnitte 19a und 19b.

Eine Teilwicklung TW_a, TW_b, TW_c bzw. TW_a bis TW_x kann auch dadurch definiert sein, dass die von ihr induzierte Spannung, welche eine Vektorgröße ist, in Betrag und Phase gleich ist den induzierten Spannungen der anderen Teilwicklungen innerhalb der Phasenwicklung

PW. Ihre zugehörigen Leiter gleicher Aufnahmenut tragen entsprechend den unterschiedlichen Amplituden der induzierten Spannungen jeweils Sorge.

Die Statorwicklung 14 bzw. deren Teilwicklungen TWa bis TWx können durch Formstableiter bzw. Leiterabschnitte La, Lb aufgebaut werden, welche als sogenannte Hair-Pins – Fig. 4a, Fig. 4b – oder als sogenannte I-Pins – Fig. 5 – ausgeführt sind. Bei einer Hair-Pin-Umsetzung gemäß den Fig. 4a, 4b sind jeweils zwei in den elektrischen Strompfaden 17a, 17b, 17c (Fig. 3) unmittelbar aufeinanderfolgende Leiterabschnitte La, Lb und jeweils ein diese Leiterabschnitte La, Lb elektrisch jeweils verbindender erster Verbindungsabschnitt VBa einteilig ausgebildet. Wie in Fig. 5 veranschaulicht, können aber auch sogenannte I-Pins eingesetzt werden, deren Mittelabschnitte jeweils die Leiterabschnitte La, Lb darstellen und deren umgeformte und vorzugsweise miteinander verschweißte erste Endabschnitte den ersten elektrischen Verbindungsabschnitt VBa definieren. Die zu den ersten Endabschnitten gegenüberliegenden zweiten Endabschnitte der Leiterabschnitte La, Lb definieren die zweiten Verbindungsabschnitte VBb zur elektrischen Verbindung mit einem seriell anzuschließenden, weiteren I- oder Hair-Pin. Gemäß Fig. 4a können die zweiten Verbindungsabschnitte VBb derart umgeformt sein, dass sie aufeinander zu gerichtet sind. Gemäß Fig. 4b können die zweiten Verbindungsabschnitte VBb aber auch derart umgeformt sein, dass sie zueinander parallel verlaufen bzw. in einheitliche Richtungen weisen.

Die in Fig. 2 und in den Fig. 9, 10 dargestellten, mit einer Punktschraffur versehenen Rechtecke an den breiten Linien bzw. im Mittelabschnitt der jeweiligen Pfeile symbolisieren Kontaktierungsstellen, insbesondere Schweißstellen, zwischen zwei zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten VBb von elektrisch in Reihe geschalteten, im wesentlichen deckungsgleich positionierten Formstabpaaren 16, wie sie in Fig. 4a schematisch veranschaulicht sind. In den Fig. 2 und in den Fig. 9, 10 ist somit der Einsatz von Hair-Pins bzw. von einteiligen, im wesentlichen U-förmigen Formstabpaaren 16 gezeigt.

Zweckmäßig kann es sein, wenn sich jedes der Wicklungssegmente WSa, WSb und WSc bzw. WSa bis WSx in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung 10 des Blechpakets 2 über mehr als zwei, also zumindest über drei unmittelbar benachbarte Aufnahmenuten 4 erstreckt. Somit sind die ersten und die zweiten Erstreckungsweiten 20a und 20b der ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitte VBa und VBb größer oder gleich dem Dreifachen des

Quer- bzw. Seitenabstandes zwischen zwei unmittelbar benachbarten Aufnahmenuten 4 des Blechpakets 2. Bei der Ausführung nach Fig. 2 belaufen sich die Nutanzahl-Sprungweiten der Verbindungsabschnitte VBa und VBb respektive der unmittelbar aufeinanderfolgenden Leiterabschnitte La und Lb beispielsweise auf „Neun“.

5

In Fig. 6 ist ein Ausführungsbeispiel einer Teilwicklung einer Statorwicklung 14, beispielsweise einer Teilwicklung TWa veranschaulicht. Dieser strukturelle Grundaufbau wiederholt sich in korrespondierender Art für die Teilwicklungen TWb bis TWx. Die dargestellte Teilwicklung TWa ist in Formstabtechnik ausgeführt und umfasst eine Mehrzahl von elektrisch in Reihe geschalteten Hair-Pins. Das gezeigte Wickelschema ergibt eine Bruchlochzahl $q=2$, nachdem die Anzahl der unmittelbar aufeinanderfolgenden Aufnahmenuten 4 pro Magnetpol und Phase „2“ ist. Im Vergleich dazu beträgt bei der Teilwicklung TWa nach Fig. 7 die sogenannte Bruchlochzahl $q=3$. Die Wicklungssegmente WSa und WSb der Teilwicklung TWa nach Fig.6 und auch die Wicklungssegmente WSa, WSb und WSc der Teilwicklung TWa nach Fig.7 sind jeweils durch in Formstabtechnik ausgeführte Schleifenwicklungen 15 gebildet. Die Wicklungssegmente WSa und WSb (Fig. 6) bzw. die Wicklungssegmente WSa, WSb und WSc (Fig. 7) sind jeweils elektrisch in Serie geschaltet.

10

15

20

Wie am besten aus Fig. 7 ersichtlich ist, ist das dritte Wicklungssegment WSc gegenüber dem ersten Wicklungssegment WSa verschachtelt angeordnet, insbesondere zum überwiegenden Teil gegenüber dem ersten Wicklungssegment WSa überdeckend positioniert. Deren Wicklungsachsen WAa und WAc sind um eine der Bruchlochzahl $q-1$ entsprechende Anzahl an Aufnahmenuten 4 in Kreisumfangsrichtung 10 zueinander versetzt, beispielsweise um zwei Aufnahmenuten 4 seitenversetzt.

25

Entsprechend einer zweckmäßigen Maßnahme, wie sie in den Fig. 6 und 7 am besten ersichtlich ist, kann auch vorgesehen sein, die ersten Verbindungsabschnitte VBa der einzelnen Hair-Pins bzw. Formstabpaare 16 in ihrem mittleren Abschnitt in Bezug auf eine senkrecht zur Längsmittelachse des Blechpakets verlaufende Ebene 27 mit einem im wesentlichen S- oder Z-förmigen Umformungsabschnitt 28 zu versehen. Dadurch sind die Verbindungsabschnitte VBa derart geformt, dass ein Lagensprung um „Eins“ in Bezug auf unmittelbar aufeinanderfolgende Leitungsabschnitten La und Lb eines Hair-Pins geordnet umsetzbar ist.

30

Die in den Fig. 6 und 7 jeweils als Schleifenwicklungen 15 ausgeführten Wicklungssegmente W_{Sa}, W_{Sb} bzw. W_{Sc} zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass diese Wicklungssegmente W_{Sa}, W_{Sb} bzw. W_{Sc} jeweils durch eine Mehrzahl von entlang der Wicklungsachse W_{Aa}, W_{Ab} bzw. W_{Ac} aneinandergereihten, elektrisch in Serie geschalteten Formstabpaaren 16 gebildet sind.

Fig. 8 zeigt, wie die Teilwicklung T_{Wa} gemäß Fig. 7 in ein Blechpaket 2 eingesetzt sein kann, um so eine Teilkomponente eines Stators 1 auszubilden. Lediglich der besseren Übersichtlichkeit wegen wurde hier lediglich die Hälfte eines Stators 1 veranschaulicht. Das Blechpaket 2 gemäß Fig. 8 weist beispielsweise insgesamt 72 Aufnahmenuten 4 auf und ist zur Umsetzung einer insgesamt dreiphasigen Statorwicklung mit acht Magnetpolen vorgesehen.

In Fig. 9 ist unter anderem das Wicklungsschema der Teilwicklung T_{Wa} veranschaulicht, welche Teilwicklung T_{Wa} dann in den Fig. 7 und 8 physisch umgesetzt dargestellt ist. Die Fig. 7 und 8 veranschaulichen unter anderem eine Teilwicklung T_{Wa}, welche eine Teilkomponente einer aufzubauenden Statorwicklung darstellt.

Das in Fig. 9 gezeigte Wicklungsschema ist zur Bereitstellung von vier magnetischen Polen ausgebildet und für ein Blechpaket 2 mit 36 Aufnahmenuten 4 konzipiert. Lediglich der Vollständigkeit wegen wird festgehalten, dass das Wicklungsschema gemäß Fig. 9 nur eine einzige Phasenwicklung PW einer herzustellenden Statorwicklung 14 zeigt. Diese Phasenwicklung PW umfasst vier Teilwicklungen T_{Wa}, T_{Wb}, T_{Wc}, T_{Wd}, welche sich insgesamt über 360° der Kreisumfangsrichtung 10 eines Blechpakets 2 mit insgesamt 36 Aufnahmenuten 4 erstrecken. Diese vier Teilwicklungen T_{Wa}, T_{Wb}, T_{Wc}, T_{Wd} ergeben eine vierpolige Statorwicklung 14, also eine Stator 1 mit einer Polpaarzahl von „zwei“. Der strukturelle Aufbau der Teilwicklung T_{Wc} ist dabei identisch zum strukturellen Aufbau der Teilwicklung T_{Wa}. Analoges gilt für die Teilwicklungen T_{Wb} und T_{Wd}. Die Teilwicklungen T_{Wa} und T_{Wc} bzw. T_{Wb} und T_{Wd} sind jedoch in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung 10 zueinander versetzt bzw. beabstandet angeordnet. Das Ausmaß dieses Seitenversatzes ist abhängig von der gewünschten Polpaarzahl und Nutanzahl des herzustellenden Stators 1.

- 24 -

In Fig. 10 ist eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform einer Statorwicklung 14 gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Figuren verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Figuren hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Insbesondere zeigt Fig. 10 ein Wickelschema zur Ausbildung einer gesehten Statorwicklung 14, wobei auch hier nur eine einzige Phasenwicklung PW eines dreiphasigen, vierpoligen Stators 1 dargestellt ist. Das gegenständliche Wickelschema ist also auch zur Ausbildung von gesehten Statorwicklungen 14 bzw. gesehten Teilwicklungen TWa bis TWx einsetzbar.

Zur Ausbildung von gesehten Teilwicklungen TWa, TWb, TWc, TWd weisen die ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitte VBa, VBb in jedem ihrer Wicklungssegmente WSa, WSb, WSc zueinander unterschiedliche erste Erstreckungsweiten 20a und 20b zwischen in Kreisumfangrichtung 10 voneinander beabstandeten, elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten La, Lb auf. Insbesondere sind beim gezeigten Ausführungsbeispiel Nutanzahl-Sprungweiten von 15 in Bezug auf die ersten Verbindungsabschnitte VBa vorgesehen, und Nutanzahl-Sprungweiten von 13 in Bezug auf die zweiten Verbindungsabschnitte VBb vorgesehen.

Kennzeichnend ist dabei auch, dass die Anzahl an verkürzten oder – wie nachstehend erläutert – verlängerten zweiten Verbindungsabschnitten VBb in jeder der Teilwicklungen TWa, TWb, TWc, TWd, welche verkürzten bzw. verlängerten zweiten Verbindungsabschnitte VBb im Vergleich zu den ersten Verbindungsabschnitten VBa kürzer bzw. länger ausgebildet sind, identisch zur Bruchlochzahl q des Stators 1 ist. Insbesondere ist die Anzahl an verkürzten bzw. verlängerten zweiten Verbindungsabschnitten VBb identisch zur Anzahl der Aufnahmenuten 4 pro magnetischem Polabschnitt 19a oder 19b, pro Phasenwicklung PW und pro Teilwicklung TWa, TWb, TWc oder TWd.

Es ist festzuhalten, dass bei einer gesehten Statorwicklung 14 bzw. bei gesehten Teilwicklungen TWa bis TWx der Seitenversatz bzw. Sprung in Bezug auf die Aufnahmenuten 4 wahlweise festgelegt werden kann. In Fig. 10 springen die mit Kreuzschraffur versehenen

- 25 -

Zellen nach „rechts“, könnten aber auch nach „links“ springen. Die grau gefärbten Zellen zeigen in Fig. 10 eine Treppe die rechts beginnt. Die Sehnung der Teilwicklungen TWa bis TWx kann alternativ aber auch mit einem verlängerten Wickelschritt gemacht werden. Die mit Kreuzschraffur versehenen Zellen würden dann eine Treppe zeigen die links beginnt. Demnach sind als Alternative zum Schema nach Fig. 10 auch verlängerte Verbindungsabschnitte VBb möglich.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich das Wickelschema dadurch auszeichnet, dass pro U-förmigen Formstabpaar 16 bzw. pro Hair-Pin ein Lagensprung durchgeführt wird und dass ein vollständiger paralleler Zweig bzw. eine vollständige Teilwicklung TWa bis TWx pro Phasenwicklung PW zumindest ein bzw. genau ein Polpaar 19a und 19b in Umfangsrichtung des Blechpakets 2 abdeckt. Bei einer ungesehnten Statorwicklung 14 weisen die vorkommenden U-förmigen Formstabpaare 16 gleiche Schrittweite auf. Die Enden der radial in Serie und Zick-Zack-förmig geschalteten Formstabpaare 16 ergeben Wicklungssegmente WSa bis WSx, welche auf der Luftspaltseite 5 oder Nutgrundseite 7 (Fig. 1) in der entsprechenden obersten und untersten Lage (Statorjoch zugewandte Lage und Luftspalt zugewandte Lage) zumindest einen verkürzten und einen verlängerten Wickelschritt mit verkürzter Erstreckungsweite 20d bzw. verlängerter Erstreckungsweite 20c aufweisen. Hierbei kann die oberste oder auch die untere Lage den verkürzten Wickelschritt oder vice versa enthalten.

Das Wickelschema zeichnet sich auch dadurch aus, dass bei Umsetzung einer gesehnten Wicklung entsprechend verkürzte Wickelschritte, mit zumindest der Anzahl wie der Bruchlochzahl q vorkommen. Die Bruchlochzahl q ist die Anzahl der Aufnahmenuten pro Phase, pro magnetischem Pol der Wicklung und pro Teilwicklung.

Weiters zeichnet sich das Wickelschema dadurch aus, dass die zu einem parallelen Zweig (Teilwicklung) zugehörigen, in Serie verschalteten, U-förmigen Formstabpaare (Hairpins) bzw. die damit ausgebildeten Strompfade zumindest von einer äußeren (oberste oder unterste) Lage zu der radial gegenüberliegenden innersten (unterste oder oberste) Lage führen – zweckmäßigerweise in der oben erwähnten Zick-Zack Form – dann mit einem verkürzten oder verlängerten Wickelschritt, ohne einem Lagesprung, zum in Umfangsrichtung benachbarten magnetischen Pol führen, um von dort an wiederum, aber gegenläufig, von der äußeren Lage zur gegenüberliegenden Lage zu führen.

- 26 -

Die oben genannte Umsetzung mit U-förmigen Formstabpaaren 16 (Hair-Pins) ist ebenso mit I-förmigen Formstäben (I-Pins) darstellbar bzw. umsetzbar.

Unter einer ungesehnten Wicklung sind in der Regel Wicklungen bzw. Spulen zu verstehen, bei der die Spulenweite, welche auf die Kreisumfangsrichtung 10 des Blechpakets 2 bezogen ist, gleich der Polteilung ist. Unter Polteilung versteht man den Achsabstand zwischen aufeinander folgenden magnetischen Polen. Unter Spulenweite sind die zuvor genannten Erstreckungsweiten 20a und 20b zu verstehen. Demgegenüber ist bei gesehten Wicklungen bzw. Spulen die Spulenweite kleiner (oder auch größer) als die Polteilung.

Fig. 11 zeigt ein weiteres vorteilhaftes Ausführungsbeispiel des Wicklungsschemas. Für vorhergehend bereits beschriebene Teile werden dabei die gleichen Bezugszeichen verwendet und sind die vorhergehenden Beschreibungsteile sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen übertragbar.

Die vorteilhaften technischen Effekte einer Ausführungsform nach Fig. 11 können dabei im Vergleich zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 verdeutlicht werden. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 kann die Spannungsdifferenz ΔU (Delta U) zwischen zwei unmittelbar angrenzenden, also direkt benachbarten Leiterabschnitten La bzw. Lb innerhalb einer Aufnahme mit 4 bis zur vollen Phasen- bzw. Aussenleiterspannung UL1-L2 betragen (Fig. 13 – strichliert dargestellte Pfeile), wenn beispielsweise die Teilwicklungen TWa und TWb elektrisch parallel geschaltet sind und einen Wicklungsstrang einer Statorwicklung 14 in Dreieckschaltung ausbilden, wie dies in Fig. 13 schematisch gezeigt ist. Insbesondere liegt bei der Ausführungsform nach Fig. 2 beispielsweise zwischen den unmittelbar benachbarten Leiterabschnitten La mit der Bezeichnung A1 und B12 in der Aufnahme mit der Nummer 1 (für die Phase U) die gesamte Phasen- bzw. Aussenleiterspannung UL1-L2 an. Gleiches gilt beispielsweise in Bezug auf die direkt aneinander liegenden Leiterabschnitte La mit der Bezeichnung B1 und A12 in der Aufnahme mit der Nummer 3 für die elektrische Phase U, wie dies auch anhand einer Zusammenschau mit Fig. 13 ersichtlich ist (strichliert dargestellte Pfeile). Die Isolationsschicht 9 an den Mantelflächen der Leiterabschnitte La bzw. Lb muss somit für diese relativ hohe elektrische Potentialdifferenz, wie sie bei der Ausführungsform nach Fig. 2 auftritt, ausgelegt sein. Beispielsweise ist eine entsprechend große Dicke der Isolationsschicht 9 – Fig. 1 – an den Mantelflächen der Leiterabschnitte La bzw. Lb vorzusehen.

- 27 -

Demgegenüber kann bei der vorteilhaften Ausführungsform nach Fig. 11 die maximal auftretende Spannungsdifferenz ΔU zwischen unmittelbar benachbarten Leiterabschnitten La bzw. Lb (siehe den oberen Abschnitt von Fig. 11) deutlich reduziert bzw. gesenkt werden. Insbesondere kann bei der Ausführungsform nach Fig. 11, welche analog zu Fig. 2 einen zweipoligen, dreiphasig zu versorgenden Stator 1 mit insgesamt acht Lagen L1-L8 betrifft, die maximal auftretende Spannungsdifferenz ΔU zwischen unmittelbar benachbarten Leiterabschnitten La oder Lb auf etwa ein Drittel (ca. 33%) der Phasen- bzw. Aussenleiterspannung U_{L1-L2} reduziert werden – siehe beispielsweise die unmittelbar benachbarten Leiterabschnitte La bzw. Lb mit der Bezeichnung A1 und B4 in der Aufnahme 4 mit der Nummer 1 (für die Phase U) in Fig. 11 in Zusammenschau mit Fig. 13. Insbesondere können dadurch die physikalischen Belastungen der Isolationsschicht 9 reduziert bzw. die Anforderungen an die elektrotechnischen Isolationseigenschaften der Leiterabschnitte La, Lb vorteilhaft gesenkt werden. Letztendlich ist es dadurch möglich, die Dicke der Isolationsschicht zu reduzieren und in der Folge den Füllfaktor an elektrisch leitfähigem Material in den Aufnahmenuten 4 zu steigern.

Diese vorteilhafte Reduzierung der maximal auftretenden Potentialdifferenz ΔU zwischen unmittelbar benachbarten bzw. spaltfrei aneinander liegenden Leiterabschnitten La bzw. Lb kann dadurch erreicht werden, dass ein Wicklungsanfang 21a der ersten Teilwicklung TWA und ein Wicklungsanfang 21b einer weiteren Teilwicklung TWb, TWc, TWd, welche zur ersten Teilwicklung TWA elektrisch in Serie oder elektrisch parallel schaltbar ist oder geschaltet ist, derart positioniert sind, dass diese Wicklungsanfänge 21a und 21b (Fig. 11, 12) in Aufnahmenuten 4 angeordnet sind, welche derselben Phasenzone Pz angehören. Zu einer Phasenzone Pz zählen dabei jene Aufnahmenuten 4 bzw. all jene darin angeordneten Leiterabschnitte La oder Lb, welche zur selben Phase U, V oder W zugeordnet sind und dem selben Magnetpol bzw. Polabschnitt 19a oder 19b des Stators 1 angehören, und somit im Betriebszustand des Stators 1 gleichsinnig stromdurchflossen sind. Bei den Darstellungen in den Fig. 2 und 9-12 sind die Phasenzone Pz für die Phase U durch die Bereiche bzw. Aufnahmenuten 4 mit Kreuzschraffur ersichtlich.

Zweckmäßig kann es auch sein, wenn ein Wicklungsanfang 21a der ersten Teilwicklung TWA in der radial innersten Lage L1 und ein Wicklungsanfang 21b der weiteren Teilwicklung TWb, welche mit der ersten Teilwicklung TWA elektrisch in Serie oder elektrisch parallel zu

- 28 -

schalten ist, in der radial äußersten Lage L8 positioniert ist, wie dies in den Fig. 11, 12 veranschaulicht ist. Es ist aber auch eine hierzu inverse Zuordnung möglich, bei der Wicklungsanfang 21a der radial äußersten Lage L8 und der Wicklungsanfang 21b der radial innersten Lage L1 der Statorwicklung 14 zugeordnet ist. Demnach sind die Wicklungsanfänge 21a, 21b von
5 zwei elektrisch in Serie oder elektrisch parallel zu schaltenden Teilwicklungen TWa, TWb zum Einen in der radial innersten Lage L1 und zum Anderen in der radial äußersten Lage L8 der Statorwicklung 14 ausgebildet.

Vor allem dann, wenn die Teilwicklungen TWa-TWx der Statorwicklung 14 als ungesehnte
10 Wicklungen ausgeführt sind (Fig. 2, 3, 9, 11, 12), kann es zweckmäßig sein, wenn ein Wicklungsanfang 21a der ersten Teilwicklung TWa und ein Wicklungsanfang 21b einer weiteren Teilwicklung TWb-TWx, welche zur ersten Teilwicklung TWa elektrisch in Serie oder elektrisch parallel schaltbar ist oder geschaltet ist, in derselben Aufnahmenut 4 positioniert
15 bzw. angeordnet sind. Wie aus Fig. 11 beispielsweise ersichtlich ist, sind der Wicklungsanfang 21a der Teilwicklung TWa (A1) und der Wicklungsanfang 21b der Teilwicklung TWb (B1) derart gewählt, dass sie derselben Aufnahmenut 4 zugeordnet sind, beispielsweise der Nut mit der Nummer 1 zugewiesen sind.

Analog zur Systematik bezüglich der Wicklungsanfänge 21a, 21b sind sodann ein Wicklungs-
20 ende 26a (A12) der ersten Teilwicklung TWa und ein Wicklungsende 26b (B12) einer weiteren, seriell oder parallel verbunden Teilwicklung TWb-TWx in derselben, d.h. identischen Aufnahmenut 4 positioniert, wie dies in den Fig. 11 und 12 anhand der Aufnahmenut 4 mit der Nummer 12 (für die Phase U) ersichtlich ist.

In Bezug auf die Ausführungsbeispiele gemäß Fig. 11 und Fig. 12, bei welchen die maximal auftretende Spannungsdifferenz ΔU zwischen unmittelbar benachbarten Leiterabschnitten La bzw. Lb vorteilhaft niedrig ist, ist weiters kennzeichnend, dass in Aufnahmenuten 4 mit dort ausgeführten Wicklungsanfängen 21a, 21b (siehe die Felder A1, B1 bzw. C1, D1), oder mit dort ausgeführten Wicklungsenden 26a, 26b (siehe die Felder A12, B12 bzw. C12, D12) je-
30 weils nur Wicklungsanfänge 21a, 21b (A1, B1; A1, D1; B1, C1) oder jeweils nur Wicklungsenden 26a, 26b (A12, B12; C12, D12) ausgeführt sind. Demnach sind in jenen Aufnahmenuten 4, in welchen Leistungsanschlüsse zur elektrischen Energieversorgung der Statorwicklung 14 vorgesehen sind, entweder nur Wicklungsanfänge 21a, 21b oder nur Wicklungsenden 26a,

26b ausgeführt, wie dies in Fig. 11 und Fig. 12 ersichtlich ist. Insbesondere ist eine gattungsgleiche Sortierung bzw. Gruppierung der Wicklungsanfänge 21a, 21 und der Wicklungsenden 26a, 26b in Bezug auf jeweils genutzte Aufnahmenuten 4 des Blechpakets 2 vorgesehen.

- 5 Fig. 12 zeigt ein Wicklungsschema bzw. eine Ausführungsform eines Stators 1 mit vier Teilwicklungen TWA-TWd und vier Magnetpolen, d.h. 2 Polpaaren. Die vorhergehend beschriebenen strukturellen Maßnahmen bzw. Regeln sind in analoger Weise bei dieser Ausführungsform anwendbar. Auch hierbei sind die jeweiligen Wicklungsanfänge 21b der zumindest einen weiteren Teilwicklung TWb-TWx innerhalb der Phasenzone Pz derart gewählt, dass eine
- 10 deutliche Reduzierung der elektrischen Potentialdifferenzen ΔU zwischen zwei benachbarten Leiterabschnitten innerhalb der jeweiligen Aufnahmenuten 4 auftritt. Diese Reduzierung der Spannungsbelastung der Isolationsschicht 9 kann dabei je nach Wicklungsschema 50%, oder mehr als 50%, insbesondere etwa 66% betragen, wie dies aus Fig. 13 entnehmbar ist.
- 15 Entsprechend einer praktikablen Ausführungsform kann auch eine Mischverwendung von in Fig. 4 beispielhaft gezeigten Hair-Pins und von in Fig. 5 beispielhaft gezeigten I-Pins zum Aufbau der Statorwicklung 14 vorgesehen sein. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der erste und der letzte Leiterabschnitt La, Lb von zumindest einer der Teilwicklungen TWA-TWx, insbesondere von allen Teilwicklungen TWA-TWx der Statorwicklung 14, jeweils
- 20 durch einen I-Pin, insbesondere durch I-förmige Formstäbe, gebildet sind. Hingegen sind alle dazwischen angeordneten Leiterabschnitte La, Lb als elektrisch in Serie geschaltete Hair-Pins, insbesondere als U-förmige Formstabpaare 16, ausgeführt.

- 25 Das vorgestellte Wickelschema bzw. die angegebene Statorwicklung 14 und der damit aufgebaute Stator 1 sind in Zusammenhang mit einem innenliegenden Rotor bzw. Innenläufer-Motor beschrieben und veranschaulicht worden. Diese Wicklungstechnologie kann aber auch für einen innenliegenden Stator und einen außen umlaufenden Rotor (Außenläufer-Motor) angewandt werden.

- 30 Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der

- 30 -

Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenaufstellung

1	Stator	PW	Phasenwicklung
2	Blechpaket	TWa, TWb	Teilwicklungen
3	Längsachse	TWc, TWd	Teilwicklungen
4	Nut	WSa	erstes Wicklungssegment
5	Luftspalt	WSb	zweites Wicklungssegment
6	Zahnkopf	WSc	drittes Wicklungssegment
7	Nutgrund	L	Lagen
8	elektrischer Leiter	La, Lb	Leiterabschnitte
9	Isolationsschicht	VBa, VBb	elektrische Verbindungsab-
10	Umfangsrichtung		schnitte
11	Längsrichtung	VBc, VBc	elektrische Verbindungsab-
12	Radialrichtung		schnitte
13a, 13b	axiale Stirnenden	WAa	erste Wicklungsachse
14	Statorwicklung	WAb	zweite Wicklungsachse
15	Schleifenwicklung	WAc	dritte Wicklungsachse
16	Formstabpaar	Pz	Phasenzone
17a, 17b	Strompfade		
17c	Strompfad		
18a, 18b	Radialrichtungen		
19a, 19b	Polabschnitte		
20a, 20b	erste Erstreckungsweiten		
20c	zweite Erstreckungsweite		
20d	dritte Erstreckungsweite		
21; 21a, 21b	Wicklungsanfang		
22	Wicklungsanfang		
23	Wicklungsende		
24	Wicklungsende		
25	Wicklungsanfang		
26; 26a, 26b	Wicklungsende		
27	Ebene		
28	Umformungsabschnitt		

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Stator (1) für eine elektrische Maschine, umfassend

- ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket (2) mit einem ersten und einem zweiten axialen Stirnende (13a, 13b) und mit mehreren entlang einer Kreisumfangsrichtung (10) des Blechpakets (2) verteilt angeordneten und sich entlang einer Längsachse (3) des Blechpakets (2) erstreckenden Aufnahmenuten (4),

- mehrere durch Formstäbe gebildete elektrische Leiterabschnitte (La, Lb) je Aufnahmenut (4), welche Leiterabschnitte (La, Lb) durch vorbestimmte elektrische Verbindungen eine

Statorwicklung (14) ausbilden, welche Statorwicklung (14) mehrere in radialer Richtung zur Längsachse (3) des Blechpakets (2) unmittelbar benachbarte Lagen (L) aus Leiterabschnitten (La, Lb) aufweist,

- wobei die Statorwicklung (14) zumindest zwei elektrische Teilwicklungen (TWA, TWb, TWc, TWd) pro Phasenwicklung (PW) umfasst, welche Teilwicklungen (TWA, TWb, TWc,

Teilwicklungen (TWA, TWb, TWc, TWd) durch mehrere in Reihe geschaltete Leiterabschnitte (La, Lb) gebildet sind, wobei erste und zweite elektrische Verbindungsabschnitte (VBa, VBb) zwischen elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten (La, Lb) dem ersten und dem zweiten axialen Stirnende (13a, 13b) des Blechpakets (2) zugeordnet sind, und wobei zwei in Reihe geschaltete Leiterabschnitte (La, Lb) ein Formstabpaar (16) definieren,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die zumindest zwei elektrischen Teilwicklungen (TWA, TWb, TWc, TWd) jeweils zumindest durch ein erstes und ein zweites elektrisch in Serie geschaltetes Wicklungssegment

(WSa, WSb) gebildet sind, wobei Leiterabschnitte (La, Lb) des ersten Wicklungssegments

(WSa) mittels den ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten (VBa, VBb) derart elektrisch miteinander verbunden sind, dass ein schraubenlinienförmiger Strompfad (17a) entlang einer ersten Radialrichtung (18a) zur Längsachse (3) des Blechpakets (2) definiert ist und

Leiterabschnitte (La, Lb) des zweiten Wicklungssegments (WSb) mittels den ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitten (VBa, VBb) derart elektrisch miteinander verbunden

sind, dass ein zweiter schraubenlinienförmiger Strompfad (17b) entlang einer entgegengesetzten, zweiten Radialrichtung (18b) zur Längsachse (3) des Blechpakets (2) definiert ist.

- 33 -

2. Stator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vom ersten und zweiten Wicklungssegment (WSa und WSb) zwei in Kreisumfangsrichtung (10) des Blechpakets (2) unmittelbar aufeinanderfolgende magnetische Polabschnitte (19a, 19b) überspannt werden.

5 3. Stator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Wicklungssegment (WSa) und das zweite Wicklungssegment (WSb) in Bezug auf ihre schraubenlinienförmigen Strompfade (17a, 17b) jeweils unmittelbar aufeinanderfolgende Leiterabschnitte (La, Lb) aufweisen, welche unmittelbar aufeinanderfolgenden Leiterabschnitte (La, Lb) jeweils um einen Lagensprung mit einem Sprungweitenbetrag „Eins“ in radialer Richtung zur
10 Längsachse (3) des Blechpakets (2) zueinander versetzt angeordnet sind.

4. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung von ungeschnittenen Teilwicklungen (TWa, TWb, TWc, TWd) die ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitte (VBa, VBb) je Wicklungssegment (WSa, WSb)
15 identische erste Erstreckungsweiten (20a, 20b) zwischen in Kreisumfangsrichtung (10) voneinander beabstandeten, elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten (La, Lb) aufweisen.

5. Stator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur elektrischen Verbindung zwischen dem ersten Wicklungssegment (WSa) und dem zweiten Wicklungssegment
20 (WSb) ein dritter elektrischer Verbindungsabschnitt (VBc) ausgebildet ist, welcher dritte elektrische Verbindungsabschnitt (VBc) im Vergleich zum ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitt (VBa, VBb) eine größere oder kleinere zweite Erstreckungsweite (20c) aufweist.

25 6. Stator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung von geschnittenen Teilwicklungen (TWa, TWb, TWc, TWd) erste und zweite elektrische Verbindungsabschnitte (VBa, VBb) in jedem ihrer Wicklungssegmente (WSa, WSb) zueinander unterschiedliche erste Erstreckungsweiten (20a und 20b) zwischen in Kreisumfangsrichtung (10) voneinander beabstandeten, elektrisch in Reihe geschalteten Leiterabschnitten (La,
30 Lb) aufweisen.

7. Stator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl an verkürzten oder verlängerten zweiten Verbindungsabschnitten (VBb) in jeder der Teilwicklungen (TWa,

- 34 -

TWb, TWc, TWd), welche verkürzten oder verlängerten zweiten Verbindungsabschnitte (VBb) im Vergleich zu den ersten Verbindungsabschnitten (VBa) kürzer oder länger ausgebildet sind, identisch zur Bruchlochzahl q des Stators (1) ist, insbesondere identisch ist zur Anzahl der Aufnahmenuten (4) pro magnetischem Polabschnitt (19a oder 19b), pro Phasenwicklung (PW) und pro Teilwicklung (TWa, TWb, TWc, TWd).

8. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein drittes Wicklungssegment (WSc) vorgesehen ist, welches elektrisch in Serie mit dem zweiten Wicklungssegment (WSb) geschaltet ist und dem ersten Wicklungssegment (WSa) zum überwiegenden Teil überlagert ist, insbesondere indem eine dritte Wicklungsachse (WAc) des dritten Wicklungssegments (WSc) um wenigstens eine bis maximal sechs in Kreisumfangsrichtung (10) des Blechpakets (2) unmittelbar aufeinanderfolgende Aufnahmenuten (4) gegenüber einer ersten Wicklungsachse (WAa) des ersten Wicklungssegments (WSa) seitenversetzt ist.

9. Stator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur elektrischen Verbindung zwischen dem zweiten Wicklungssegment (WSb) und dem dritten Wicklungssegment (WSc) ein vierter elektrischer Verbindungsabschnitt (VBd) ausgebildet ist, welcher vierte elektrische Verbindungsabschnitt (VBd) im Vergleich zum ersten und zweiten elektrischen Verbindungsabschnitt (VBa, VBb) eine kleinere oder größere dritte Erstreckungsweite (20d) aufweist.

10. Stator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein verkürzter oder vergrößerter vierter elektrischer Verbindungsabschnitt (VBd) ausschließlich bei einer ganzzahligen Bruchlochzahl q größer Zwei ausgebildet ist.

11. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Wicklungssegmente (WSa, WSb, WSc) identisch ist zur Bruchlochzahl q des Stators (1), insbesondere identisch ist zur Anzahl der Aufnahmenuten (4) pro magnetischem Polabschnitt (19a oder 19b), pro Phasenwicklung (PW) und pro Teilwicklung (TWa, TWb, TWc, TWd).

12. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der vom ersten Wicklungssegment (WSa) definierte Strompfad (17a) entweder (i) ausgehend von der radial innersten Lage (L1) von Leiterabschnitten (La, Lb) zur radial äußersten Lage (L8) von Leiterabschnitten (La, Lb) führt, oder vice versa (ii) ausgehend von der radial äußersten Lage (L8) von Leiterabschnitten (La, Lb) zur radial innersten Lage (L1) von Leiterabschnitten (La, Lb) führt, anschließend ohne einen Versatz in der Lage (L), insbesondere ohne Lagensprung bzw. ohne einen Wechsel in der Lage (L), mittels einem dritten elektrischen Verbindungsabschnitt (VBc) zum zweiten Wicklungssegment (WSb) geführt ist, und dass der Strompfad (17b) im zweiten Wicklungssegment (WSb) entweder (i) ausgehend von der radial äußersten Lage (L8) von Leiterabschnitten (La, Lb) zur radial innersten Lage (L1) von Leiterabschnitten (La, Lb) geführt ist, oder vice versa (ii) ausgehend von der radial innersten Lage (L1) von Leiterabschnitten (La, Lb) zur radial äußersten Lage (L8) von Leiterabschnitten (La, Lb) geführt ist.

13. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils zwei in den elektrischen Strompfaden (17a, 17b) unmittelbar aufeinanderfolgende Leiterabschnitte (La, Lb) und jeweils ein diese Leiterabschnitte elektrisch jeweils verbindender erster Verbindungsabschnitt (VBa) einteilig ausgebildet sind, insbesondere durch einen sogenannten Hair-Pin gebildet sind.

14. Stator nach einem Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Verbindungsabschnitt (VBa) in dessen mittleren Abschnitt in Bezug auf eine senkrecht zur Längsmittelachse (2) des Blechpakets (3) verlaufende Ebene (27) einen im wesentlichen S- oder Z-förmigen Umformungsabschnitt (28) aufweist.

15. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Aufnahmenuten (4) des Blechpakets (2) durch Leiterabschnitte (La, Lb) aus genau zwei parallel angeordneten Teilwicklungen (TWA, TWb; TWc, TWd) in Bezug auf die Radialrichtung zur Längsachse (3) des Blechpakets (2) vollständig ausgefüllt ist.

16. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Wicklungssegment (WSa) und das zweite Wicklungssegment (WSb) ausgehend von

deren jeweiligen Wicklungsanfängen (21, 22) in Richtung zu deren jeweiligen Wicklungsenden (23, 24) jeweils gleichsinnig gewickelt, beispielsweise jeweils rechtsdrehend gewickelt sind.

17. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sämtliche Wicklungssegmente (WSa, WSb, WSc) einer mehrfach segmentierten Teilwicklung (TWa, TWb, TWc, TWc) elektrisch in Serie geschaltet sind und ausgehend von deren jeweiligen Wicklungsanfängen (21, 22, 25) in Richtung zu deren jeweiligen Wicklungsenden (23, 24, 26) jeweils gleichsinnig gewickelt, beispielsweise jeweils rechtsdrehend gewickelt sind.

10 18. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
ein Wicklungsanfang (21a) der ersten Teilwicklung (TWa) und ein Wicklungsanfang (21b)
einer weiteren Teilwicklung (TWb, TWc, TWd), welche zur ersten Teilwicklung (TWa)
elektrisch in Serie oder elektrisch parallel geschaltet ist oder schaltbar ist, derart positioniert
15 sind, dass deren Wicklungsanfänge (21a, 21b) in Aufnahmenuten (4) angeordnet sind, welche
derselben Phasenzone (Pz) angehören.

19. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
ein Wicklungsanfang (21a) der ersten Teilwicklung (TWa) und ein Wicklungsanfang (21b)
20 einer weiteren Teilwicklung (TWb, TWc, TWd), welche zur ersten Teilwicklung (TWa)
elektrisch in Serie oder elektrisch parallel geschaltet ist oder schaltbar ist, in derselben Auf-
nahmenut (4) positioniert sind.

20. Stator nach zumindest einem der Ansprüche 18, 19, dadurch gekennzeichnet, dass
25 in Bezug auf Aufnahmenuten (4) mit dort ausgeführten Wicklungsanfängen (21a, 21b; A1, B1, C1, D1) oder dort ausgeführten Wicklungsenden (26a, 26b; A12, B12, C12, D12) jeweils nur Wicklungsanfänge (21a, 21b; A1, B1; A1, D1; B1, C1) oder jeweils nur Wicklungsenden (26a, 26b; A12, B12; C12, D12) ausgeführt sind.

21. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der letzte Leiterabschnitt (La, Lb) von zumindest einer der Teilwicklungen (TWA, TWB, TWC, TWD) jeweils durch einen I-Pin, insbesondere durch I-förmige Formstäbe,

- 37 -

gebildet ist und alle dazwischen angeordneten Leiterabschnitte (La, Lb) als elektrisch in Serie geschaltete Hair-Pins, insbesondere als U-förmige Formstabpaare (16), ausgeführt sind.

22. Elektrische Maschine, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Stator nach einem
5 der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

10

15

20

25

30

1/11

Fig.1

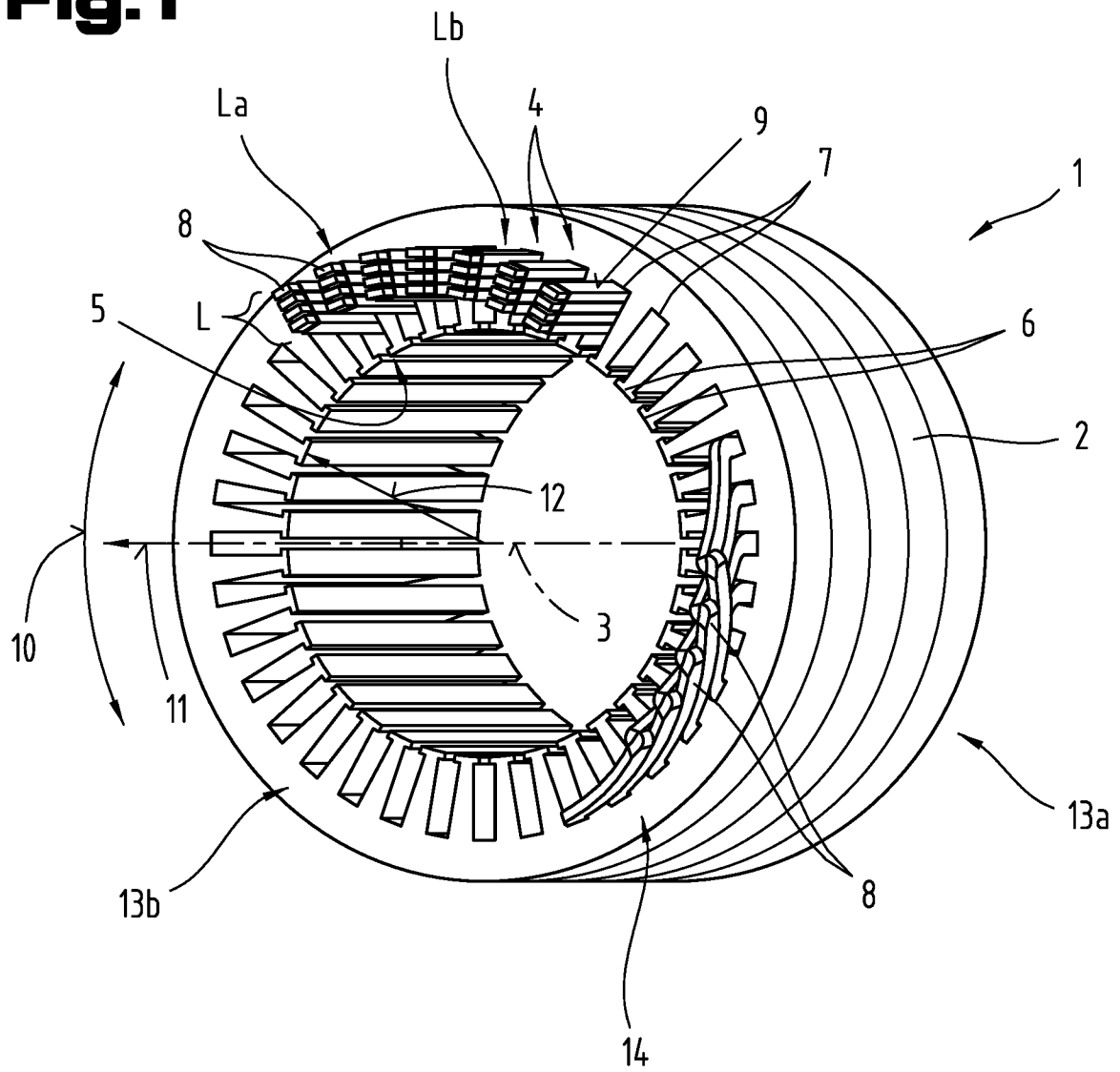
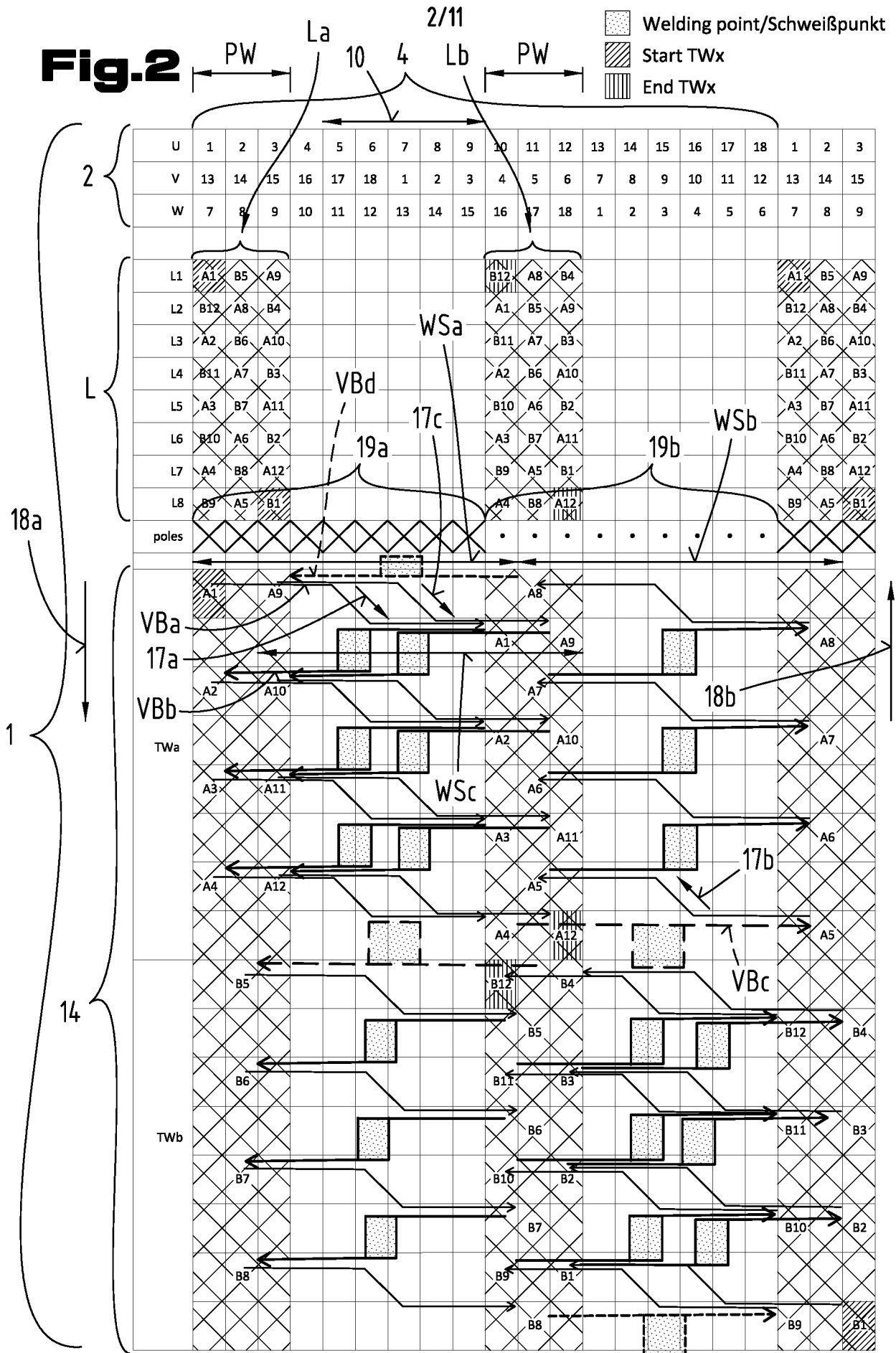


Fig.2



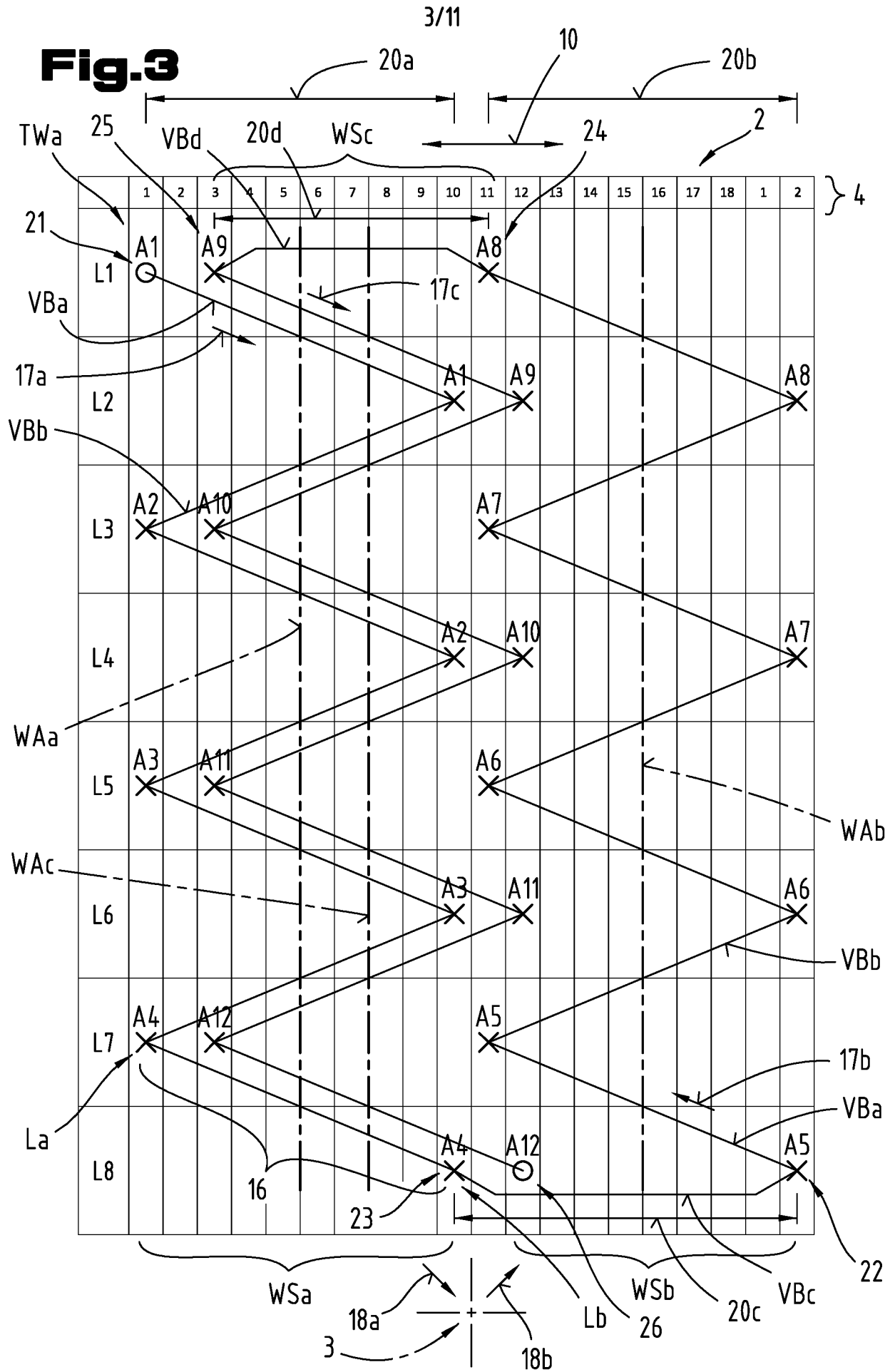


Fig.4a

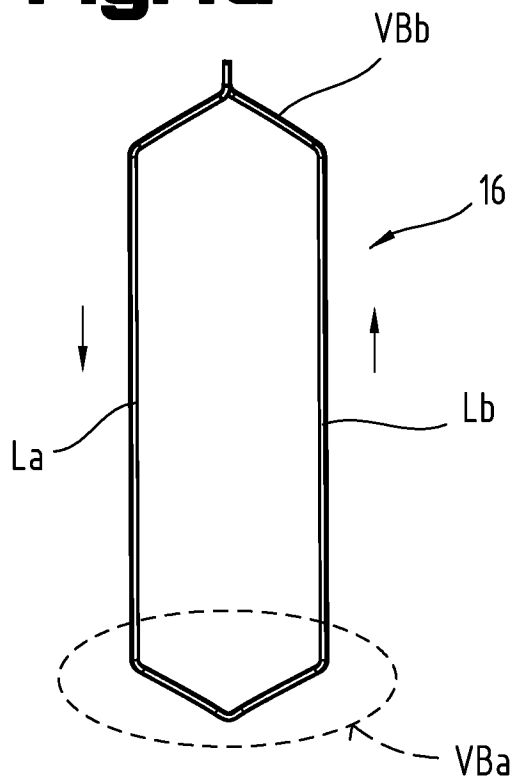


Fig.4b

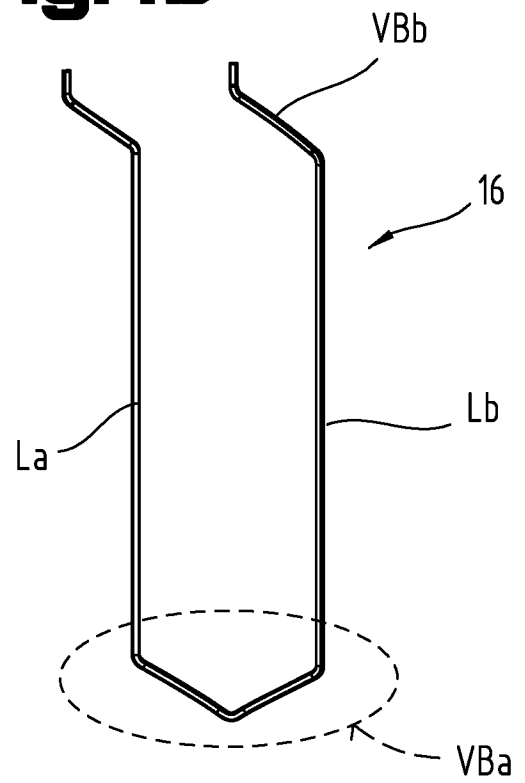


Fig.5

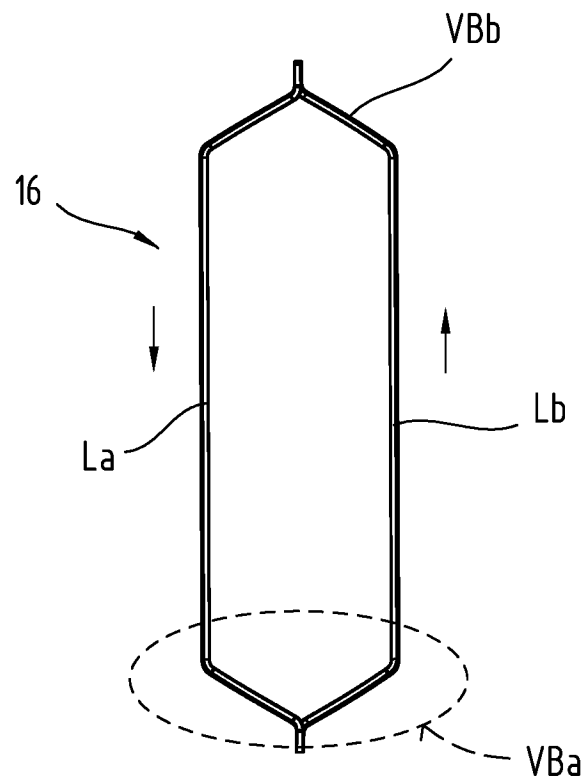


Fig.6

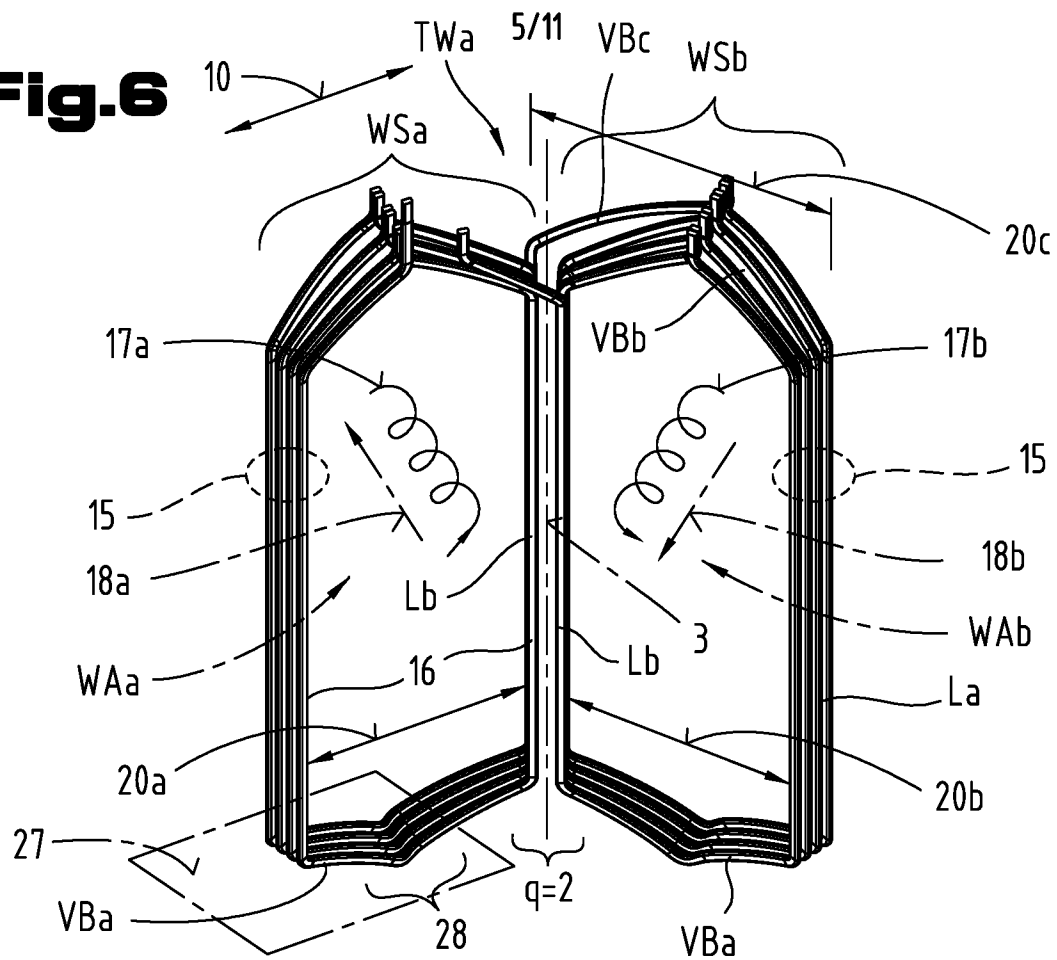


Fig.7

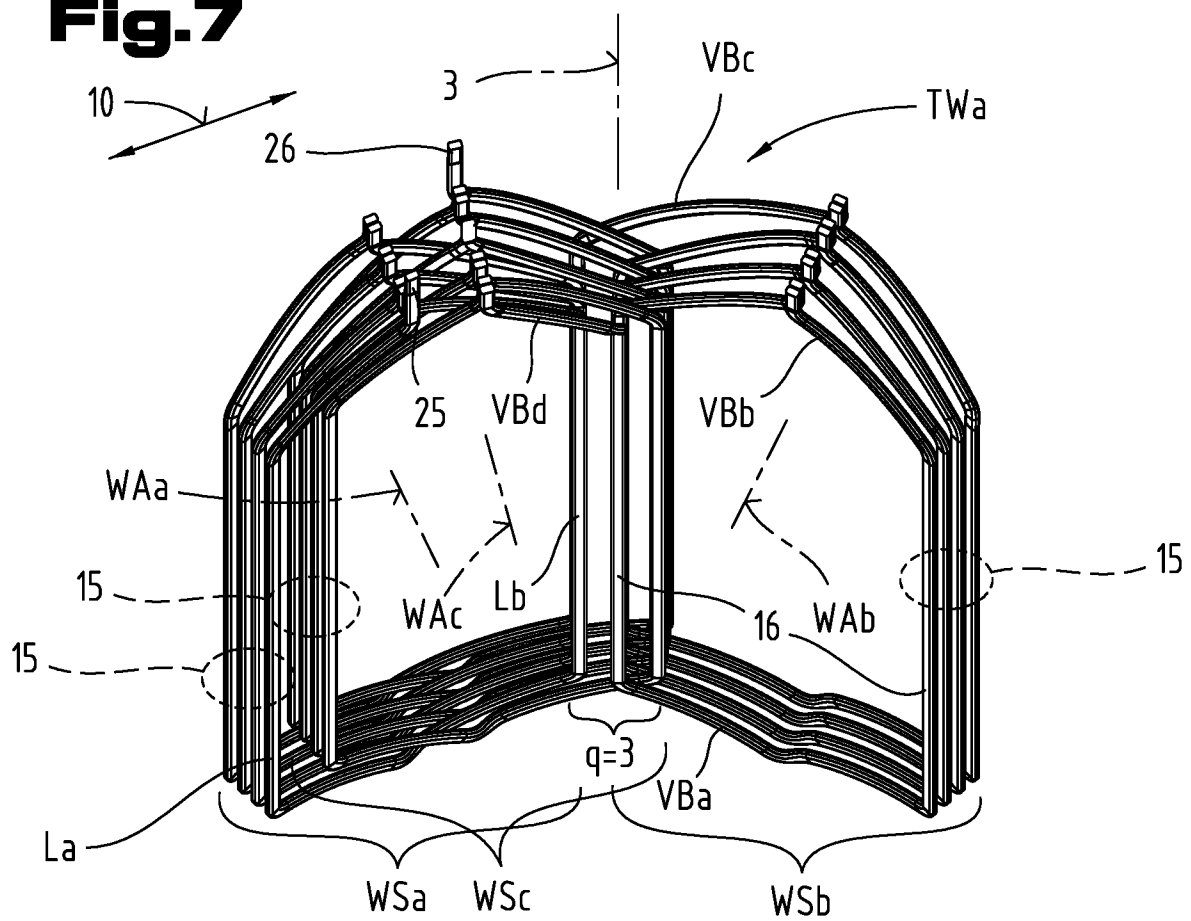
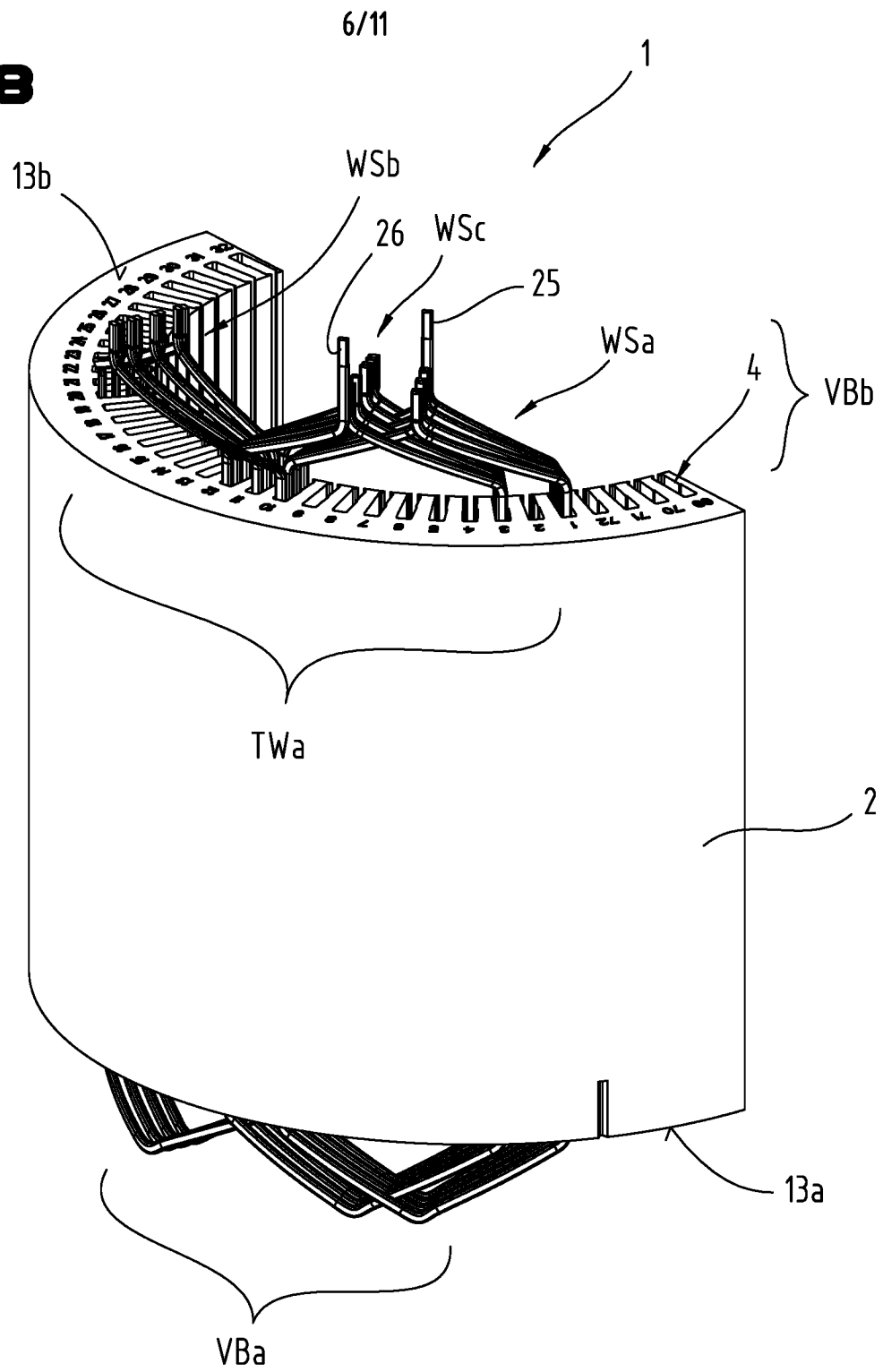


Fig.8



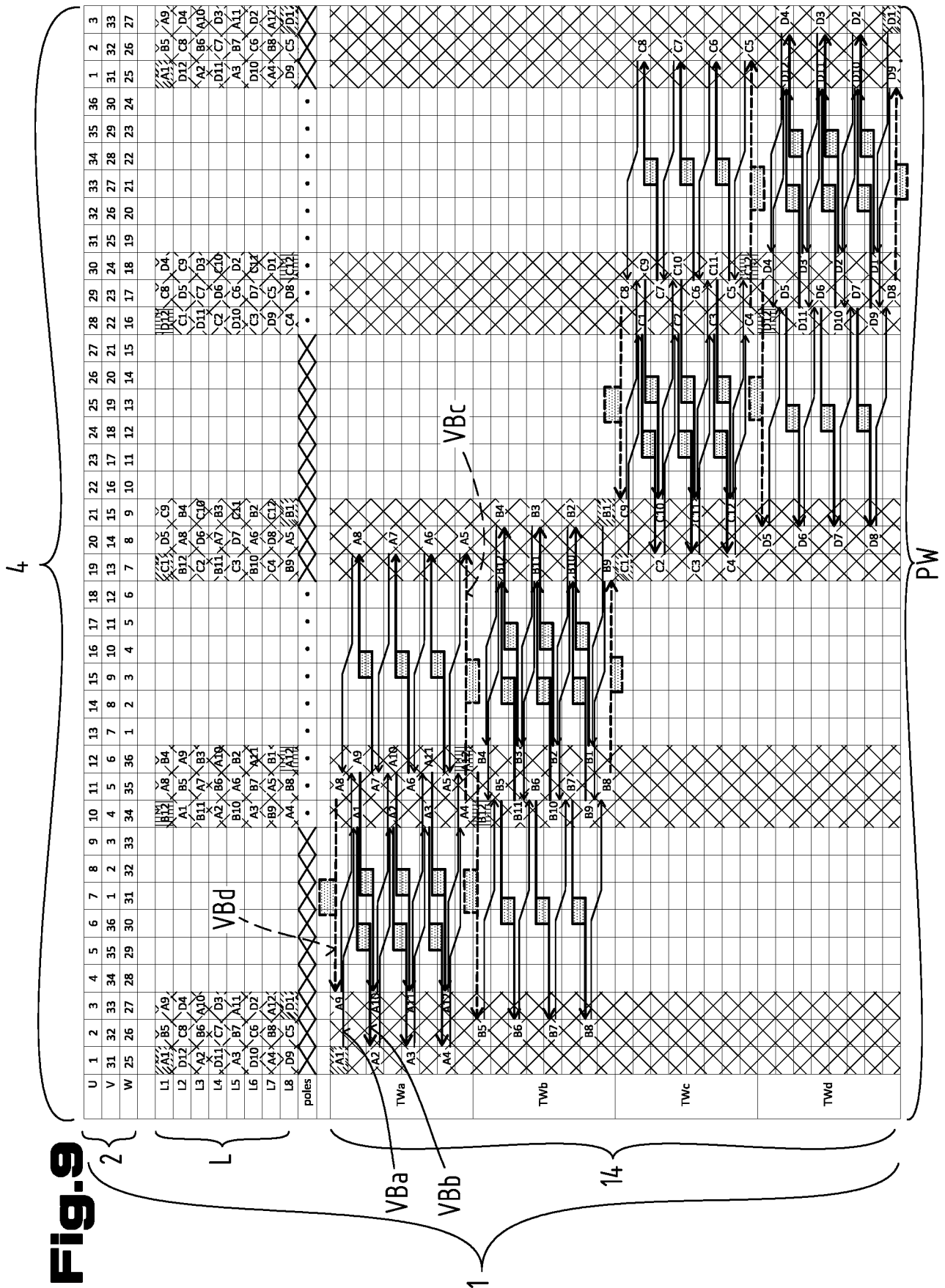


Fig. 10

4

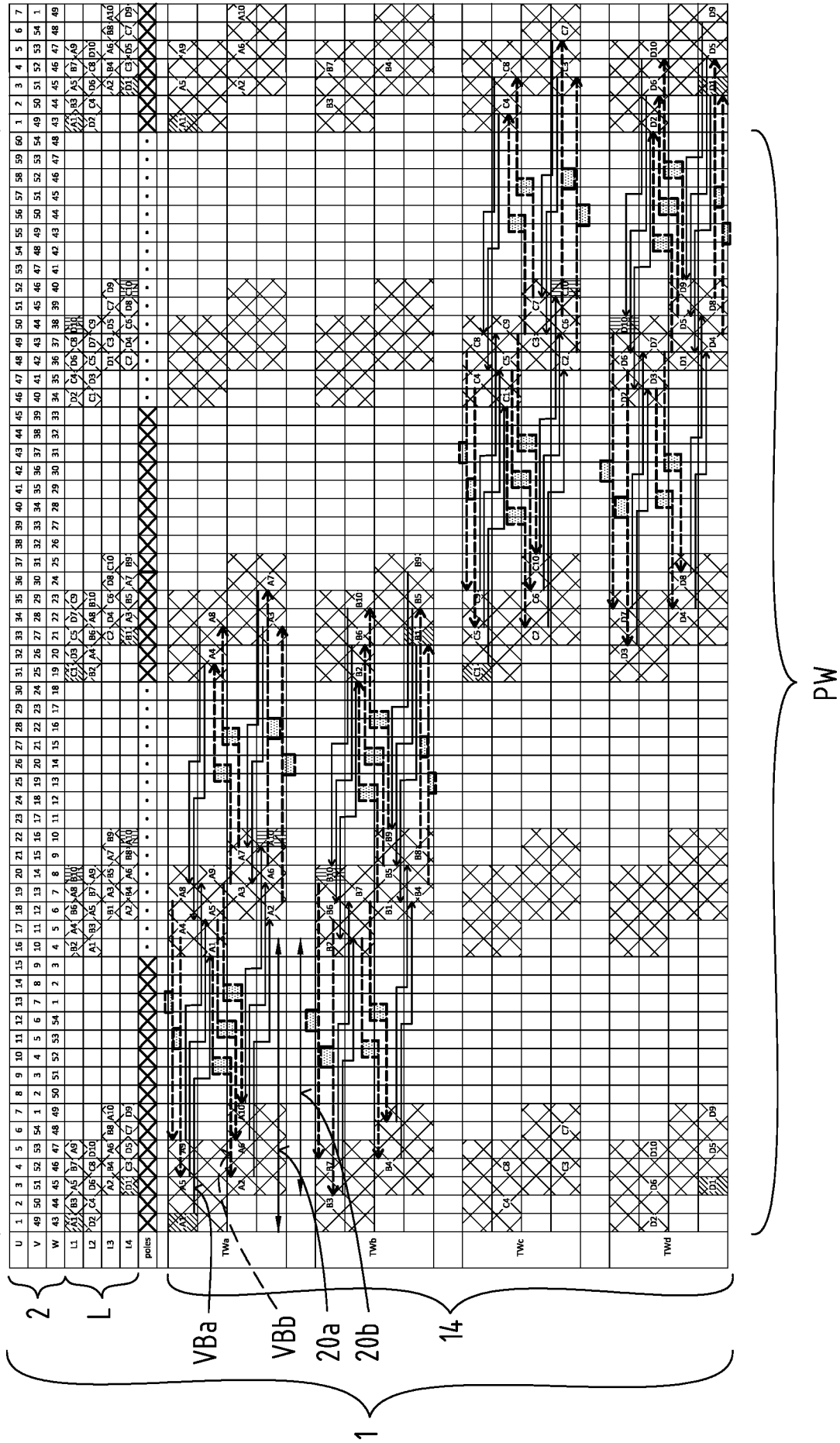
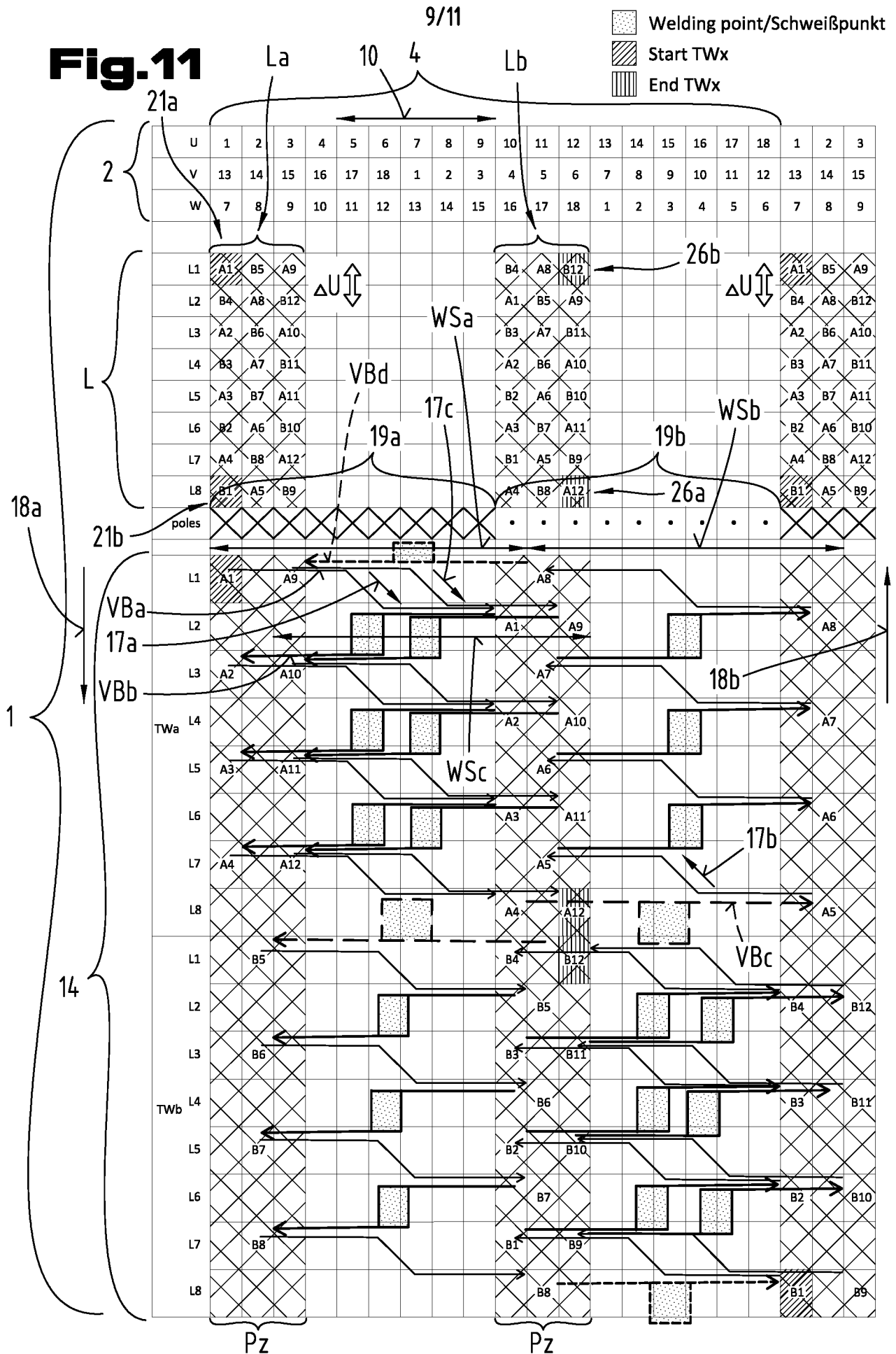


Fig.11



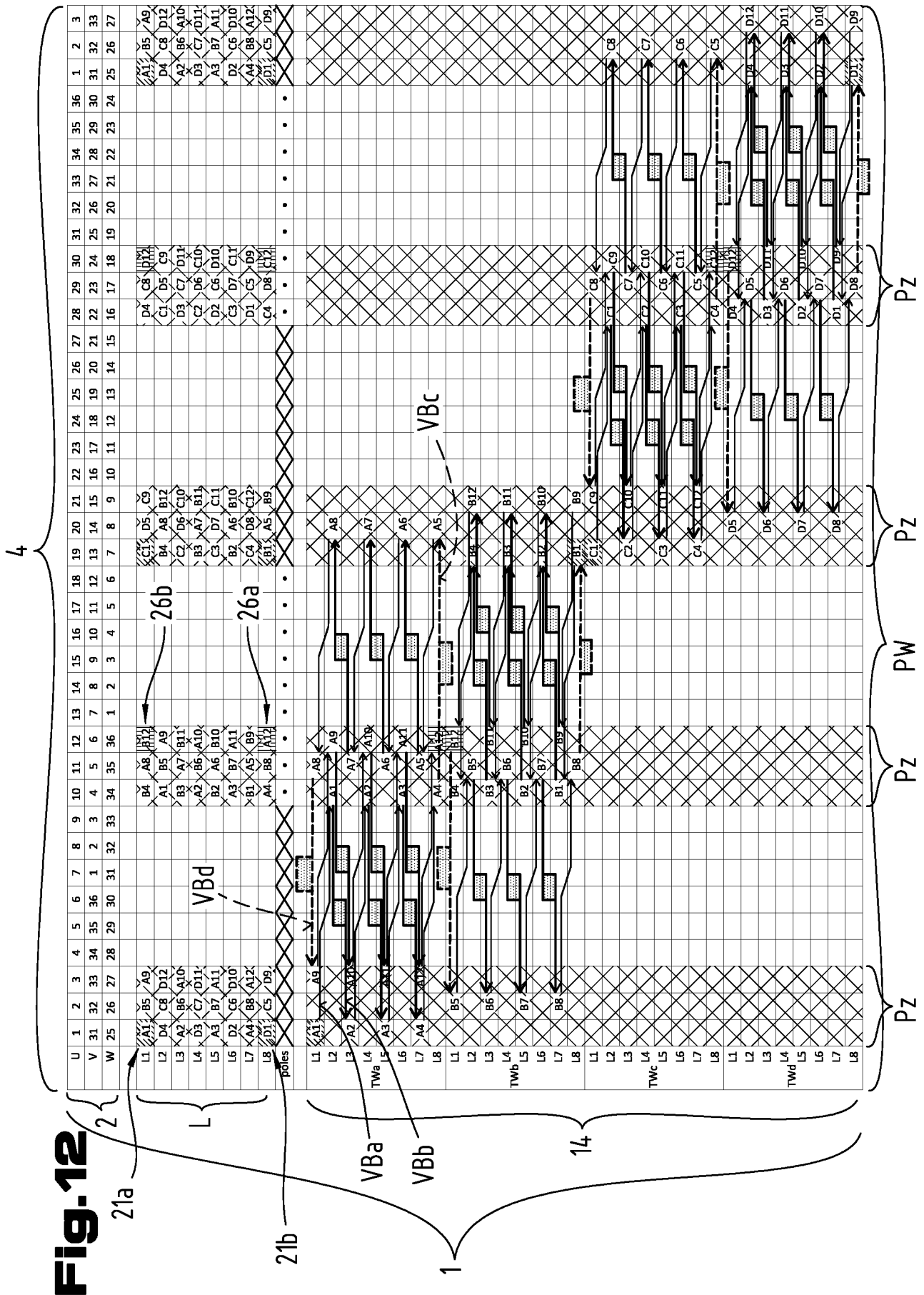
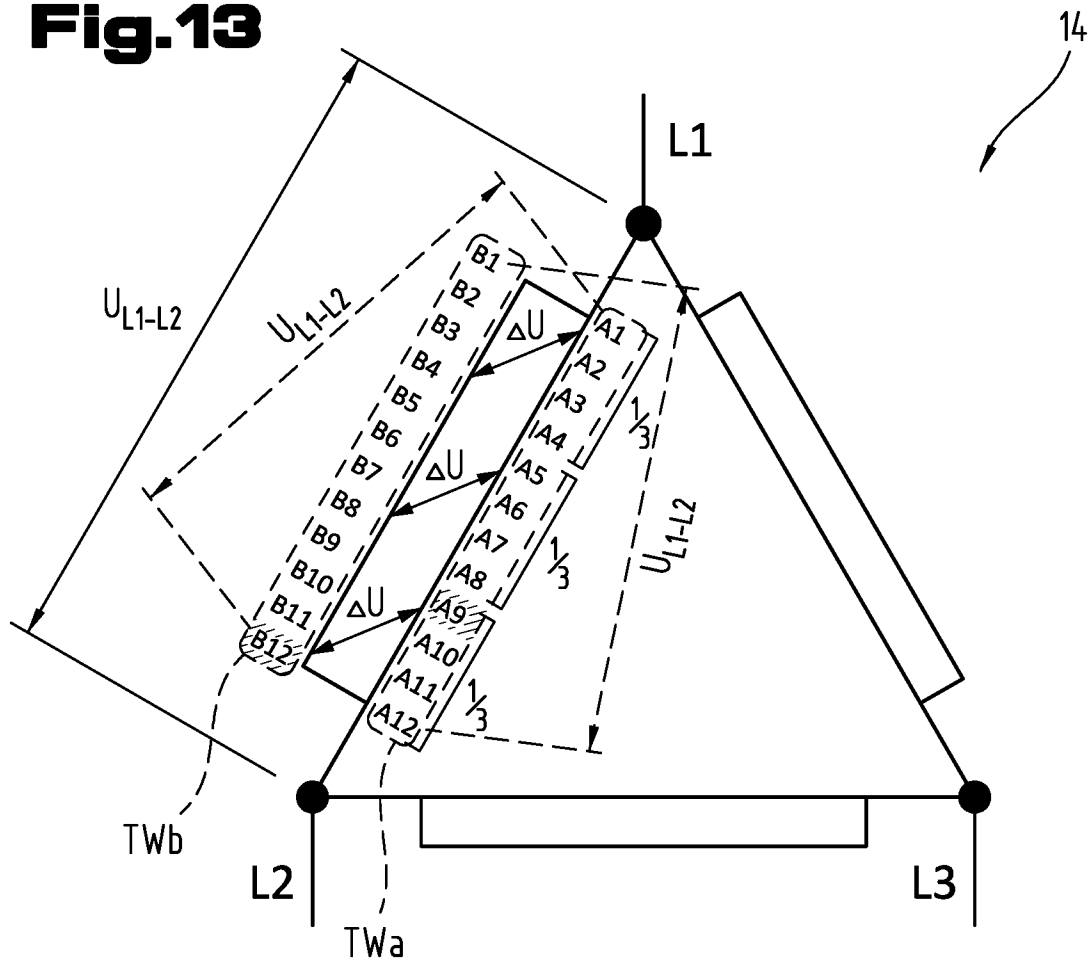


Fig.13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2019/060275

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 3/28**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2014217136 A (TOYOTA MOTOR CORP) 17 November 2014 (2014-11-17) figures 1-10, 13	1-5,8-20,22 6,7,21
X	US 2012161569 A1 (HISADA TOMOKAZU [JP]) 28 June 2012 (2012-06-28) figures 4-6	1-5,8,11-19,22
Y	US 2015061470 A1 (SEKIYAMA YOUSUKE [JP]) 05 March 2015 (2015-03-05) figure 6	21
Y	Heinrich Sequenz. "III. Spannungsvieleck und Wicklungsfaktoren" In: Die Wicklungen elektrischer Maschinen in vier Bänden, Erster Band: Wechselstrom- Ankerwicklungen, Wien, : Springer Verlag, pages 99-185, 01 January 1950 (1950-01-01), XP055649748 pages 124,136	6,7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 December 2019

Date of mailing of the international search report

16 December 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Fromm, Udo

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/AT2019/060275

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	2014217136	A	17 November 2014	NONE		
US	2012161569	A1	28 June 2012	JP	5541585 B2	09 July 2014
				JP	2013063007 A	04 April 2013
				US	2012161569 A1	28 June 2012
US	2015061470	A1	05 March 2015	CN	104426272 A	18 March 2015
				DE	102014112189 A1	05 March 2015
				JP	5807792 B2	10 November 2015
				JP	2015050887 A	16 March 2015
				US	2015061470 A1	05 March 2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K3/28
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2014 217136 A (TOYOTA MOTOR CORP) 17. November 2014 (2014-11-17)	1-5, 8-20,22
Y	Abbildungen 1-10, 13 -----	6,7,21
X	US 2012/161569 A1 (HISADA TOMOKAZU [JP]) 28. Juni 2012 (2012-06-28)	1-5,8, 11-19,22
Y	Abbildungen 4-6 ----- US 2015/061470 A1 (SEKIYAMA YOUSUKE [JP]) 5. März 2015 (2015-03-05)	21
	Abbildung 6 ----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. Dezember 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/12/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fromm, Udo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	Heinrich Sequenz: "III. Spannungsvieleck und Wicklungsfaktoren" In: "Die Wicklungen elektrischer Maschinen in vier Bänden, Erster Band: Wechselstrom-Ankerwicklungen", 1. Januar 1950 (1950-01-01), Springer Verlag, Wien, XP055649748, Seiten 99-185, Seiten 124,136 -----	6,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2019/060275

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2014217136 A	17-11-2014	KEINE	
US 2012161569 A1	28-06-2012	JP 5541585 B2	09-07-2014
		JP 2013063007 A	04-04-2013
		US 2012161569 A1	28-06-2012
US 2015061470 A1	05-03-2015	CN 104426272 A	18-03-2015
		DE 102014112189 A1	05-03-2015
		JP 5807792 B2	10-11-2015
		JP 2015050887 A	16-03-2015
		US 2015061470 A1	05-03-2015