

(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

13. November 2014 (13.11.2014)



W I P O I P C T



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/180637 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**H02K 16/04** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/057670

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. April 2014 (15.04.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 208 570.2 8. Mai 2013 (08.05.2013) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH  
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: HENNINGER, Michael; Hoelderlinstraße 19, 65779 Kelkheim (DE). DAMMKÖHLER, Jörg; Brunhildensteg 6, 61389 Schmitt/Oberreifenberg (DE). BERBERICH, Reinhold; Kellerbornstr. 4, 60439 Frankfurt (DE).

(74) Anwalt: GERSCHÜTZ, Florian; Continental Teves AG & CO. OHG, Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt (DE).

(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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:**

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

(54) Title: ELECTRIC MACHINES, PARTICULARLY FOR POWER-ASSISTED STEERING ON A MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung : ELEKTRISCHE MASCHINE, INSBESONDERE FÜR EINE LENKHILFE EINES KRAFTFAHRZEUGS

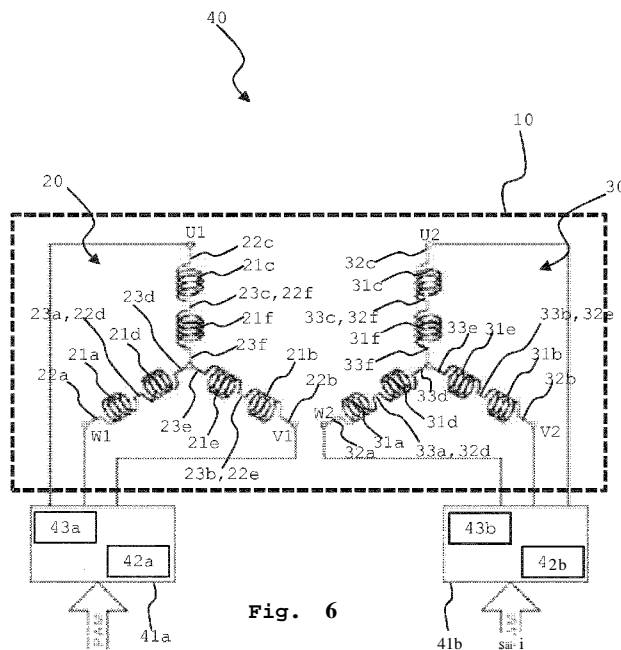


Fig. 6

(57) Abstract: The invention relates to an electric machine (1), particularly for power-assisted steering (40) on a motor vehicle, comprising a stator device (1) and a rotor device (2), and a plurality of winding units (21a-21f, 31a-31f) having a first connection (22a-22f, 32a-32f) and a second connection (23a-23f, 33a-33f) which are arranged on the stator device (1), wherein the plurality of winding units (21a-21f, 31a-31f) are electrically coupled together by means of the connections (22a-22f, 32a-32f; 23a-23f, 33a-33f) to form a drive unit (20, 30) in such a manner as to generate, by means of a power supply, a magnetic field to drive the rotor device (2) in the electric machine (10). The electric machine (10) comprises at least two drive units (20, 30) operated independently of one another for driving the rotor device (2) in the electric machine (10).

(57) Zusammenfassung: Es wird eine elektrische Maschine (10), insbesondere für eine Lenkhilfe (40) eines Kraftfahrzeugs, vorgeschlagen, aufweisend eine Statorvorrichtung (1) und eine Rotorvorrichtung (2), und mehrere Wicklungseinheiten (21a-21f, 31a-31f)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/180637 A2

---

mit einem ersten (22a-22f, 32a-32f) und zweiten Anschluss (23a-23f, 33a-33f), die an der Statorvorrichtung (1) angeordnet sind, wobei mehrere Wicklungseinheiten (21a-21f, 31a-31f) mittels der Anschlüsse (22a-22f, 32a-32f; 23a-23f, 33a-33f) derart zu einer Antriebseinheit (20, 30) elektrisch gekoppelt sind, um mittels Stromzufuhr ein Magnetfeld zum Antreiben der Rotorvorrichtung (2) der elektrischen Maschine (10) zu erzeugen. Dabei weist die Elektrische Maschine (10) mindestens zwei unabhängig voneinander betriebene Antriebseinheiten (20, 30) zum Antreiben der Rotorvorrichtung (2) der elektrischen Maschine (10) auf.

**Beschreibung****Elektrische Maschine, insbesondere für eine Lenkhilfe eines Kraftfahrzeugs**

5

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere für eine Lenkhilfe eines Kraftfahrzeugs, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine Antriebsvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine.

10

Elektrische Maschinen stellen ein wesentliches Element von vielen Antriebsvorrichtungen dar. Der Ausfall der elektrischen Maschine hat daher auch zur Folge, dass die Vorrichtung als solche vollständig ausfällt.

15

Beispielsweise kommen elektrische Maschinen, u. a. in Form von permanenterregten Synchronmotoren, in Lenkhilfen für Kraftfahrzeuge zum Einsatz, um die Lenkbewegungen des Fahrers zu unterstützen. Das Lenken stellt eine Grundfunktion eines Kraftfahrzeugs dar, die zu jeder Zeit der Fahrt gewährleistet sein muss. Daher ist es aus Sicherheitsgründen hilfreich, dass die Lenkhilfe selbst bei einem Defekt der elektrischen Maschine die Lenkung des Fahrzeugs ermöglicht und ausreichend Lenkunterstützung bietet. Bei Lenkhilfen mit elektrischen Maschinen zur Aufbringung des unterstützenden Moments zur Lenkung besteht jedoch die Gefahr, dass die elektrische Maschine bei einem Defekt der Endstufe durch die Lenkbewegung des Fahrers generatorisch wirkt und ein dem unterstützenden Moment entgegengesetztes Moment aufbringt. Um einen solchen Effekt zu verhindern, wird die Lenkhilfe bei einem Defekt üblicherweise vollständig abgeschaltet, um ein rein manuelles Lenken ohne jegliche Lenkunterstützung zu ermöglichen.

20

25

30

Bekannt ist es hierzu nach DE 10 19 736 eine Sicherheitsschaltung für elektronisch kommutierte Motoren in die Lenkhilfe einzubauen, die im Falle eines Fehlers den Stromfluss durch die Wicklungen des Motors verhindern. Der Stromkreis des Motors wird  
5 geöffnet und bewirkt somit kein die Lenkbewegung hemmendes oder gar blockierendes Moment. Jedoch fällt damit die Lenkunterstützung gänzlich weg, so dass bei insbesondere schweren Kraftfahrzeugen das Lenken weiterhin viel Kraftaufwand erfordert .

10

Nach DE 10 2005 004 875 AI ist weiterhin eine Servolenkvorrichtung bekannt, die einen Motor mit einer Haupt- und Hilfsspulenwicklung aufweist. Im Falle des Ausfalls der Steuerelektronik für die Hauptspulenwicklung wird mittels der Hilfsspulenwicklung und  
15 einer Steuerelektronik für die Hilfsspulenwicklung weiterhin ein lenkunterstützendes Moment aufgebracht. Hiermit können zwar Defekte in der Steuerelektronik des Motors teilweise abgefangen werden, treten jedoch Defekte im Motor selbst auf, wie beispielsweise durch einen Kurzschluss zwischen Haupt- und  
20 Hilfsspulenwicklung, so kann es dennoch zu einem Ausfall des Motors und damit zu einem Ausfall der Servolenkvorrichtung kommen .

Aufgabe der Erfindung ist es daher eine Antriebsvorrichtung  
25 aufzuzeigen, die mit einer hohen Zuverlässigkeit zumindest teilweise betreibbar ist.

Die Aufgabe wird gelöst mittels einer elektrischen Maschine eingangs genannter Art, die mindestens zwei unabhängig voneinander betriebene Antriebseinheiten zum Antreiben der Rotorvorrichtung der elektrischen Maschine aufweist.  
30

Die Erfindung basiert auf den Grundgedanken die Wicklungseinheiten der elektrischen Maschine durch elektrischen Zu-

sammenschluss derart zu Antriebseinheiten zu gruppieren, um innerhalb der Statorvorrichtung mehrere Antriebseinheiten zu bilden. Jede Antriebseinheit ist für sich dazu geeignet, um ein Drehmoment auf die Rotoreinrichtung auszuüben und damit die Funktion der elektrischen Maschine aufrecht zu erhalten. Auf diese Weise wird eine Redundanz an Antriebseinheiten innerhalb einer elektrischen Maschine geschaffen, die dazu führt, dass im Falle eines Ausfalls einer Antriebseinheit mit den restlichen Antriebseinheiten noch ein Drehmoment erzeugbar ist, um beispielsweise eine für die Lenkung ausreichende Lenkunterstützung aufzubringen .

Wesentlich hierbei ist es die Antriebseinheiten unabhängig voneinander als einzelne Antriebseinheiten zu betreiben. Zweck ist es den Einfluss eines Fehlers in einer Antriebseinheit auf die restlichen Antriebseinheiten auszuschließen. Unabhängig betreiben umfasst neben der Ausübung der Funktion der elektrischen Maschine im weiteren Sinne auch Maßnahmen, die zu ergreifen sind, um eine möglichst große Unabhängigkeit der Antriebseinheiten zu erreichen, bspw. die Antriebseinheiten soweit voneinander räumlich als auch elektrisch zu trennen, um den Einfluss zueinander weitestgehend zu verringern. Gleichzeitig werden die Antriebseinheiten aufeinander abgestimmt angesteuert, um im Normalfall ein Drehmoment zu erzeugen, das dem einer konventionellen elektrischen Maschine, bspw. eines Permanentmagnet-Synchronmotors (PMSM), gleichkommt.

Die Antriebseinheiten weisen mindestens ein Grundschema aus einer Mindestanzahl an Wicklungseinheiten auf, die ausreicht, um die Rotorvorrichtung anzutreiben. Die Anordnung und elektrische Kopplung bzw. Verschaltung sowie die Mindestanzahl der Wicklungseinheiten bestimmen den Aufbau eines Grundschemas. Die Antriebseinheit ist mittels Anordnung mehrerer Grundschemas erweiterbar. Die Grundschemas können dabei benachbart zu-

einander angeordnet sein. Alternativ ist es auch denkbar, dass die zu einer Antriebseinheit zusammengefassten Grundschemas nicht räumlich angrenzend zueinander angeordnet sind. Die elektrischen Maschinen können Antriebseinheiten umfassen, die  
5 gleich viele Grundschemas aufweisen. Denkbar ist es aber auch elektrische Maschinen mit mehreren Antriebseinheiten zu realisieren, deren Anzahl an Grundschemas sich voneinander unterscheiden .

10 Die Mindestanzahl von Wicklungseinheiten je Grundschema beträgt drei Wicklungseinheiten, kann je nach Verschaltung der Wicklungseinheiten aber auch ein ganzzahliges Vielfaches von drei Wicklungseinheiten betragen.

15 Vorteilhafterweise wird die erfindungsgemäße elektrische Maschine dadurch weitergebildet, dass jede Antriebseinheit Anschlüsse zum Zuführen des Stroms aufweist, wobei die Anschlüsse der Antriebseinheiten jeweils voneinander elektrisch entkoppelt sind. Vorzugsweise sind die Anschlüsse der Antriebseinheiten zum  
20 Zuführen des Stroms elektrisch nicht miteinander verbunden. Darüber hinaus ist es bevorzugt den Antriebseinheiten jeweils separate Steuervorrichtungen zuzuordnen. Mittels der Entkopplung der Stromzufuhr zwischen den Antriebseinheiten ist auf einfache Weise ein voneinander unabhängiger Betrieb der Antriebseinheiten realisierbar. Die Verwendung redundanter  
25 Steuervorrichtungen erlaubt dabei eine weitergehende Redundanz und Unabhängigkeit der Antriebseinheiten voneinander.

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine wird ferner dadurch  
30 vorteilhaft weitergebildet, dass jede Antriebseinheit gleich viele Wicklungseinheiten, insbesondere Grundschemas, aufweist. Der Beitrag des Drehmoments, den eine Antriebseinheit aufbringt, wird auf diese Weise in gleichen Anteilen von den Antriebseinheiten erzeugt. Insbesondere bei Verwendung der

elektrischen Maschine bei niedrigen Drehzahlen hat sich herausgestellt, dass der generatorische Effekt einer defekten Antriebseinheit geringer ist als das Drehmoment, das durch die intakte Antriebseinheit aufgebracht werden kann. Erst bei höheren Drehzahlen steigt das hemmende Drehmoment durch den generatorischen Effekt an und hebt das antreibende Drehmoment zunehmend auf. Im Fehlerfall, wo ein Notlauf mit geringerer Drehzahl und geringerem Moment akzeptiert werden kann, kann bei einer gleichmäßigen Verteilung der Wicklungseinheiten auf die Antriebseinheiten die generatorische Wirkung der defekten Antriebseinheit durch die noch intakten Antriebseinheiten ausreichend kompensiert werden. Des Weiteren erlaubt die Ausführungsform die Verwendung gleichermaßen ausgelegter Bauteile, wie bspw. in der Steuervorrichtung oder Endstufe. Im Falle eines Defektes einer Antriebseinheit wird die Antriebseinheit und die damit verbundene Steuervorrichtung abgeschaltet, so dass über die defekte Antriebseinheit kein Drehfeld mehr erzeugt wird.

Je nach Anwendungsfall ist aber auch eine erfindungsgemäße Ausführungsform der elektrischen Maschine vorteilhaft, bei der die Anzahl der Wicklungseinheiten, insbesondere Grundschemas, je Antriebseinheit ungleich ist. Dies ermöglicht insbesondere vielfältige Realisierungsmöglichkeiten einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine, bei der die von den Antriebseinheiten zu erzeugenden Drehmomente unterschiedlich aufgeteilt sind.

Besonders bevorzugt ist eine erfindungsgemäße Ausführungsform der elektrischen Maschine, die zwei Antriebseinheiten aufweist. Die Erfindung ist auf diese Weise besonders kostengünstig realisierbar und bietet zugleich eine für eine Vielzahl von Anwendungsfällen ausreichende Redundanz der Antriebseinheiten.

Besonders vorteilhaft ist eine erfindungsgemäße Ausführungsform der elektrischen Maschine, bei der die Antriebseinheiten benachbart zueinander angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform sind die Wicklungseinheiten einer Antriebseinheit in der Statorvorrichtung unmittelbar benachbart zueinander angeordnet. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass die den Antriebseinheiten mit ihren zugeordneten Steuervorrichtungen kreuzungsfrei elektrisch verbunden werden können und auf diese Weise ein Kurzschluss zwischen den Antriebseinheiten besser konstruktiv vorgebeugt werden kann.

Denkbar ist jedoch auch eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine, bei der die Grundschematas unterschiedlicher Antriebseinheiten benachbart zueinander angeordnet sind. Die Grundschematas unterschiedlicher Antriebseinheiten sind abwechselnd zueinander angeordnet.

Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Maschine, bei der zwischen den Wicklungseinheiten unterschiedlicher Antriebseinheiten ein elektrisch isolierendes Mittel angeordnet ist. Mittels dieser Ausführungsform ist eine besonders platzsparende und zugleich sichere Isolierung der Antriebseinheiten zueinander möglich, um einen elektrischen Kurzschluss vorzubeugen und die elektrische Entkopplung der Antriebseinheiten sicherzustellen.

Weiterhin ist eine erfindungsgemäße Ausführungsform der elektrischen Maschine vorteilhaft, die eine Statorvorrichtung mit mehreren Wicklungssegmenten aufweist, und bei der auf einem Wicklungssegment jeweils eine Wicklungseinheit angeordnet ist. Auf diese Weise kann eine besonders gute Isolation der Wicklungseinheiten zueinander sichergestellt werden. Eine Einzelzahnwicklung der Wicklungseinheiten ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf eine einfache Auslegung und Steuer-

barkeit der elektrischen Maschine, sowie der Verminderung der Kurzschlussgefahr .

Vorteilhafterweise wird die erfindungsgemäße elektrische Maschine dadurch weitergebildet, dass die Wicklungseinheiten einer Antriebseinheit mittels einer Sternschaltung oder Dreieckschaltung miteinander verbunden sein können. Jeder Strang der Stern- oder Dreiecksschaltung kann mehrere Wicklungseinheiten aufweisen, wobei die Wicklungseinheiten innerhalb des Strangs in Reihe oder parallel zueinander geschaltet sein können. Das Grundprinzip der Aufteilung der elektrischen Maschine in mehrere Antriebseinheiten und die sich daraus ergebende Redundanz ist in gleicher Weise gegeben.

Die Erfindung umfasst des Weiteren eine Antriebsvorrichtung, insbesondere für eine Lenkhilfe eines Kraftfahrzeugs, mit einer elektrischen Maschine nach einem der vorstehenden Ausführungsformen. Weitere Einsatzbereiche der Antriebsvorrichtung sind bspw. Bremssysteme, Getriebesteuerungen, usw.

Gemäß einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform weist die Antriebsvorrichtung jeweils eine Steuervorrichtung zum Betreiben einer Antriebseinheit auf. Die Steuervorrichtung umfasst vorzugsweise eine Leistungsendstufe. Darüber hinaus ist eine Steuervorrichtung bevorzugt, die eine Einheit zum Steuern der Leistungsendstufe und Kontrollieren der Leistungsendstufe aufweist. Auf diese Weise sind die Antriebseinheiten weitestgehend unabhängig voneinander betreibbar.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind in der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen an Hand von Figuren dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht auf eine Stator- und Rotorvorrichtung eines ersten Ausführungsbeispiels der elektrischen Maschine,

5 Fig. 2 eine perspektivische Ansicht auf die Statorvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der elektrischen Schaltungen der Wicklungseinheiten der elektrischen Maschine,

10

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Grundschematas eines zweiten Ausführungsbeispiels der elektrischen Maschine, und

15 Fig. 5 eine schematische Darstellung der Grundschematas eines weiteren Ausführungsbeispiels der elektrischen Maschine.

Fig. 6 eine schematische Darstellung der elektrischen Schaltung der elektrischen Maschine mit einer Steuervorrichtung.

20

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 10 (s. Figur 6) mit einer Statorvorrichtung 1 und Rotorvorrichtung 2, wie sie beispielsweise in einer Lenkhilfe eines Kraftfahrzeugs Einsatz findet. An der Statorvorrichtung 1 sind zwölf Wicklungseinheiten 21a-21f und 31a-31f mit jeweils einem ersten 22a-22f, 32a-32f und zweiten Anschluss 23a-23f, 33a-33f angeordnet (s. Figur 3).

25

Mehrere Wicklungseinheiten 21a-21f und 31a-31f sind mittels der Anschlüsse 22a-22f, 32a-32f; 23a-23f, 33a-33f derart zu einer Antriebseinheit 20, 30 elektrisch gekoppelt, um mittels mehrerer Phasenströme ein Magnetfeld zum Antreiben der Rotorvorrichtung 2 der elektrischen Maschine 10 zu erzeugen, vgl. auch Figur 6. Die elektrische Maschine 10 in diesem Ausführungsbeispiel weist

30

zwei unabhängig voneinander betriebene Antriebseinheiten 20, 30 zum Antreiben der Rotorvorrichtung 2 auf, wobei eine Trennlinie 6 zur Veranschaulichung der Trennung der Antriebseinheiten 20, 30 in Figur 3 eingezeichnet ist.

5

Die Statorvorrichtung 1 ist ringförmig gebildet und weist eine Außenwand 3 auf. Innerhalb der Statorvorrichtung 1 befindet sich eine Ausnehmung, in welcher die Rotorvorrichtung 2 angeordnet ist und als Folge der Bestromung der Wicklungseinheiten 21a-21f; 31a-31f zum Drehen angeregt wird. Die Statorvorrichtung 1 weist mehrere Wicklungs Segmente 4 auf, nämlich entsprechend der Anzahl der Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f. Auf einem Wicklungssegment 4 ist jeweils eine Wicklungseinheit 21a-21f, 31a-31f angeordnet. Zwischen den Wicklungssegmenten 4 ist ein Freiraum 5 vorgesehen, um einen Kontakt zwischen den Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f zu vermeiden. Der Freiraum 5 ist dabei so bemessen, dass auch bei einer Wärmeausdehnung der Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f kein Kontakt zwischen den Wicklungseinheiten entsteht. In dem Freiraum 5a, 5f zwischen den Wicklungseinheiten 21a, 31a und 21f, 31f unterschiedlicher Antriebseinheiten 20, 30 ist ein elektrisch isolierendes Mittel angeordnet, das die Antriebseinheiten 20, 30 voneinander elektrisch isoliert.

25 In diesem Ausführungsbeispiel sind die Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f als Einzelzahnwicklungen auf den Wicklungssegmenten 4 aufgewickelt. Die Wicklungs Segmente 4 sind so ausgebildet, dass die Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f kontaktfrei zueinander angeordnet werden können.

30

Die Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f werden aus mehreren Wicklungen eines elektrisch leitfähigen Drahtes gebildet. Bevorzugt ist die Verwendung eines Kupferdrahtes mit einer isolierenden Lackbeschichtung. Die Wicklungseinheiten 21a-21f,

31a-31f sind jeweils benachbart und isoliert zueinander innerhalb der Statorvorrichtung 1 angeordnet. Jede Wicklungseinheit 21a-21f, 31a-31f weist jeweils zwei Anschlüsse 22a-22f, 32a-32f (eingangsseitig) und 23a-23f, 33a-33f (ausgangsseitig) auf .

Wie in Figur 6 zu sehen sind jeweils zwei Wicklungseinheiten, bspw. 21a und 21d in Reihe miteinander zu einem Wicklungsstrang elektrisch gekoppelt. Hierzu ist der zweite ausgangsseitige Anschluss 23a der Wicklungseinheit 21a mit dem ersten eingangsseitigen Anschluss 22d der Wicklungseinheit 21d elektrisch gekoppelt bzw. verbunden. Denkbar wäre auch eine parallele Kopplung der Wicklungseinheiten 21a-21f, d.h. 21a parallel zu 21d, 21b parallel zu 21e und 21c parallel zu 21f . Entsprechend sind die Wicklungseinheiten der zweiten Antriebseinheit 30 miteinander verbunden. Die Wicklungsstränge sind miteinander in einem Sternpunkt 29 miteinander verbunden. Denkbar ist es auch die Wicklungsstränge zu einer Dreieckschaltung zu verbinden.

An den Wicklungssträngen liegt jeweils eine Phase U<sub>1</sub>, V<sub>i</sub>, W<sub>1</sub> der Wechselspannung an. Der erste Anschluss 22a der Wicklungseinheit 21a ist für die Zufuhr des Stroms der Phase W<sub>1</sub> vorgesehen. Entsprechend sind die Wicklungseinheiten 21b und 21c für die Zufuhr der Ströme der Phasen V<sub>i</sub> und U<sub>1</sub> vorgesehen.

Die Figuren 4 und 5 zeigen die Anordnung und die Verschaltung der Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f weiterer Ausführungsbeispiele in einer schematischen zu einer Ebene aufgeschnittenen Darstellung. Zum besseren Verständnis werden hier die gleichen Bezugszeichen wie im ersten Ausführungsbeispiel verwendet. Das Prinzip wird anhand der Antriebseinheit 20 beschrieben. Die Beschreibung ist aber analog auf die Antriebseinheit 30 anwendbar .

Die Wicklungseinheiten 21a-21c, 21d-21f bilden jeweils ein  
Grundschema 25a, 25b. An den Wicklungseinheiten 21a-21c, 21d-21f  
liegt jeweils eine Phase der Wechselspannung  $U_1$ ,  $V_1$ ,  $W_1$  an. Durch  
Zufuhr von Strom zu den Wicklungseinheiten 21a-21c, 21d-21f der  
5 Grundschemas 25a, 25b bildet sich ein Magnetfeld mit jeweils  
einem Polpaar. Die Antriebseinheit 20 lässt sich durch Wie-  
derholung der Grundschemas 25a, 25b, beliebig erweitern.

Ein alternatives Grundschema ist in Figur 5 gezeigt. In diesem  
10 Ausführungsbeispiel sind die jeweils zueinander benachbarten  
Wicklungseinheiten 21a und 21b miteinander elektrisch gekoppelt .  
An den beiden Wicklungseinheiten 21a und 21b liegt eine Pha-  
senspannung  $U_1$  an. Die Wicklungseinheiten 21a, 21b sind so  
miteinander elektrisch gekoppelt, dass in der Wicklungseinheit  
15 21a der Strom in Wicklungsrichtung und in der Wicklungseinheit  
21b der Strom entgegen der Wicklungsrichtung verläuft, ange-  
deutet durch das Kreuz und Punkt in den Wicklungseinheiten 21a,  
21b. Das Grundschema 26, 36 weist gemäß diesem Schaltungsbeispiel  
sechs Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f auf. Bei entspre-  
20 chender Zufuhr mit Strom entsteht ein Magnetfeld mit 2,5  
Polpaaren, so dass bei zwei Antriebseinheiten 20, 30 ein  
Magnetfeld mit insgesamt fünf Polpaaren entsteht.

Die Ausführung der Grundschemas selbst sowie die Anzahl der  
25 Grundschemas je Antriebseinheit kann an den jeweiligen Bedarf  
angepasst ausgelegt werden. Jede Antriebseinheit umfasst  
mindestens ein Grundschema. Denkbar ist es aber auch eine  
Antriebseinheit mit zwei Grundschemas und eine weitere An-  
triebseinheit mit einem Grundschema in einer elektrischen  
30 Maschine einzubauen.

Die Antriebseinheiten 20, 30 sind entlang des Umfangs der  
Statorvorrichtung 1 auf jeweils einer Hälfte und benachbart  
zueinander angeordnet, wie in Figur 3 schematisch dargestellt.

Solange beide Antriebseinheiten 20, 30 ordnungsgemäß funktionieren, arbeitet die elektrische Maschine wie eine konventionelle elektrische Maschine. Im Falle, dass eine Antriebseinheit ausfällt, ist zumindest über die intakte Antriebseinheit  
5 20, 30 ein ordnungsgemäßes Magnetfeld erzeugbar, um weiter ein Drehmoment zu erzeugen. Jede Antriebseinheit 20, 30 weist gleich viele Wicklungseinheiten 21a-21f, 31a-31f auf und stellt auch bei einem Ausfall einer Antriebseinheit 20, 30 etwa die Hälfte des Drehmoments zur Verfügung.

10

Jede Antriebseinheit weist jeweils drei Anschlüsse 22a-22c, 32a-32c zum Zuführen von Strömen in den Phasen W1, V1, U1 bzw. W2, V2, U2 auf. Die Anschlüsse der Antriebseinheiten sind jeweils voneinander elektrisch entkoppelt, wie in Figur 6 dargestellt.  
15 Dies wird anhand des folgenden Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Antriebsvorrichtung 40 näher beschrieben.

Figur 6 zeigt eine schematische Darstellung einer elektrischen Schaltung einer Antriebsvorrichtung 40 mit einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 10. Die Lenkungshilfe weist zudem  
20 jeweils eine Steuervorrichtung 41a, 41b zum Betreiben der Antriebseinheiten 20, 30 auf. Die Steuervorrichtungen 41, 41b umfassen jeweils eine Leistungsendstufe 43a, 43b, die in Form einer B6-Brücke ausgebildet ist. Ferner umfasst sie eine Gate  
25 Drive Unit 42a, 42b. Diese werden jeweils über einen Controller (hier nicht gezeigt) mit einem pulsweiten modulierten Signal PWM angesteuert.

Wie auch in Figur 1 zu sehen weist die elektrische Maschine 10  
30 für jede Antriebseinheit 20, 30 eigene Anschlüsse 22a-22c und 32a-32c zum Zuführen der Ströme auf. Jede Antriebseinheit ist mit einer eigenen Steuervorrichtung 41a, 41b elektrisch gekoppelt und wird unabhängig voneinander mit Strom versorgt. Die Entkopplung der Antriebseinheiten kann durch die gesamte Steu-

erkette bis zur Stromquelle durchgeführt werden, um auf diese Weise zwei vollständig voneinander entkoppelte Antriebseinheiten 20, 30 in eine elektrische Maschine unterzubringen.

5 Durch diese Entkopplung der Antriebseinheiten 20, 30 wird gewährleistet, dass ein Fehler oder Defekt in einem der Antriebseinheiten 20, 30 nicht die Funktionsfähigkeit der anderen Antriebseinheit 20, 30 beeinträchtigt. Mittels der Redundanz der Antriebseinheiten 20, 30 kann damit auch bei einem Ausfall einer  
10 Antriebseinheit 20, 30 ein ausreichendes Drehmoment aufgebracht werden, um die Lenkung des Kraftfahrzeugs wirksam zu unterstützen .

Die Antriebsvorrichtung kann nur mit wenigen Anpassungen in  
15 derzeit bekannten Lenkhilfen bzw. Servolenkungsrichtungen eingebaut werden. Die elektrische Maschine der Antriebsvorrichtung verbraucht trotz mehrerer redundanter Antriebseinheiten keinen zusätzlichen Bauraum, da sich der Aufbau des Motors prinzipiell nicht ändert. Die Steuervorrichtung, insbesondere  
20 die Transistoren der Leistungsendstufen, kann mit kleineren elektronischen Bauteilen realisiert werden, da sich die maximale Stromlast entsprechend der Anzahl der Antriebseinheiten verkleinert .

25

#### **Weitere vorteilhafte Ausführungsformen**

##### **Ausführungsform 1**

Schaltungsanordnung zum Betreiben einer elektrischen Maschine,  
30 die mehrere Leitungen (u, v, w) für jeweils eine Phase eines Wechselstroms zum Betreiben der elektrischen Maschine aufweist, wobei jede Leitung (u, v, w) mehrere in Reihe geschaltete Schaltelemente aufweist, die eine Halbbrücke bilden, wobei die Halbbrücke zwischen zwei Schaltelementen einen Anschluss

aufweist, und wobei die Schaltungsanordnung über die Anschlüsse der Halbbrücke mit der elektrischen Maschine elektrisch koppelbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass jede Leitung mehrere Halbbrücken aufweist, die elektrisch parallel zueinander geschaltet sind.

#### Ausführungsform 2

Schaltungsanordnung nach Ausführungsform 1, wobei die elektrische Maschine mehrere Antriebseinheiten aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbbrücken einer Leitung (U, V, W) jeweils unterschiedlichen Antriebseinheiten zuzuordnen sind.

#### Ausführungsform 3

Schaltungsanordnung nach einem der Ausführungsformen 1 und 2, wobei die elektrische Maschine mehrerezue Sternschaltungen geschaltete Wicklungsstränge aufweist, die jeweils eine Antriebseinheit bilden, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbbrücken einer Leitung (U, V, W) jeweils unterschiedlichen Sternschaltungen zuzuordnen sind.

#### Ausführungsform 4

Schaltungsanordnung nach Ausführungsform 1, wobei die elektrische Maschine mehrere zu Dreieckschaltungen geschaltete Wicklungsstränge aufweist, die jeweils eine Antriebseinheit bilden, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbbrücken einer Leitung jeweils unterschiedlichen Dreieckschaltungen zuzuordnen sind.

#### Ausführungsform 5

Schaltungsanordnung nach einem der vorstehenden Ausführungsformen, wobei die Schaltelemente Transistoren aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass der maximal tragbare Betriebsstrom des Transistors kleiner ist als der maximale Betriebsstrom der elektrischen Maschine.

Ausführungsform 6

Schaltungsanordnung nach einem der vorstehenden Ausführungsformen, wobei die Schaltungsanordnung Leiter zum Leiten des Stroms aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt  
5 der Leiter zwischen den Schaltelementen der Halbbrücke und / oder dem Anschluss einer Halbbrücke und der elektrischen Maschine kleiner ist als der Querschnitt eines Leiters zum Leiten des maximalen Betriebsstroms der elektrischen Maschine.

10 Ausführungsform 7

Schaltungsanordnung nach einem der vorstehenden Ausführungsformen, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitung zwei parallel zueinander geschaltete Halbbrücken aufweist.

15 Ausführungsform 8

Antriebsvorrichtung, insbesondere für eine Lenkhilfe eines Kraftfahrzeugs, mit einer Schaltungsanordnung nach einem der Ausführungsformen 1 bis 6.

**Patentansprüche**

1. Elektrische Maschine (10) einer Antriebsvorrichtung, insbesondere für eine Lenkhilfe (40) eines Kraftfahrzeugs,  
5 aufweisend  
eine Statorvorrichtung (1) und eine Rotorvorrichtung (2), und  
mehrere Wicklungseinheiten (21a-21f, 31a-31f) mit einem ersten  
(22a-22f, 32a-32f) und zweiten Anschluss (23a-23f, 33a-33f),  
die an der Statorvorrichtung (1) angeordnet sind,  
10 wobei mehrere Wicklungseinheiten (21a-21f, 31a-31f) mittels  
der Anschlüsse (22a-22f, 32a-32f ; 23a-23f, 33a-33f ) derart zu  
einer Antriebseinheit (20, 30) elektrisch gekoppelt sind, um  
mittels Stromzufuhr ein Magnetfeld zum Antreiben der Rotor-  
vorrichtung (2) der elektrischen Maschine (10) zu erzeugen,  
15 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Elektrische Maschine (10)  
mindestens zwei unabhängig voneinander betriebene An-  
triebseinheiten (20, 30) zum Antreiben der Rotorvorrichtung  
(2) der elektrischen Maschine (10) aufweist.
- 20 2. Elektrische Maschine (10) nach Anspruch 1, dadurch **ge-**  
**kennzeichnet**, dass jede Antriebseinheit (20, 30) Anschlüsse  
(22a-22c, 32a-32c) zum Zuführen des Stroms aufweist, wobei die  
Anschlüsse (22a-22c, 32a-32c) der Antriebseinheiten (20, 30)  
jeweils voneinander elektrisch entkoppelt sind.  
25
3. Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden An-  
sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Antriebseinheit  
(20, 30) gleich viele Wicklungseinheiten (21a-21f, 31a-31f)  
aufweist .  
30
4. Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden An-  
sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Wick-  
lungseinheiten (21a-21f, 31a-31f) je Antriebseinheit (20, 30)  
ungleich ist.

- 5 . Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrische Maschine (10) zwei Antriebseinheiten (20, 30) aufweist.
- 5 6 . Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebseinheiten (20, 30) benachbart zueinander angeordnet sind.
- 7 . Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Wicklungseinheiten (21a-21f, 31a-31f) unterschiedlicher Antriebseinheiten ein elektrisch isolierendes Mittel angeordnet ist .
- 10 7 . Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Wicklungseinheiten (21a-21f, 31a-31f) unterschiedlicher Antriebseinheiten ein elektrisch isolierendes Mittel angeordnet ist .
- 15 8 . Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorvorrichtung (1) mehrere Wicklungssegmente (4) aufweist, und dass auf einem Wicklungssegment (4) jeweils eine Wicklungseinheit (21a-21f, 31a-31f) angeordnet ist.
- 20 9 . Elektrische Maschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungseinheiten mittels einer Sternschaltung oder Dreiecksschaltung miteinander elektrisch verbunden sind.
- 25 10 . Antriebsvorrichtung (40), insbesondere für eine Lenkhilfe eines Kraftfahrzeugs, mit einer elektrischen Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9 .
- 30 11 . Antriebsvorrichtung (40) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Lenkhilfe jeweils eine Steuervorrichtung (41a, 41b) zum Betreiben einer Antriebseinheit (20, 30) aufweist.

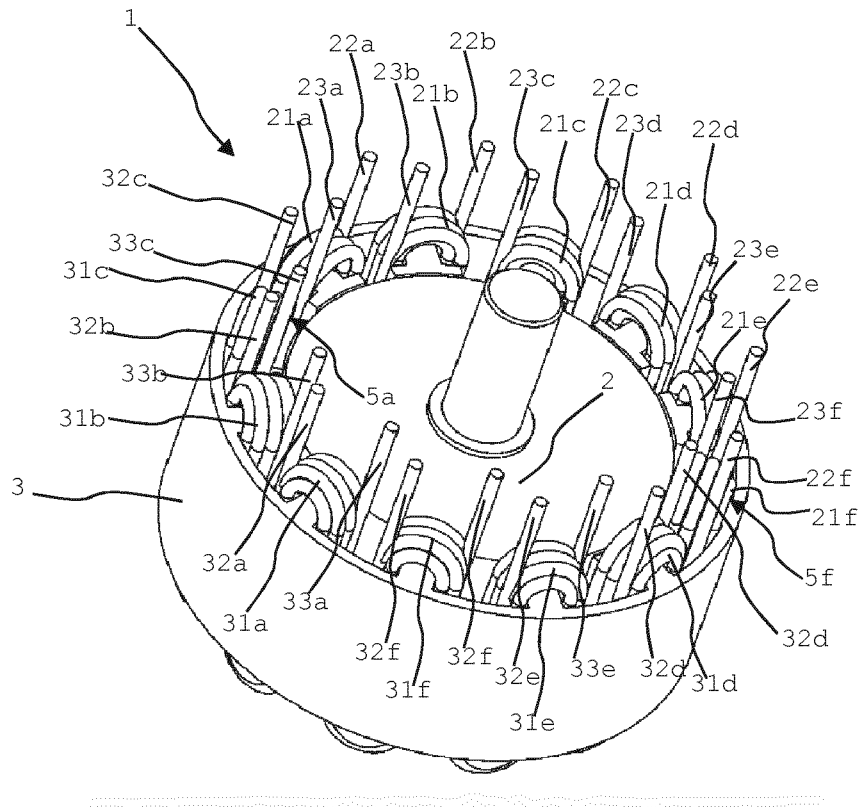


Fig. 1

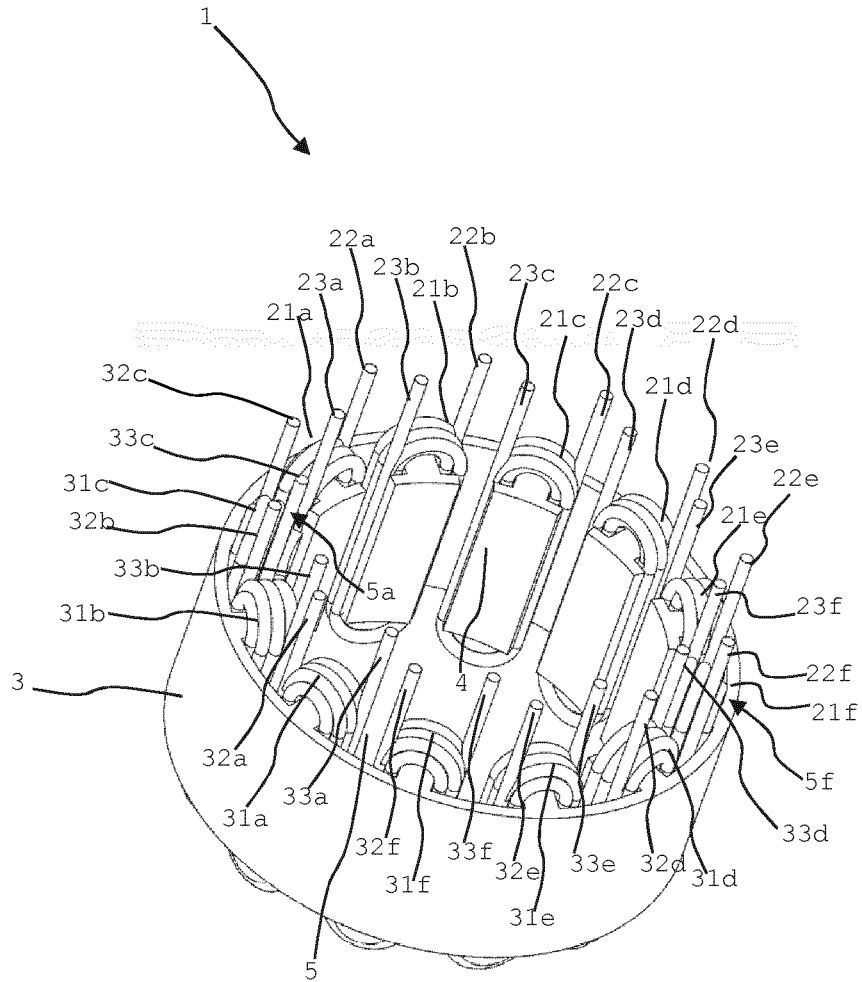


Fig. 2

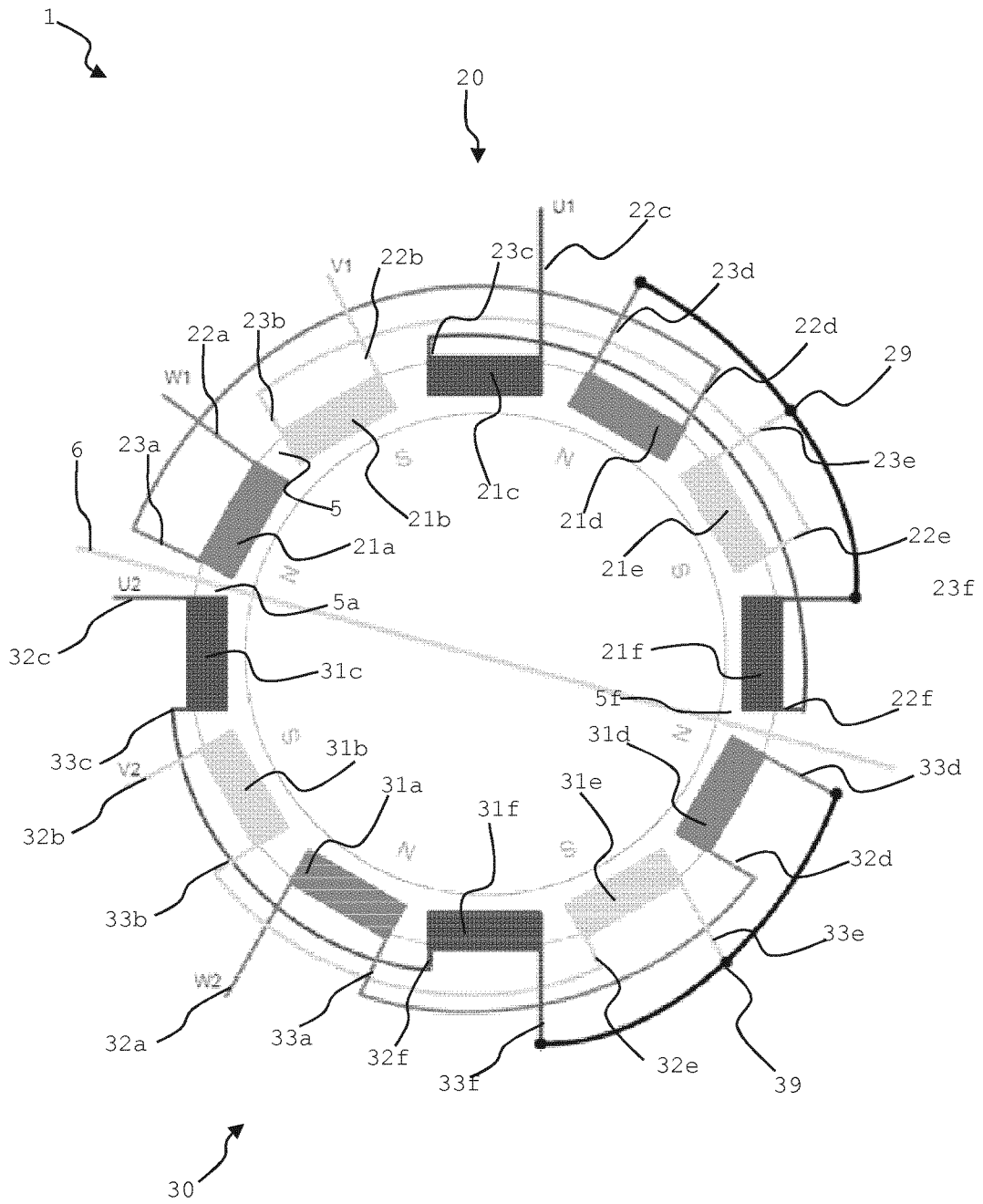


Fig. 3

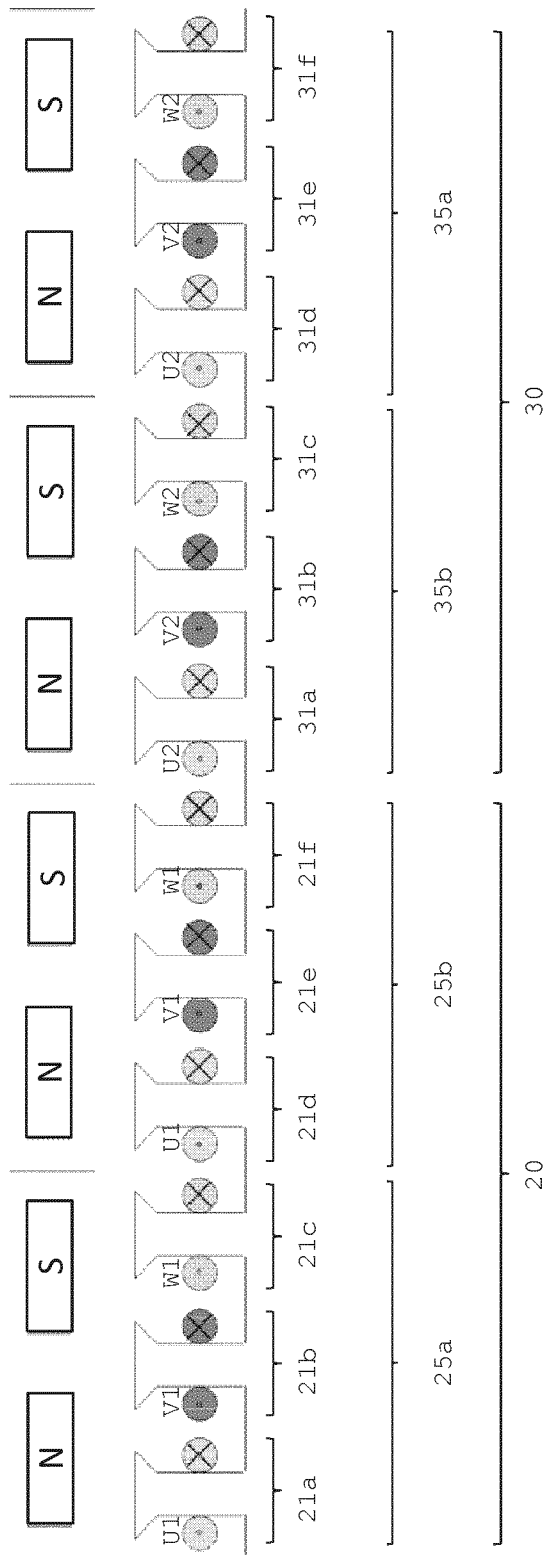


Fig. 4

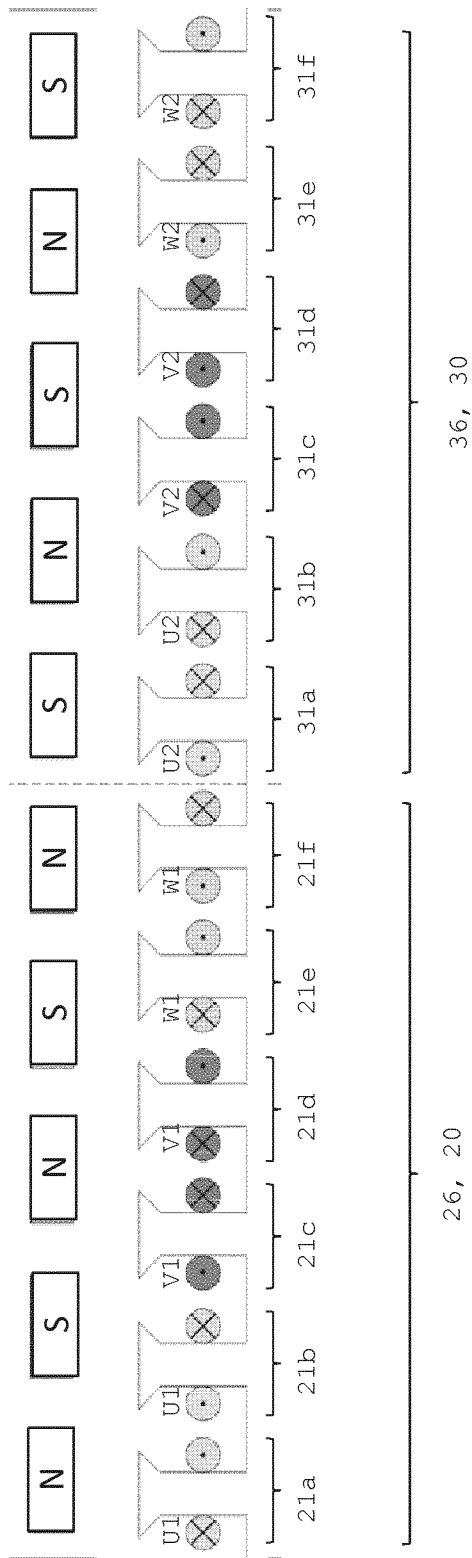


Fig. 5

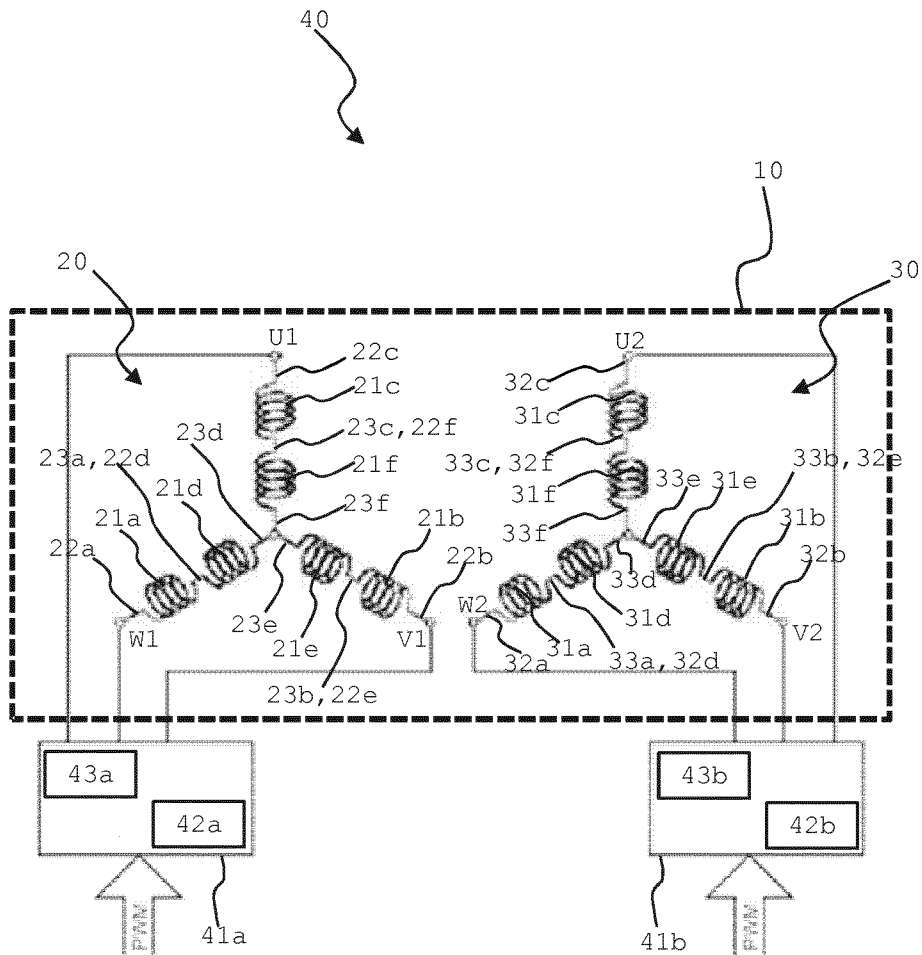


Fig. 6