

(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
24. Juni 2010 (24.06.2010)

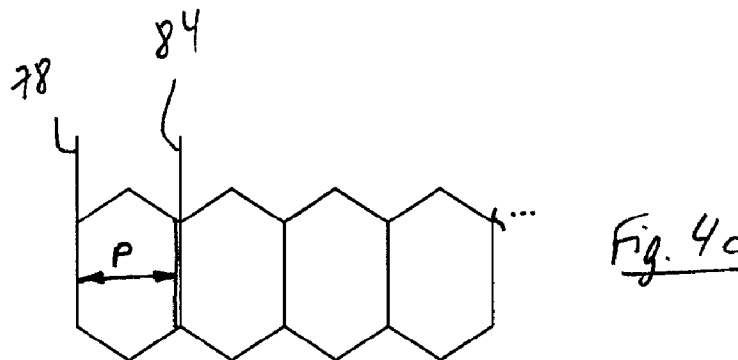
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/070148 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2009/067696
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
21. Dezember 2009 (21.12.2009)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2008 054 999.1
19. Dezember 2008 (19.12.2008) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** HERBOLD, Klaus [DE/DE]; Bottwarstr. 10, 71679 Asperg (DE). WEBER, Gerlinde [DE/DE]; Voegtleinweg 3, 70771 Leinfelden-Echterdingen (DE). SCHWARZKOPF, Christoph [DE/DE]; Uhlandstrasse 3, 74399 Walheim (DE). KREUZER, Helmut [DE/DE]; Hermann-Essig-Str. 94, 71701 Schwieberdingen (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING A DISTRIBUTED LAP WINDING FOR POLYPHASE SYSTEMS

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VERTEILTEN SCHLEIFENWICKLUNG FÜR MEHRPHASIGE SYSTEME



(57) **Abstract:** Method for producing a distributed lap winding for polyphase systems, in particular for alternators, wherein, in a first step, a chain of laps (60) is formed with a linking direction (R), characterized in that, in a further step, at least one lap (60) is rotated with its lap sides (66) at right angles to the linking direction (R) such that at least one lap side (66) of one lap (60) is arranged alongside at least one lap side (66) of another lap (60) such that the at least one lap side (66) of one lap (60) and the at least one lap side (66) of another lap (60) are arranged at a position which corresponds to a slot position.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren zur Herstellung einer verteilten Schleifenwicklung für mehrphasige Systeme, insbesondere für Wechselstromgeneratoren, wobei in einem ersten Schritt eine Kette aus Schleifen (60) mit einer Verkettungsrichtung (R) gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt mindestens eine Schleife (60) mit ihren Schleifenseiten (66) so senkrecht zur Verkettungsrichtung (R) gedreht wird, dass zumindest eine Schleifenseite (66) der einen Schleife (60) so neben zumindest einer Schleifenseite (66) einer anderen Schleife (60) angeordnet ist, dass die zumindest eine Schleifenseite (66) der einen Schleife (60) und die zumindest eine Schleifenseite (66) einer anderen Schleife (60) an einer Position angeordnet sind, die eine Nutposition entspricht.



WO 2010/070148 A2

Verfahren zur Herstellung einer verteilten Schleifenwicklung für mehrphasige Systeme

Stand der Technik

Aus der internationalen Veröffentlichung WO 01/54254 A1 ist ein Ständerkern für eine elektrische Maschine bekannt, der in der sogenannten Flachpaket-Technik hergestellt wird. Bei diesem Verfahren werden einzelne streifenförmige Lamellen deckungsgleich aufeinander gestapelt. Es wird dadurch ein etwa quaderförmiges, im Wesentlichen flaches Ständereisen gebildet, das auf einer Seite kammartig die elektromagnetisch wirksamen Nuten und Zähne aufweist, die für die Wechselwirkung mit einem Läufer vorgesehen sind. In dieses kammartige Ständereisen wird eine separat vorbereitete flache Wicklung eingesetzt. Diese Flachpaketwicklung lässt sich als einfache oder verteilte Schleifen- oder Wellenwicklung ausführen.

Der Zusammenbau aus Ständereisen mit Wicklung wird anschließend in einer Vorrichtung zu einem kreisringförmigen Ständer rund gebogen. Dabei werden gegebenenfalls vorhandene Wicklungsüberhänge, welche beim Einlegen der Wicklung in das Ständereisen zunächst nicht in Nuten angeordnet sind, in die entsprechende Nut eingefügt. Die sich nach dem Rundbiegen gegenüberliegenden Stirnseiten des Ständereisens werden verbunden, beispielsweise durch einen Schweißvorgang. Die beschriebene Vorgehensweise wird in der Regel für dreiphasige Generatoren eingesetzt und kommt in einer aktuellen Generator-Generation zum Einsatz.

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 1 494 337 A2 ist ein Verfahren zum Herstellen einer zweischichtigen Schleifenwicklungen für mehrphasige elektrische Maschinen aus einem Drahtbündel bekannt, wobei das Drahtbündel auf einen Wickelbalken gewickelt wird, indem in einem ersten Schritt eine erste Schleife einer ersten Phasenwicklung gewickelt und nachfolgend ein Schleifenverbinder der ersten Phasenwicklung in eine erste Richtung gelegt und

in einem weiteren Schritt eine Schleife einer weiteren Phasenwicklung über den Schleifenverbinder gewickelt wird.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Methode zur Herstellung einer durchgängig gewickelten verteilten Schleifenwicklung für mehrphasige Systeme zu beschreiben. Die verteilte Schleifenwicklung ist durchgängig gewickelt und wird insbesondere für einen Flachpaket-Ständer eingesetzt. (siehe internationalen Veröffentlichung WO 01/54254 A1)

Offenbarung der Erfindung

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand der Figuren erläutert.

Die Figuren zeigen in

Figur 1 einen Längsschnitt durch eine elektrische Maschine,

Figur 2a und 2b ein Wickelschema einer verteilten Schleifenwicklung vor und nach einem Klappvorgang,

Figur 2b und 2d schematische Seitenansichten der Schleifenwicklung aus Figur 2a und 2b mit nebeneinandergelegten Schleifenseiten,

Figur 2e und 2f schematische Seitenansichten der Schleifenwicklung aus Figur 2a und 2b in eine Variante mit übereinandergelegten Schleifenseiten,

Figur 3a und 3b die Wicklung aus Figur 2d in einem noch flachen Ständereisen und in rundgebogenem Zustand,

Figur 3c und 3d die Wicklung aus Figur 2f in einem noch flachen Ständereisen und in rundgebogenem Zustand,

Figur 4a und 4b ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Wicklung in Drauf- und Seitenansicht vor dem Klappen,

Figur 4c und 4d die Wicklung aus Figur 4 a und 4b nach dem Klappen,

Figur 5 eine erste schematische Seitenansicht einer Schleifenwicklung mit vier Schleifen während eines Klappvorgangs nach einer ersten Variante,

Figur 6 eine zweite schematische Seitenansicht einer Schleifenwicklung mit vier Schleifen während eines Klappvorgangs nach einer ersten Variante,

Figur 7 eine dritte schematische Seitenansicht einer Schleifenwicklung mit vier Schleifen während eines Klappvorgangs nach einer ersten Variante,

Figur 8 eine vierte schematische Seitenansicht einer Schleifenwicklung mit vier Schleifen während eines Klappvorgangs nach einer ersten Variante,

Figur 9a bis 9c eine Drauf- und zwei Seitenansichten einer Schleifenwicklung mit vier Schleifen (Figur 6). Die zwei Seitenansichten zeigen zwei verschiedene Anordnungen der Schleifenseiten,

Figur 10 eine Drauf- und zwei Seitenansichten einer Schleifenwicklung mit vier Schleifen (Figur 7). Die zwei Seitenansichten zeigen zwei verschiedene Anordnungen der Schleifenseiten,

Figur 11 eine Drauf- und zwei Seitenansichten einer Schleifenwicklung mit vier Schleifen (Figur 8). Die zwei Seitenansichten zeigen zwei verschiedene Anordnungen der Schleifenseiten,

Figur 12 und Figur 13 zeigen ausschnittsweise Seitenansichten der Wicklungen.

Beschreibung

In Figur 1 ist ein Querschnitt durch eine elektrische Maschine 10, hier in der Ausführung als Generator bzw. Wechsel-, insbesondere Drehstromgenerator für Kraftfahrzeuge, dargestellt. Diese elektrische Maschine 10 weist u. a. ein zweiteiliges Gehäuse 13 auf, das aus einem ersten Lagerschild 13.1 und einem zweiten Lagerschild 13.2 besteht. Das Lagerschild 13.1 und das Lagerschild 13.2 nehmen in sich einen sogenannten Stator 16 auf, der einerseits aus einem im Wesentlichen kreisringförmigen Ständerisen 17 besteht, und in dessen nach radial innen gerichtete, sich axial erstreckende Nuten eine Ständerwicklung 18 eingelegt ist. Dieser ringförmige Stator 16 umgibt mit seiner radial nach innen gerichteten genuteten Oberfläche einen Rotor 20, der als Klauenpolläufer ausgebildet ist. Der Rotor 20 besteht u.a. aus zwei Klauenpolplatten 22 und 23, an deren Außenumfang jeweils sich in axialer Richtung erstreckende Klauenpolfinger 24 und 25 angeordnet sind. Beide Klauenpolplatten 22 und 23 sind im Rotor 20 derart angeordnet, dass deren sich in axialer Richtung erstreckende Klauenpolfinger 24 bzw. 25 am Umfang des Rotors 20 einander abwechseln. Es ergeben sich dadurch magnetisch erforderliche Zwischenräume zwischen den gegensinnig magnetisierten Klauenpolfingern 24 und 25, die als Klauenpolzwischenräume bezeichnet werden. Der Rotor 20 ist mittels einer Welle 27 und je einem auf je einer Rotorseite befindlichen Wälzlager 28 in den jeweiligen Lagerschilden 13.1 bzw. 13.2 drehbar gelagert.

Der Rotor 20 weist insgesamt zwei axiale Stirnflächen auf, an denen jeweils ein Lüfter 30 befestigt ist. Dieser Lüfter 30 besteht im Wesentlichen aus einem plattenförmigen bzw. scheibenförmigen Abschnitt, von dem Lüfterschaukeln in

bekannter Weise ausgehen. Diese Lüfter 30 dienen dazu, über Öffnungen 40 in den Lagerschilden 13.1 und 13.2 einen Luftaustausch zwischen der Außenseite der elektrischen Maschine 10 und dem Innenraum der elektrischen Maschine 10 zu ermöglichen. Dazu sind die Öffnungen 40 im Wesentlichen an den axialen Enden der Lagerschilde 13.1 und 13.2 vorgesehen, über die mittels der Lüfter 30 Kühlluft in den Innenraum der elektrischen Maschine 10 eingesaugt wird. Diese Kühlluft wird durch die Rotation der Lüfter 30 nach radial außen beschleunigt, so dass diese durch den kühlluftdurchlässigen Wicklungsüberhang 45 hindurchtreten kann. Durch diesen Effekt wird der Wicklungsüberhang 45 gekühlt. Die Kühlluft nimmt nach dem Hindurchtreten durch den Wicklungsüberhang 45 bzw. nach dem Umströmen dieses Wicklungsüberhangs 45 einen Weg nach radial außen, durch hier in dieser Figur 1 nicht dargestellte Öffnungen.

In Figur 1 auf der rechten Seite befindet sich eine Schutzkappe 47, die verschiedene Bauteile vor Umgebungseinflüssen schützt. So deckt diese Schutzkappe 47 beispielsweise eine sogenannte Schleifringbaugruppe 49 ab, die dazu dient, eine Erregerwicklung 51 mit Erregerstrom zu versorgen. Um diese Schleifringbaugruppe 49 herum ist ein Kühlkörper 53 angeordnet, der hier als Pluskühlkörper wirkt. Als sogenannter Minuskühlkörper wirkt das Lagerschild 13.2. Zwischen dem Lagerschild 13.2 und dem Kühlkörper 53 ist eine Anschlussplatte 56 angeordnet, die dazu dient, im Lagerschild 13.2 angeordnete Minusdioden 58 und hier in dieser Darstellung nicht gezeigte Plusdioden im Kühlkörper 53 miteinander zu verbinden und somit eine an sich bekannte Brückenschaltung darzustellen.

In Figur 2a sind zwei typische Schleifen 60 dargestellt. Die Schleifen 60 weisen Schleifenseiten 63 und 66 auf, die jeweils durch Schleifenseitenverbinder 69 verbunden sind. Zwei einander benachbarte Schleifen 60 sind durch bogenförmige Schleifenverbinder 72 verbunden. Diese hier typische Wicklung 75 soll beispielhaft näher erläutert werden.

Ausgehend von einem Stranganfang 78 (die untere Schleifenseite 63 in Figur 2b) wird mit einem Draht 81 eine erste Schleifenseite 63 gelegt, die in einen Schleifenseitenverbinder 69 übergeht und von dort einstückig weiterverlaufend zu einer zweiten Schleifenseite 66 wird. Nach dieser zweiten Schleifenseite 66 geht der Draht 81 in einen zweiten Schleifenseitenverbinder 69 über. Danach schließt sich als nächster Abschnitt eine Schleifenseite 63 an, die auf der ersten Schleifenseite 63 liegt, bzw. über dieser angeordnet ist, Figur 2b. Die Wicklung

75 fährt fort mit einem Schleifenseitenverbinder 69, der über dem ersten Schleifenseitenverbinder 69 angeordnet ist. Eine vierte Schleifenseite 66 schließt sich einstückig an, ist über der zweiten Schleifenseite 66 angeordnet und geht in den Schleifenverbinder 72 über. Danach schließt die zweite Schleife 60 direkt mit einer Schleifenseite 63 an. Die zweite Schleife 60 ist gleich aufgebaut und endet mit einem Strangende 84, einer verlängerten Schleifenseite 66. In Figur 2b ist eine schematische Seitenansicht der Wicklung 75 dargestellt.

Danach werden die Schleifenseiten 66 der zweiten Schleife 60 so senkrecht zur Verkettungsrichtung R gedreht bzw. um eine Klappachse 85 geklappt, dass zumindest eine Schleifenseite 66 der einen ersten Schleife 60 so neben zumindest einer Schleifenseite 66 einer anderen Schleife 60 angeordnet ist, dass die Schleifenseiten 66 unmittelbar bzw. nebeneinander benachbart sind, so dass die Schleifenseiten 66 und 63 so angeordnet sind, dass diese später in eine Nut eines Ständereisens passen. Dazu muss keine spezielle Ordnung angestrebt werden. Ein Teil oder alle Schleifenseiten, die später in eine Nut gesetzt werden sollen können jedoch auch direkt nebeneinander benachbart werden.

Eine Klappachse 85 liegt bei allen hier beschriebenen Beispielen an einer Position einer Schleifenseite.

In Figur 2a und 2b sind die Schleifen 60 mit zwei Windungen ausgeführt. Es sind selbstverständlich auch mehr Windungen möglich, beispielsweise 3, 4, 5, 6 oder mehr.

Gemäß Figur 2c und 2d sind die vier Spulenseiten 66 in quadratischer Weise gelegt, so dass in Richtung R zwei Spulenseiten 66 nebeneinander und damit in zwei Reihen liegen (mehrrichtig, es sind auch drei oder mehr Reihen möglich) und in Richtung r wiederum zumindest zwei Spulenseiten 66 nebeneinander liegen. Die Richtung r entspricht einer Richtung, die einerseits senkrecht zur Verkettungsrichtung R aber auch senkrecht zu einer Schleifenseite 63 bzw. 66 orientiert ist (Richtung der Drahtprofilmittelachse).

Gemäß Figur 2e und 2f sind die vier Spulenseiten 66 in einreihiger Anordnung (in Bezug zu Ständereisen in radialer Richtung) gelegt, so dass in Richtung R nur jeweils eine Spulenseite 66 angeordnet ist, aber in Richtung r wiederum zumindest zwei Spulenseiten 66 – die beiden mittleren Spulenseiten 66 – nebeneinander liegen. Die Richtung r entspricht einer Richtung, die einerseits

senkrecht zur Verkettungsrichtung R aber auch senkrecht zu einer Schleifenseite 63 bzw. 66 orientiert ist (Richtung der Drahtprofilmittelachse).

Aus der Figur 2c geht somit eine Wicklung 75 hervor, die eine verteilte Schleifenwicklung ist. Merkmal der Verteilung ist, dass sich von einer späteren Nutposition ausgehend (der Ort, an dem sich die Schleifenseiten 66 befinden), die Spulenseitenverbinder 69 sowohl in Richtung R als auch in die Gegenrichtung verteilen.

Wendet man dieses Verfahren auf mehrere Wicklungen 75 an, die beispielsweise je einen Strang eines Stators 16 ausmachen, hat man ein Verfahren zur Herstellung einer verteilten Schleifenwicklung für mehrphasige Systeme, insbesondere für Wechselstromgeneratoren, wobei in einem ersten Schritt eine Kette aus Schleifen 60 mit einer Verkettungsrichtung R gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt mindestens eine Schleife 60 mit ihren Schleifenseiten 63, 66 so senkrecht zur Verkettungsrichtung R gedreht wird, dass zumindest eine Schleifenseite 66 der einen Schleife 60 so neben zumindest einer Schleifenseite 66 einer anderen Schleife 60 angeordnet ist, dass die Schleifenseiten 66 unmittelbar nebeneinander benachbart sind.

Die Schleifenverbinder 72 sind alle auf der gleichen Seite des Flachpakts bzw. Ständereisens angeordnet.

In Figur 3a und 3c ist in schematischer Weise je ein flaches Ständereisen 90 dargestellt. Jedes Ständereisen 90 ist wie üblich lamelliert aufgebaut und weist auf einer Seite 93 des Ständereisens 90 offene Nuten 96 auf, in die jeweils eine Wicklung 75 eingesetzt ist. In Figur 3a ist die Wicklung 75 wie in Figur 2c mit der Anordnung nach Figur 2d dargestellt eingesetzt, in Figur 3c ist die Wicklung 75 wie in Figur 2e mit Figur 2f dargestellt, eingesetzt. In beiden Fällen bilden die Schleifenseiten 63 der zweiten Schleife 60 einen sogenannten Wicklungsüberhang 99, der zunächst außerhalb des Ständereisens 90 angeordnet ist. In beiden Fällen ist der Wicklungsüberhang 99 in Richtung r zu bewegen, so dass der Wicklungsüberhang 99 nicht direkt gegenüber einer Stirnfläche 102 des Ständereisens 90 angeordnet bzw. positioniert ist. Anschließend wird das jeweilige Ständereisen 90 rundgebogen und entweder kurz vor Abschluss des Rundbiegens oder nach dem Rundbiegen in die nicht vollständig gefüllte Nut 96 (in Figur 3a und 3c jeweils links) eingefügt. Schließlich entsteht ein Ständer bzw. Stator 16, wie er in Figur 3b und 3d in je einer

einfachsten Variante dargestellt ist. Der Stator 16 hat jeweils eine zentrale Öffnung 105, die für die Aufnahme eines Rotors 20 geeignet ist.

In Figur 4a ist eine Wicklung 75 dargestellt, die prinzipiell wie die in Figur 2a dargestellte Wicklung 75 aufgebaut ist. Der Unterschied liegt in der Anzahl der Spulen 60, die hier zwar auch geradzahlig, aber deutlich höher ist. Die Anzahl kann beispielsweise zwölf oder sechzehn betragen, so dass sich eine zwölfpolige bzw. sechzehnpolige Wicklung 75 ergibt.

Aus den bisher beschriebenen Verfahrensabläufen wird deutlich, dass die Wicklung 75 nach dem Wickeln der Kette mit einem Teil 108 der Wicklung 75 auf den anderen Teil 111 der Wicklung 75 gelegt wird (V-Variante). Beim Durchführen dieses Vorgangs ergibt sich zwischendurch und in einer Seitenansicht eine „V“-Form bzw. Winkelform der Kette aus Schleifen 60, s. a. Figur 5.

Demnach wird ein Teil 108 der Wicklung 75 zu einem anderen Teil 111 der Wicklung 75 relativ gedreht, so dass das Teil 108 und das Teil 111 der Wicklung 75 während des Drehens zwischen sich einen Winkel α einschließen.

Es ist somit ein Verfahren offenbart, durch das Schleifenverbinder 72 zwischen zwei Schleifen 60 mehrschichtig ausgeführt sind, s. a. Figur 4b, Figur 4d

Die Summe der Schleifen 60 in den Teilen 108 und 111 soll gleich groß sein.

Der Stranganfang 78 und das Strangende 84 liegen übrigens nach dem Drehen bzw. Klappen bei allen Ausführungsbeispielen eine Polbreite P bzw. Schleifenweite auseinander, s. a. Figur 2a, 4c, 9, 10, 11.

Zweifaches Klappen

Varianten dieses Verfahrens kommen dadurch zu Stande, indem die Wicklung 75 sowohl einerseits mindestens vier Schleifen 60 aufweist und andererseits relativ zu einem mittleren Teil 111 äußere Teile 108 und 114 der Wicklung 75 gedreht werden. Beispiele finden sich hier in den Figuren 6, 7, 8, 9, 10 und 11. Der Aufbau der in den Figuren 6 und 7 dargestellten Wicklungen 75 ist wie in Figur 4a und Figur 4b abgebildet und entsprechend beschrieben. Nach Figur 6 sind jeweils nur die äußersten Schleifen 60 rechts und links jeweils um eine ihrer Schleifenseiten 66 (Schleife 60 links) oder um eine ihrer Schleifenseiten 66

(Schleifen 60 rechts) gedreht, damit eine Schleifenseite (66) der einen Schleife (60) eines Teils 108 und eine Schleifenseite (63) der einen Schleife (60) eines Teils 111 so neben zumindest einer Schleifenseite (66) einer anderen Schleife (60) eines Teils 114 angeordnet ist, wobei die Schleifenseiten (63, 66) unmittelbar nebeneinander benachbart sind.

Es ist demnach (Fig. 6, 7, 8) vorgesehen, dass je zwei Teile (108, 111; 111, 114) der Wicklung (75) so zueinander relativ gedreht werden, dass je zwei Teile (108, 111; 111, 114) der Wicklung (75) während des Drehens zwischen sich je einen Winkel (α ; β) einschließen und mindestens drei Teile (108, 111, 114) daran beteiligt sind. Die Figur 6 zeigt eine sogenannte Z-Variante, da sich beim Durchführen dieses Vorgangs zwischendurch und in einer Seitenansicht eine „Z“-Form bzw. Doppel-Winkelform der Kette aus Schleifen 60, s. a. Figur 5 ergibt. Dabei sind die Winkel α und β auf einander entgegengesetzten Seiten des Teils 111. In den Figuren 7 und 8 ist jeweils eine sogenannte U-Variante dargestellt, da sich beim Durchführen dieses Vorgangs zwischendurch und in einer Seitenansicht eine „U“-Form der Kette aus Schleifen 60 ergeben kann (α und β können zeitgleich bspw. 90° betragen). Dabei sind die Winkel α und β auf der gleichen Seite des Teils 111. Natürlich ist es auch möglich, die Teile 114 und 108 nacheinander auf das Teil 111 zu klappen. Die beschriebene Methode unterteilt die Wicklung 75 (den Wicklungsstrang) in drei Teile 108, 111, 114 (Strangteile) mit zwei Umkehrpunkten (Drehpunkte an den Winkeln α und β).

Ausgehend von der Darstellung nach Figur 7, können die Teile 108 und 114 auch jeweils in die andere Richtung gedreht werden.

In Figur 9a und 9b sind sowohl eine Draufsicht einer Wicklung 75 als auch eine schematische Seitenansicht der gleichen Wicklung 75 dargestellt, nach dem die Wicklung 75 bzw. deren Teile 108 und 114 wie in Figur 6 dargestellt entsprechend gedreht wurden. Die gedrehten Schleifenseiten 63 und 66 sind mit den anderen an Ort und Stelle gebliebenen Schleifenseiten 63 und 66 nun in zweireihiger Anordnung positioniert. Alternativ können die Schleifenseiten - wie auch schon in Figur 2f gezeigt - auch in einreihiger Anordnung angeordnet werden, Figur 9c.

In Figur 10a und 10b sind sowohl eine Draufsicht einer Wicklung 75 als auch eine schematische Seitenansicht der gleichen Wicklung 75 dargestellt, nach dem die Wicklung 75 bzw. deren Teile 108 und 114 wie in Figur 7 dargestellt entsprechend gedreht wurden. Die gedrehten Schleifenseiten 63 und 66 sind mit

den anderen an Ort und Stelle gebliebenen Schleifenseiten 63 und 66 nun in zweireihiger Anordnung positioniert. Alternativ können die Schleifenseiten - wie auch schon in Figur 2f gezeigt - auch in einreihiger Anordnung angeordnet werden, Figur 10c.

Die in den Figuren 6, 7, 8, 9, 10 und 11 dargestellten Wicklungen 75 sind nur beispielhaft, ganz besonders was die Längen, d. h. Anzahlen an Schleifen 60 angeht. So ist in Figur 6 eine Wicklung 75 mit zwei Schleifen 60 im Teil 111 (einschließlich der Schleife, die die Schleifenseiten 66 in Winkel α umfasst) und je einer Schleife 60 in den Teilen 108 und 114 dargestellt. Die Summe der Schleifen 60 in den Teilen 108 und 114 soll gleich der Anzahl der Schleifen 60 im Teil 111 sein. Die dortige Anzahl kann beispielsweise drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, und so weiter betragen. Gleiches gilt für die Beispiele nach den Figuren 7, 8, 9, 10 und 11.

Aus den bisher beschriebenen Beispielen ergibt sich in einem Wickelkopf (Spulenkopf) einer Wicklung 75 nach dem Übereinanderlegen der Teile 108 und 111 und ggf. zusätzlich 114 zwischen zwei direkt miteinander verbundenen Schleifenseiten 63 bzw. 66 und der damit einhergehenden jeweiligen Nutposition in der Regel eine gleich große Anzahl bzw. Summe aus Schleifenseitenverbindern 69 und Schleifenverbindern 72. Wird wie beschrieben die Wicklung 75 gemäß Figur 2a bis 2d bzw. Figur 2a, 2b, 2e und 2f gefertigt, so ergeben sich für beide Fälle folgende Zustände:

Zwischen der Nutposition I und II (zwischen dem Stranganfang 78 und dem Strangende 84, Figur 2c) ergeben sich auf der Seite der Wicklung 75, an der Stranganfang 78 und Strangende 84 angeordnet sind (sogenannte „B“-Seite, da mindestens in der Regel auf dieser Seite die „B“-bürsten der elektrischen Maschine angeordnet sind) eine Schleifenseite 69. Rechts davon zwischen der Nutposition II und I ergeben sich zwei Schleifenseiten 69 und ein Schleifenverbinder 72. Auf der dem Stranganfang 78 und dem Strangende 84 gegenüberliegenden Seite der Wicklung 75 („A“-Seite, da mindestens in der Regel auf dieser Seite die „A“-Antriebsseite der elektrischen Maschine angeordnet ist: entweder der Antrieb der elektrischen Maschine als Generator oder der Antrieb der elektrischen Maschine als Motor, um andere Maschinen bspw. über eine Riemenscheibe anzutreiben) ergeben sich zwischen der Nutposition I und II und der Nutposition II und I zwei Schleifenseitenverbinder 69. An der Nutposition I und der Nutposition II befinden sich jeweils vier Schleifenseiten 63 bzw. 66. Die Anzahl der Leiter/Nut ist demnach geradzahlig.

Möchte man eine ungerade Zahl an Leitern/Nut und Wicklung 75 erreichen, ist in Abhängigkeit von der Zahl der Teile 108, 111, 114 der Wicklung 75 diese unterschiedlich vorzubereiten:

- Vorgang nach Figur 2, 4 und 5 (einfaches Drehen eines Teils 108 zu einem Teil 111 um eine Klappachse 85): entweder die Anzahl der Schleifen 60 des Teils 108 ist geradzahlig und die Anzahl der Schleifen 60 des Teils 111 sind ungeradzahlig oder insgesamt umgekehrt, wonach die Anzahl der Schleifen 60 des Teils 108 ungeradzahlig ist und die Anzahl der Schleifen 60 des Teils 111 ist geradzahlig. Alternativ kann auch abwechselnd immerwiederkehrend eine Schleife 60 mit einer geraden Anzahl an Windungen und eine darauffolgende Schleife 60 mit einer ungeraden Anzahl an Windungen ausgeführt sein. Nach einer Abwandlung der Figur 2 hätte die zweite Schleife 60 dann beispielsweise drei Windungen mit je drei Schleifenseiten 63 und 66, so dass sich an der Nutposition I vor dem Einlegen in das Ständereisen 90 und Rundbiegen des Ständereisens 90 zwei Schleifenseiten 63 an der Nutposition II fünf Schleifenseiten 66 und im Wicklungsüberhang 99 an Nutposition I wieder zwei Schleifenseiten 63 ergäben. Gleiches gilt für eine Ausführung nach Figur 4 und 5.
- Vorgang nach Figur 6, 7 und 8 (zweifaches Drehen innerhalb der Wicklung 75 mit einer Drehung des Teils 108 zu einem Teil 111 um eine Klappachse 85 und mit einer Drehung des Teils 114 um eine Klappachse 85 zu einem Teil 111): entweder die Anzahl der Schleifen 60 der Teile 108 und 114 ist geradzahlig und die Anzahl der Schleifen 60 des Teils 111 sind ungeradzahlig oder insgesamt umgekehrt, wonach die Anzahl der Schleifen 60 der Teile 108 und 114 ungeradzahlig und die Anzahl der Schleifen 60 des Teils 111 ist geradzahlig ist.

Die Ausführungen zu der ungeraden Zahl an Leitern/Nut und Wicklung 75 sind unter der Maßgabe allgemein, dass je Lage die Anzahl der Schleifen 60 gleich groß sein soll (Figur 2: erste Lage repräsentiert durch die linke Schleife 60, die zweite Lage durch die rechte Schleife 60. Analog dazu bei Figur 4a bis 4d, Figur 5 repräsentiert das Teil 111 die erste Lage und das Teil 108 die zweite Lage).

Für Wicklungen 75, die nur einmal gedreht werden (Fig. 2, Fig. 4, Fig. 5), also nur ein Teil 108 auf ein Teil 111 gelegt wird, gilt bei Verwendung eines einfachen Drahtes 81 und der Voraussetzung, dass innerhalb eines Teils 108, 111 alle

Schleifen 60 die gleiche Windungszahl n_{108} bzw. n_{111} haben folgender Zusammenhang, wonach insgesamt $n_{\text{Nut}} = n_{108} + n_{111}$, n_{Nut} entspricht der Anzahl der einfachen Drähte in einer vorgesehenen Nut.

Für den Fall, dass $n_{108} = 2$ und $n_{111} = 2$, ist $n_{\text{Nut}} = 4$. Für den Fall, dass $n_{108} = 3$ und $n_{111} = 2$, ist $n_{\text{Nut}} = 5$. Für den Fall, dass $n_{108} = 2$ und $n_{111} = 3$, ist $n_{\text{Nut}} = 5$. Für den Fall, dass $n_{108} = 3$ und $n_{111} = 3$, ist $n_{\text{Nut}} = 6$. Für den Fall, dass $n_{108} = 3$ und $n_{111} = 4$, ist $n_{\text{Nut}} = 7$. Für den Fall, dass $n_{108} = 4$ und $n_{111} = 3$, ist $n_{\text{Nut}} = 7$. Für den Fall, dass $n_{108} = 4$ und $n_{111} = 4$, ist $n_{\text{Nut}} = 8$.

Die Wickelköpfe der verteilten Schleifenwicklung mit gerader Leiteranzahl sind am Ständereisen gleichmäßig angeordnet. Dieser nahezu symmetrische Aufbau der Wickelköpfe ergibt über die Länge des Ständereisens einen näherungsweise konstanten Biege­widerstand im gesamten Flachpaket. Dies führt zu einer verbesserten Rundheit im fertig gebogenen zylinderringförmigen Ständer.

Die verteilte Schleifenwicklung ist längs des Flachpakets nahezu symmetrisch aufgebaut. Es ergeben sich auf der A- und B-Seite identische Wickelköpfe frei von Störstellen, die beispielsweise eine Luftumströmung hörbar beeinflussen. Die Wickelköpfe für die verteilte Schleifenwicklung mit gerader Leiteranzahl n_{Nut} sind gleichmäßig über die Längsausdehnung des Flachpakets angeordnet. Die Wickelköpfe für die verteilte Schleifenwicklung mit ungerader Leiteranzahl sind von Spule zu Spule alternierend.

In allen beschriebenen Fällen ergibt sich eine einschichtige Schleifenwicklung. Zudem ergibt sich je Strang ein sogenannter verteilter Wickelkopf.

Wie aus den Figuren 2d, 2f, 3a, 3c, 4c, 4d, 9a, 9b, 9c, 10a, 10b, 10c, 11a, 11b, 11c hervorgeht, ergibt sich eine in zwei Lagen angeordnete Schleifenwicklung, die aufgrund ihrer Flachheit für ein eingangs als Flachpaket, bzw. als flaches Ständereisen 90 beschriebenes Lamellenpaket geeignet ist.

Wie sich nach dem Drehen bzw. auflegen der einzelnen Teile 108, ggf. auch des Teils 114 ergibt, liegen Schleifenseitenverbinder 69 eines Teils auf Schleifenverbindern 72 eines anderen Teils.

Die Wicklung 75 kann an jeder beliebigen Schleife in eine zweite Lage überführt werden. Diese zweite Lage setzt sich aus der Hälfte der Schleifen 60 der Wicklung 75 (des Wicklungsstranges) zusammen.

In den Varianten mit einem Winkel α treffen Stranganfang 78 (Wicklungsanfang) und Strangende 84 (Wicklungsende) an derselben Schleife 60 (Spule) zusammen (siehe Figuren 2c, 2f, 4c, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).

Je nach dem, wie viele Windungen eine Spule 60 hat, passiert Folgendes:

In Figur 12 ist eine Wicklung 75 mit je drei Windungen je Schleife 60 dargestellt (nur eine Phasenwicklung). Sowohl die Schleifen 60 des Teils 111 und des Teils 108 haben gleiche Windungszahl, so dass die Zahl der Leiter im Wickelkopf an der Position einer jeden Spule (Ausnahme zwischen den Anschlüssen) gleich ist. Hier sind es die Schleifenseitenverbinder 69 einer Schleife 60 und ein Schleifenverbinder 72. Ist ein Mehrfachdraht bzw. Zweifachdraht verwendet, so ist die Zahl doppelt so hoch.

Wie gut zu erkennen ist, sind die Schleifenverbinder (72) zwischen zwei Schleifen (60) mehrschichtig ausgeführt sind.

Die Spulenköpfe an der Position einer Schleife (Spule) setzen sich aus mindestens einem Schleifenwindungsumlauf (Windungszahl = 1) und einem Spulenverbinder zusammen. Die Anzahl der Spulenköpfe pro Spule ist A- („a“ntriebsseitig, riemenscheibenseitig) und B- („b“ürsten)seitig identisch. Für eine gerade Anzahl von Leitern je Nut ist die Anzahl der Spulenköpfe im Wicklungsstrang konstant. Für eine ungerade Anzahl von Leitern je Nut, Figur 13, ist die Anzahl der Spulenköpfe von Schleife zu Schleife im Wicklungsstrang alternierend. Eine Spule besitzt A- und B-seitig eine gerade Anzahl von Spulenköpfen. Die benachbarte Spule besitzt A- und B-seitig Spulenköpfe, deren Anzahl um einen Spulenkopf von der erstgenannten Spule differiert, siehe auch Figur 13. Hier hat das Teil 111 nur zwei Windungen je Schleife, während das Teil 108 drei Windungen je Schleife hat.

Die n (n = ganzzahliger Wert) Leiter eines Wicklungsstrangteiles liegen in einer Nut unmittelbar übereinander. Wird ein Mehrfachdraht aus parallel geführten Drähten als Leiter verwendet können diese Drähte in der Nut sowohl neben- als auch übereinander angeordnet sein.

Die $n-1$ Leiter eines Wicklungsstrangteiles gehen A- und B-seitig in parallel verlaufende Spulenköpfe einer Spule über. Ein Leiter geht A- bzw. B-seitig in

einen weiteren Spulenkopf dieser Spule über. B- bzw. A-seitig mündet dieser Leiter als Spulenverbinder in einen Spulenkopf der benachbarten Spule. Bei einem Wicklungsstrang mit gerader Leiteranzahl in der Nut und beispielsweise $n = 4$ Windungsumläufen eines Einfachdrahtes für jede Schleife der beiden übereinander liegenden Wicklungsstrangteile belegen die $n = 4$ Drähte des einen Wicklungsstrangteiles die Lagen 1 – 4 einer Nut. Diese vier Drähte gehen A-seitig in jeweils vier parallel verlaufende Spulenköpfe einer Spule über. B-seitig führen die Drähte in drei parallel verlaufende Spulenköpfe derselben Spule und in einen aus einem Spulenverbinder bestehenden Spulenkopf der parallel zu den Spulenköpfen der benachbarten Spule verläuft. Die B-Seite ist in Figur 12 und 13 dargestellt.

Die Spulenköpfe dieser benachbarten Spule werden aus den $n = 4$ Drähten des zweiten Wicklungsstrangteiles gebildet. Diese vier Drähte sind in den Lagen 5 – 8 derselben Nut angeordnet und gehen B-seitig in jeweils drei parallel verlaufende Spulenköpfe über. Diese drei Spulenköpfe liegen parallel zu aus einem Spulenverbinder bestehenden Spulenkopf aus den Lagen 1 – 4. A-seitig gehen die vier Drähte des zweiten Wicklungsstrangteiles in vier parallel verlaufende Spulenköpfe derselben Spule über.

Bei einem Wicklungsstrang mit ungerader Leiteranzahl und beispielsweise $n_1 = 4$ ($n_1 =$ geradzahliges Wert) Windungsumläufen eines Einfachdrahtes für die Schleife eines Wicklungsstrangteiles belegen die $n_1 = 4$ Drähte dieses einen Wicklungsstrangteiles die Lagen 1 – 4 einer Nut. In einem zweiten Wicklungsstrangteil mit $n_2 = 3$ ($n_2 =$ ungeradzahliges Wert) Windungsumläufe eines Einfachdrahtes für die Schleifen eines über dem ersten Wicklungsstrangteil liegenden Strangteiles belegen die $n_2 = 3$ Drähte die Lagen 5 – 7 derselben Nut.

Figur 13: Die $n_1 = 4$ Drähte der Nutlagen 1- 4 gehen A-seitig in jeweils vier parallel verlaufende Spulenköpfe einer Spule über. B-seitig führen die Drähte in drei parallel verlaufende Spulenköpfe derselben Spule und in einen aus einem Spulenverbinder bestehenden Spulenkopf der parallel zu den Spulenköpfen der benachbarten Spule verläuft.

Die Spulenköpfe dieser benachbarten Spule werden aus den $n_2 = 3$ Drähten des zweiten Wicklungsstrangteiles gebildet. Diese drei Drähte sind in den Lagen 5 – 7 derselben Nut angeordnet und gehen B-seitig in jeweils zwei parallel verlaufende Spulenköpfe über. Diese zwei Spulenköpfe liegen parallel zu dem aus einem Spulenverbinder bestehenden Spulenkopf aus den Lagen 1 – 4. A-seitig gehen die drei Drähte des zweiten Wicklungsstrangteiles in drei parallel verlaufende Spulenköpfe derselben Spule über.

Es ist nach Figur 12 und 13 ein Verfahren offenbart, wonach bei einem Pol P eine Summe von zwei bestimmte Nuten 96 verbindende Schleifenverbindern 72 und Schleifenseitenverbindern 69 geradzahlig (Figur 12) oder ungeradzahlig (Figur 13, links) ist.

Des Weiteren ist nach Figur 13 ein Verfahren offenbart, wonach bei einem Pol P eine Summe von zwei bestimmte Nuten 96 verbindende Schleifenverbindern 72 und Schleifenseitenverbindern 69 ungeradzahlig ist (links, 3), bei einem direkt benachbarten Pol P der Phasenwicklung die Summe geradzahlig (rechts, 4) ist.

Ein Schleifenwicklungsstrang besteht aus mindestens einem Wicklungsdraht. Besteht der Wicklungsstrang aus mehr als einem Draht, werden die Drähte parallel geführt. Der Wicklungsanfang und das Wicklungsende des Mehrfachdrahts stimmen überein. Der Einfach- bzw. Mehrfachdraht wird in Schleifen in eine Richtung gewickelt. Die Wicklung für einen Strang ist durchgängig und nicht unterbrochen.

Ein Leiter besteht aus mindestens einem Draht. Der Draht kann sowohl als Einfachdraht mit nur einem Draht oder als Mehrfachdraht mit mindestens zwei parallel geführten Drähten ausgeführt sein.

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer verteilten Schleifenwicklung für mehrphasige Systeme, insbesondere für Wechselstromgeneratoren, wobei in einem ersten Schritt eine Kette aus Schleifen (60) mit einer Verkettungsrichtung (R) gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt mindestens eine Schleife (60) mit ihren Schleifenseiten (66) so senkrecht zur Verkettungsrichtung (R) gedreht wird, dass zumindest eine Schleifenseite (66) der einen Schleife (60) so neben zumindest einer Schleifenseite (66) einer anderen Schleife (60) angeordnet ist, dass die zumindest eine Schleifenseite (66) der einen Schleife (60) und die zumindest eine Schleifenseite (66) einer anderen Schleife (60) an einer Position angeordnet sind, die eine Nutposition entspricht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Schleifenseite (66) der einen Schleife (60) so neben zumindest einer Schleifenseite (66) einer anderen Schleife (60) angeordnet ist, dass die zumindest eine Schleifenseite (66) der einen Schleife (60) und die zumindest eine Schleifenseite (66) einer anderen Schleife (60) unmittelbar benachbart sind.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenseiten (66) in einer oder mehreren Reihen angeordnet sind.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil (108) der Wicklung (75) zu einem anderen Teil (111) der Wicklung (75) relativ gedreht wird, so dass das Teil (108) und das Teil (111) der Wicklung (75) während des Drehens zwischen sich einen Winkel (α) einschließen.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass je zwei Teile (108, 111; 108, 114) der Wicklung (75) so zueinander relativ gedreht werden, dass je zwei Teile (108, 111; 108, 114) der Wicklung (75) während des Drehens zwischen sich je einen Winkel (α ; β) einschließen und mindestens drei Teile (108, 111, 114) daran beteiligt sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Winkel (α ; β) auf der gleichen Seite eines Teils (111) oder auf entgegengesetzten Seiten des Teils (111) sind.
7. Verfahren nach eine der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Stranganfang (78) und ein Strangende (84) der Kette aus Schleifen (6) eine Polbreite (P) auseinander liegen.
8. Verfahren nach eine der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Schleifenverbinder (72) zwischen zwei Schleifen (60) mehrschichtig ausgeführt sind.
9. Verfahren nach eine der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Pol (P) eine Summe von zwei bestimmte Nuten (96) verbindende Schleifenverbindern (72) und Schleifenseitenverbindern (69) geradzahlig oder ungeradzahlig ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, dass bei einem Pol (P) eine Summe von zwei bestimmte Nuten (96) verbindende Schleifenverbindern (72) und Schleifenseitenverbindern (69) ungeradzahlig ist, bei einem direkt benachbarten Pol (P) der Phasenwicklung die Summe geradzahlig ist.

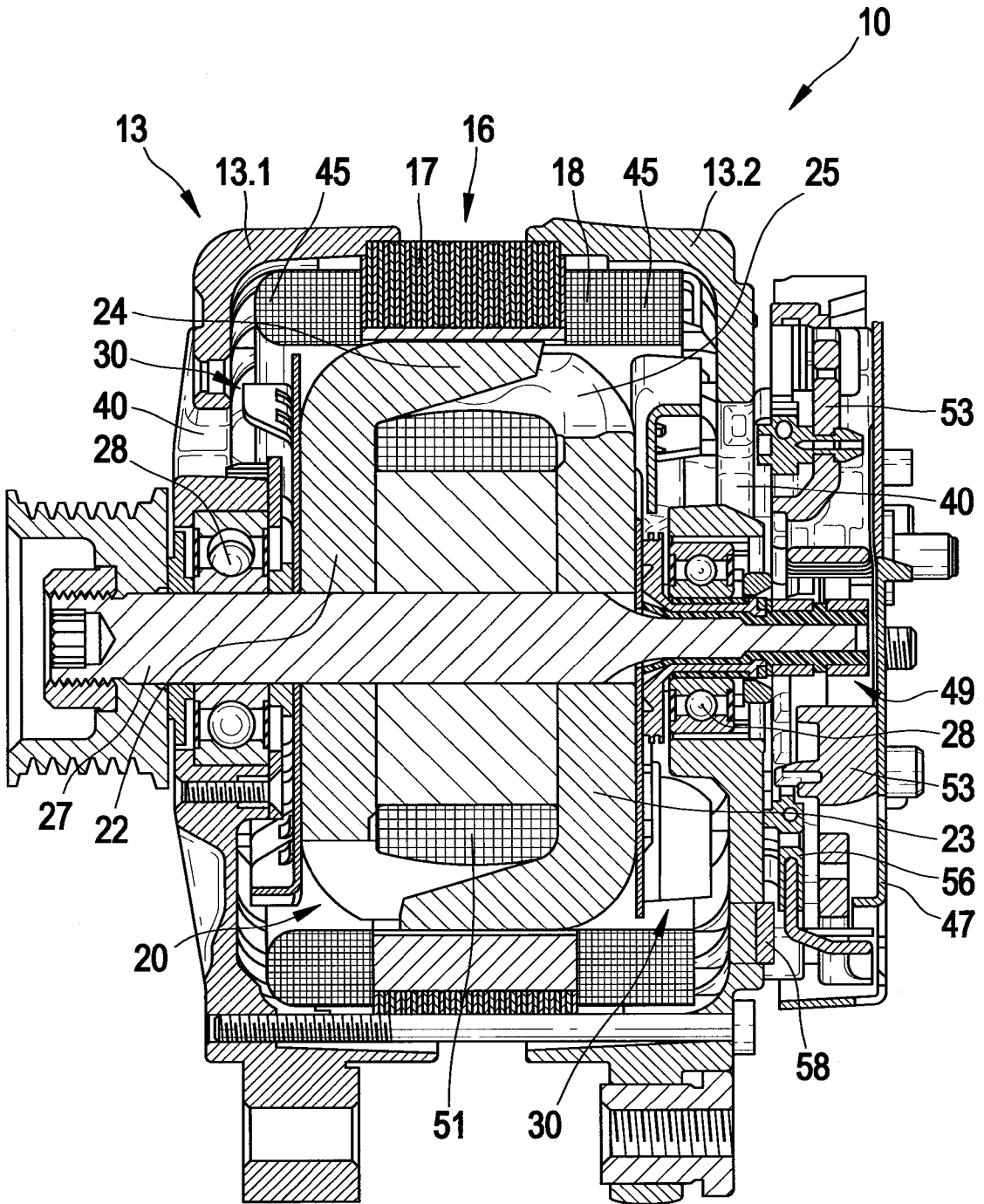


Fig. 1

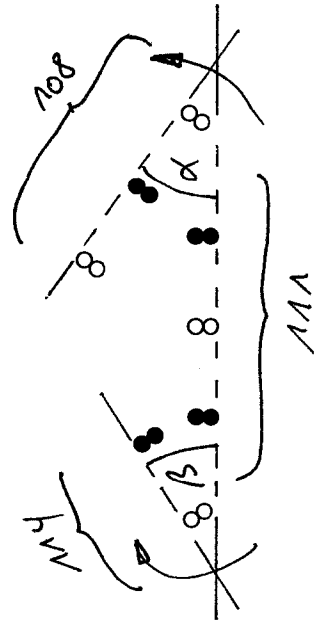


Fig. 5

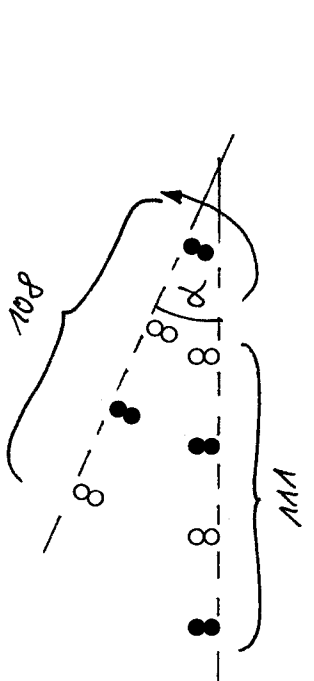


Fig. 6

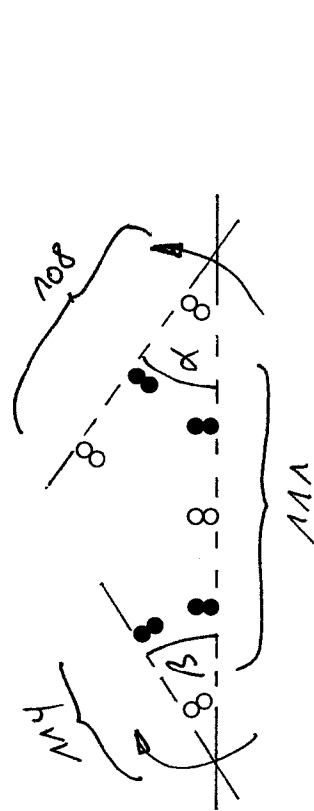


Fig. 7

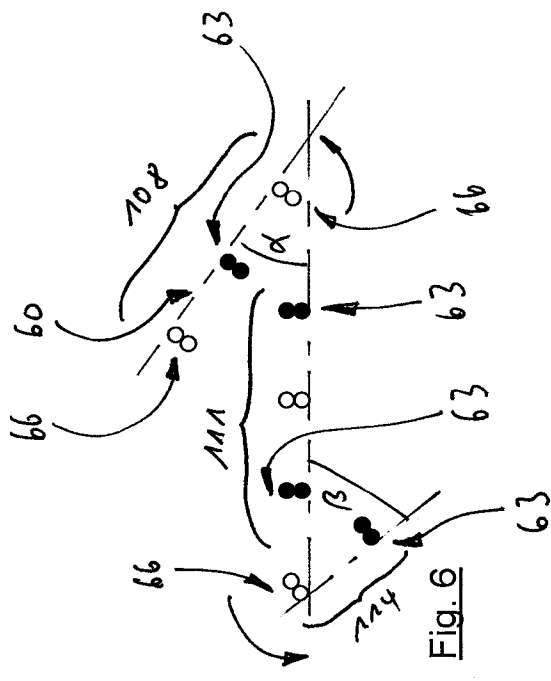


Fig. 8

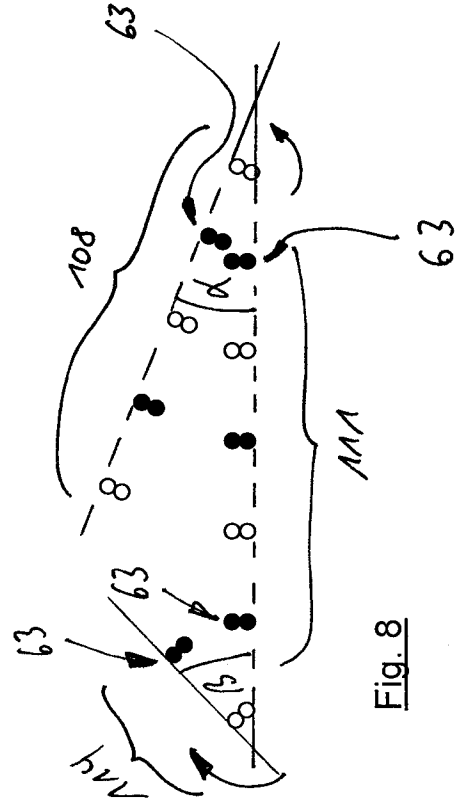


Fig. 9

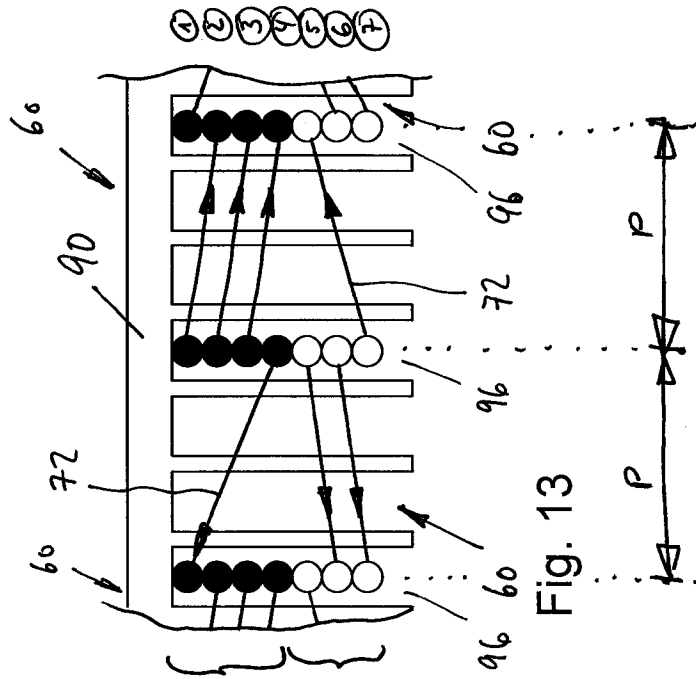


Fig. 12

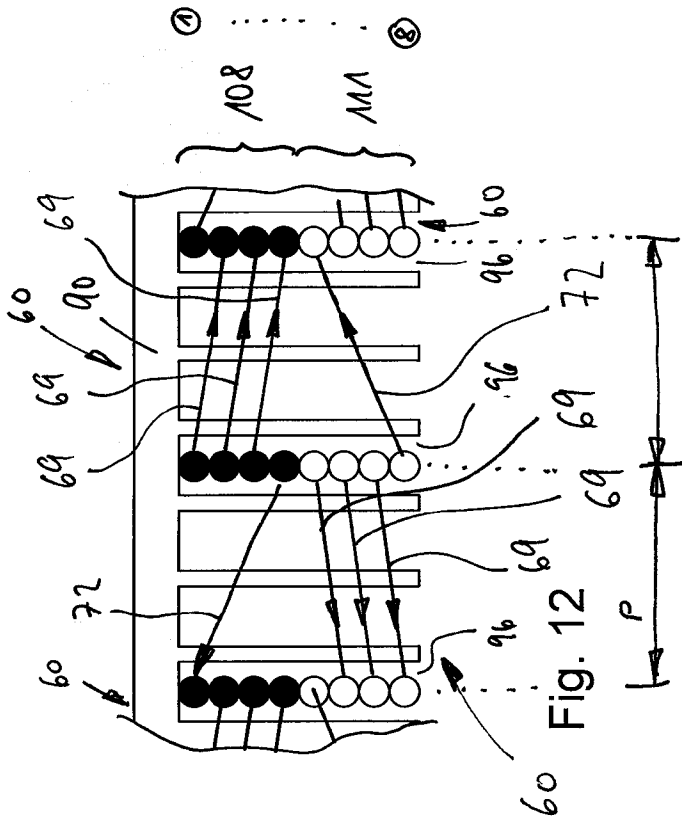


Fig. 13