

(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
02. März 2023 (02.03.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/025480 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 21/18 (2006.01) H02K 1/17 (2006.01)
H02K 21/44 (2006.01) H02K 1/24 (2006.01)
H02K 1/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/070355

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Juli 2022 (20.07.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 60215/2021 23. August 2021 (23.08.2021) AT

(71) Anmelder: ALMAK VERTRIEB GMBH [AT/AT]; Frei-
dorf 3, 8543 St. Martin im Sulmtal (AT).

(72) Erfinder: KUMPITSCH, Karl; Freidorf 3, 8542 St. Peter
im Sulmtal (AT).

(74) Anwalt: GIBLER & POTH PATENTANWÄLTE KG;
Dorotheergasse 7/14, 1010 Wien (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, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ELECTRIC DRIVE

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHER ANTRIEB

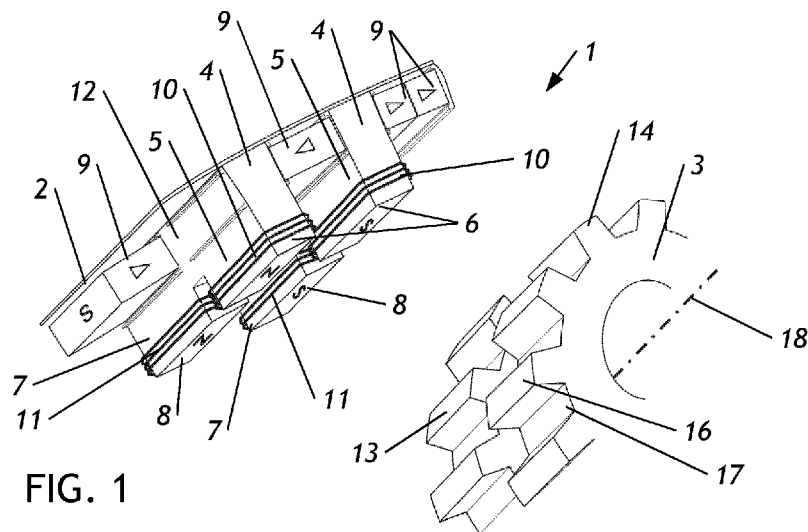


FIG. 1

(57) Abstract: It is proposed for an electric drive (1), comprising a first drive part (2) and a second drive part (3), which is movable in relation to the first drive part (2), with the first drive part (2) comprising a predetermined number of ferromagnetic cores (4), that each core (4) has a first leg (5) with a first pole shoe (6) and a second leg (7) with a second pole shoe (8), that the first pole shoes (6) of the cores (4) are arranged along a first line and the second pole shoes (8) of the cores (4) are arranged along a second line, running at a distance from the first line, that, for magnetizing the cores (4), permanently magnetic intermediate parts (9) are arranged between adjacent cores (4), that the pole shoes (6, 8) of the same ferromagnetic core (4) are of the same magnetic polarity, that adjacent pole shoes (6) are of opposite magnetic polarity, and that in the case of at least one of the cores (4) the first leg (5) has a first coil arrangement (10) and the second leg (7) has a second coil arrangement (11).

(57) Zusammenfassung: Bei einem elektrischen Antrieb (1) umfassend einen ersten Antriebsteil (2) und einen relativ zum ersten Antriebsteil (2) beweglichen zweiten Antriebsteil (3), wobei der erste Antriebsteil (2) eine vorgebbare Anzahl an ferromagnetischen Kernen (4) umfasst, wird vorgeschlagen, dass jeder Kern (4) einen ersten Schenkel (5) mit einem ersten Polschuh (6) und einen zweiten



(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)

Schenkel (7) mit einem zweiten Polschuh (8) aufweist, dass die ersten Polschuhe (6) der Kerne (4) entlang einer ersten Linie angeordnet sind und die zweiten Polschuhe (8) der Kerne (4) entlang einer, beabstandet zur ersten Linie verlaufenden, zweiten Linie angeordnet sind, dass zur Magnetisierung der Kerne (4) zwischen benachbarten Kernen (4) permanentmagnetische Zwischenteile (9) angeordnet sind, dass die Polschuhe (6,8) desselben ferromagnetischen Kerns (4) magnetisch gleichpolig sind, dass benachbarte erste Polschuhe (6) magnetisch gegenpolig sind, und dass bei zumindest einem der Kerne (4) der ersten Schenkel (5) eine erste Spulenordnung (10), und der zweite Schenkel (7) eine zweite Spulenordnung (11) aufweist.

Elektrischer Antrieb

Die Erfindung betrifft einen elektrischen Antrieb gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Es sind elektrische Antriebe bekannt, bei welchen ein erster Antriebsteil relativ zu einem zweiten Antriebsteil bewegt wird. Bei einer bestimmten Art an elektrischen Antrieben, welche auch als Magnetflussumschaltmaschinen bezeichnet werden, werden mittels Permanentmagnete magnetische Flüsse in einem ersten Antriebsteil erzeugt, welche dann mittels Spulen gesteuert werden, um ein zeitlich veränderliches Magnetfeld zu erzeugen, welches den zweiten Antriebsteil dann antreibt.

Bei bekannten Magnetflussumschaltmaschinen sind die Permanentmagnete in der Regel derart angeordnet, dass ein Wechsel des Magnetfeldes an den Polschuhen auch zu einem Wechsel der Magnetfeldstärke innerhalb der Permanentmagnete führt, welche aus einem hartmagnetischen Material sind. Dadurch kommt es zu Verlustleistungen. Weiters sind die Permanentmagnete großen thermischen Belastungen ausgesetzt und die Wartung gestaltet sich sehr aufwendig.

Aufgabe der Erfindung ist es daher einen elektrischen Antrieb der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, und welcher einfach aufgebaut und zuverlässig ist aber dennoch eine hohe Effizienz aufweist.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass ein elektrischer Antrieb im Sinne einer Magnetflussumschaltmaschine bereitgestellt werden kann, welcher eine geringere Verlustleistung aufweist und dennoch einfach und zuverlässig aufgebaut ist. Durch die zwei Schenkel der Kerne mit jeweils einer eigenen Spulenanordnung können die Magnetfelder von den paramagnetischen Zwischenteilen in den Schenkeln jeweils gezielt verstärkt oder abgeschwächt werden, sodass es möglich ist die magnetische Feldstärke an den einzelnen Polschuhen zeitlich zu variieren aber dennoch die Gesamtfeldstärke durch beide Polschuhe im Wesentlichen konstant zu halten, wodurch die magnetische Feldstärke in den permanentmagnetischen

Zwischenteilen im Wesentlichen unverändert bleibt. Der magnetische Fluss in den Kernen kann daher wahlweise auf die beiden Polschuhe aufgeteilt werden und zeitlich zwischen den Polschuhen pendeln. Dabei ist es nicht erforderlich, dass es zu einer Umpolung der Polschuhe kommt. Die Änderung der magnetischen Feldstärke erfolgt somit überwiegend in dem weichmagnetischen Kern, und nicht in den hartmagnetischen permanentmagnetischen Zwischenteilen, wodurch die magnetischen Verluste gering gehalten werden. Weiters erfolgt dadurch die Erwärmung vorwiegend in den Kernen und nicht bei den permanentmagnetischen Zwischenteilen.

Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Ausdrücklich wird hiermit auf den Wortlaut der Patentansprüche Bezug genommen, wodurch die Patentansprüche an dieser Stelle durch Bezugnahme in die Beschreibung eingefügt sind und als wörtlich wiedergegeben gelten.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 Teile einer ersten bevorzugten Ausführungsform eines elektrischen Antriebs, wobei links ein Ausschnitt des ersten Antriebsteils und rechts ein Ausschnitt des zweiten Antriebsteils jeweils in einer Schrägansicht gezeigt sind;

Fig. 2 die erste bevorzugte Ausführungsform als Schnitt normal zur Drehachse;

Fig. 3 Teile einer zweiten bevorzugten Ausführungsform eines elektrischen Antriebs, wobei oben ein Ausschnitt des ersten Antriebsteils in einer Schrägansicht und unten ein Ausschnitt des zweiten Antriebsteils in Seitenansicht gezeigt sind;

Fig. 4 die zweite bevorzugte Ausführungsform als Schnitt normal zur Drehachse;

Fig. 5 Teile einer dritten bevorzugten Ausführungsform eines elektrischen Antriebs, wobei ein Teil des zweiten Antriebsteils als Schnitt zwischen zwei Teilen des ersten Antriebsteils in einer Schrägansicht gezeigt sind;

Fig. 6 ein Detail des zweiten Antriebsteils der dritten bevorzugten Ausführungsform in Aufsicht; und

Fig. 7 Teile einer vierten bevorzugten Ausführungsform eines elektrischen Antriebs, wobei ein Teil des zweiten Antriebsteils als Schnitt neben einem Teil des ersten Antriebsteils in einer Schrägansicht gezeigt sind.

Die Fig. 1 bis 7 zeigen zumindest Teile von bevorzugten Ausführungsformen eines elektrischen Antriebs 1 umfassend einen ersten Antriebsteil 2 und einen relativ zum ersten Antriebsteil 2 beweglichen zweiten Antriebsteil 3, wobei der erste Antriebsteil 2 eine vorgebbare Anzahl an ferromagnetischen Kernen 4 umfasst, wobei vorgesehen ist, dass jeder Kern 4 einen ersten Schenkel 5 mit einem ersten Polschuh 6 und einen zweiten Schenkel 7 mit einem zweiten Polschuh 8 aufweist, dass die ersten Polschuhe 6 der Kerne 4 entlang einer ersten Linie angeordnet sind und die zweiten Polschuhe 8 der Kerne 4 entlang einer, beabstandet zur ersten Linie verlaufenden, zweiten Linie angeordnet sind, dass zur Magnetisierung der Kerne 4 zwischen benachbarten Kernen 4 permanentmagnetische Zwischenteile 9 angeordnet sind, dass die Polschuhe 6,8 desselben ferromagnetischen Kerns 4 magnetisch gleichpolig sind, dass benachbarte erste Polschuhe 6 magnetisch gegenpolig sind, und dass bei zumindest einem der Kerne 4 der ersten Schenkel 5 eine erste Spulenanordnung 10, und der zweite Schenkel 7 eine zweite Spulenanordnung 11 aufweist.

Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass ein elektrischer Antrieb 1 im Sinne einer Magnetflussumschaltmaschine bereitgestellt werden kann, welcher eine geringere Verlustleistung aufweist und dennoch einfach und zuverlässig aufgebaut ist. Durch die zwei Schenkel 5,6 der Kerne 4 mit jeweils einer eigenen Spulenanordnung 10,11 können die Magnetfelder von den paramagnetischen Zwischenteilen 9 in den Schenkeln 5,6 jeweils gezielt verstärkt oder abgeschwächt werden, sodass es möglich ist die magnetische Feldstärke an den einzelnen Polschuhen 7,8 zeitlich zu variieren aber dennoch die Gesamtfeldstärke durch beide Polschuhe 7,8 im Wesentlichen konstant zu halten, wodurch die magnetische Feldstärke in den permanentmagnetischen Zwischenteilen 9 im Wesentlichen unverändert bleibt. Der magnetische Fluss in den Kernen 4 kann daher wahlweise auf die beiden Polschuhe 7,8 aufgeteilt werden und zeitlich zwischen den Polschuhen 7,8 pendeln. Dabei ist

es nicht erforderlich, dass es zu einer Umpolung der Polschuhe 7,8 kommt. Die Änderung der magnetischen Feldstärke erfolgt somit überwiegend in dem weichmagnetischen Kern 4, und nicht in den hartmagnetischen permanentmagnetischen Zwischenteilen 9, wodurch die magnetischen Verluste gering gehalten werden. Weiters erfolgt dadurch die Erwärmung vorwiegend in den Kernen 4 und nicht bei den permanentmagnetischen Zwischenteilen 9.

In den Figuren sind für eine einfache Übersichtlichkeit nicht alle Merkmale mit Bezugszeichen versehen. Für eine einfache Übersichtlichkeit sind weiters nicht sämtliche Schnittflächen schraffiert dargestellt.

Permanentmagnete und deren Magnetisierungsrichtung werden durch einen vom Südpol zum Nordpol verlaufenden Pfeil angedeutet. Weiters wird durch die Buchstaben N und S der magnetische Nordpol sowie Südpol gekennzeichnet.

Der elektrische Antrieb 1 ist dazu vorgesehen bei einer vorgegebenen Bestromung der beiden Spulenanordnungen 10,11 den ersten Antriebsteil 2 relativ zu dem zweiten Antriebsteil 3 zu bewegen. Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass der erste Antriebsteil 2 fest angeordnet ist, also als Stator ausgebildet ist, und der zweite Antriebsteil 3 beweglich am ersten Antriebsteil 2 gelagert ist, daher insbesondere als Rotor, ausgebildet ist.

Der elektrische Antrieb 1 kann insbesondere als Elektromotor ausgebildet sein. Wie auch bei anderen Elektromotoren kann der elektrische Antrieb 1 in einigen Ausführungsformen aber auch als Generator eingesetzt werden. Der elektrische Antrieb 1 kann daher auch alternativ als elektrische Maschine bezeichnet werden.

Der erste Antriebsteil 2 umfasst eine vorgebbare Anzahl an ferromagnetischen Kernen 4. Die vorgebbare Anzahl kann insbesondere mindestens zwei, bevorzugt mindestens vier, besonders bevorzugt mindestens zehn, sein.

Die Kerne 4 können hierbei insbesondere aneinander angereiht angeordnet sein, wobei zwischen zwei Kernen 4 die permanentmagnetischen Zwischenteile 9 angeordnet sind.

Die Kerne 4 sind dabei derart ausgebildet, dass diese zwei Schenkel 5,7 aufweisen, welche jeweils einen eigenen Polschuh 6,8 an deren Enden aufweisen. Die Kerne 4 können daher auch alternativ als Zwillings-Kerne bezeichnet werden.

Die Kerne 4 sind dabei derart angeordnet, dass die ersten Polschuhe 6 der Kerne 4 entlang der ersten Linie angeordnet sind und die zweiten Polschuhe 8 der Kerne 4 entlang der zweiten Linie angeordnet sind, wobei die beiden Linien voneinander beabstandet sind. Entlang der ersten Linie ist daher eine Abfolge an ersten Polschuhen 6 angeordnet, während entlang der zweiten Linie eine Abfolge von zweiten Polschuhen 8 angeordnet ist. Die erste Linie und die zweite Linie sind hierbei lediglich gedachte Linien, an denen die jeweiligen Polschuhe 6,8 aufgereiht sind. Die erste Linie und die zweite Linie können gerade oder gekrümmt sein.

Die Kerne 4 sind weiters durch permanentmagnetische Zwischenteile 9 magnetisiert. Die Zwischenteile 9 und deren Magnetisierungsrichtung sind derart angeordnet, dass die Polschuhe 6,8 desselben Kerns 4 gleichpolig sind, daher bei einem Kern 4 beide Polschuhe 6,8 entweder einen Nordpol oder einen Südpol ausbilden. Die Polschuhe 6,8 eines der Kerne 4 sind dabei gegenpolig zu den Polschuhe 6,8 der benachbarten Kerne 4. Die Kerne sind daher durch die Zwischenteile 9 derart magnetisiert, dass einem Kern 4, bei welchen beide Polschuhe 6,8 einen Nordpol bilden, ein weiterer Kern 4 nachfolgt, bei welchen beide Polschuhe 6,8 einen Südpol bilden, und der darauffolgende Kern 4 wieder zwei als Nordpol ausgebildete Polschuhe 6,8 aufweist.

Diese Magnetisierung kann insbesondere dadurch erfolgen, dass bei zumindest einem der Kerne 4 an einem Bereich zwischen den beiden Spulenordnungen 10,11 zwei gleichpolige Zwischenteile 9 deren Magnetfeld einleiten. Dadurch kann ein besonders starkes permanentes Magnetfeld erzeugt werden.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass bei zumindest einem der Kerne 4 an einem Bereich zwischen den beiden Spulenordnungen 10,11 lediglich an einer Seite eines der Zwischenteil 9 dessen Magnetfeld einleitet. Es können dabei die Zwischenteile 9 insbesondere derart angeordnet sein, dass jede zweite Lücke zwischen den Kernen 4 frei von Zwischenteilen 9 ist. Eine derartige Anordnung kommt insgesamt mit weniger Permanentmagneten aus.

Die permanentmagnetischen Zwischenteile 9 können insbesondere aus NdFeB ausgebildet sein. Auch sonstige Permanentmagnete des elektrischen Antriebs 1 können aus NdFeB ausgebildet sein.

Die Polschuhe 6,8 eines der Kerne 4 weisen jeweils eine eigene magnetische Hauptflussrichtung auf. Als magnetische Hauptflussrichtung wird hierbei jene Richtung bezeichnet, welche sich durch die Summe sämtlicher Magnetfeldlinien ergibt, welche den jeweiligen Polschuh 6,8 verlassen. Die magnetischen Hauptflussrichtungen der Polschuhe 6,8 sind dabei bevorzugt auf den zweiten Antriebsteil 3 gerichtet. Weiters ist bevorzugt die magnetischen Hauptflussrichtungen der Polschuhe 6,8 normal zu der ersten Linie und der zweiten Linie.

Bei zumindest einem der Kerne 4 weist der erste Schenkel 5 eine erste Spulenanordnung 10 auf und der zweite Schenkel 7 eine zweite Spulenanordnung 11 auf. Die Spulenanordnungen 10,11 können insbesondere um den jeweiligen Schenkel 5,7 gewickelt sein. Alternativ können die Spulenanordnungen 10,11 auch innerhalb der jeweiligen Schenkel 5,7 angeordnet sein. Aufgabe der Spulenanordnungen 10,11 ist es den magnetischen Fluss in den jeweiligen Schenkel 5,7, und damit auch den jeweiligen Polschuhen 6,8, zu verstärken oder abzuschwächen.

Die Kerne 4 mit den Spulenanordnungen 10,11 können insbesondere derart angeordnet sein, dass der magnetische Fluss in den beiden Schenkel 5, 7 gleich groß ist, sofern die Spulenanordnungen 10,11 nicht bestromt werden. In diesem Falle wirkt auch auf den zweiten Antriebsteil 3 entlang der ersten Linie und der zweiten Linie das gleiche magnetische Feld.

Durch eine Bestromung der Spulenanordnungen 10,11 ist es nun möglich den magnetischen Fluss in dem einen Schenkel 5,7 zu verstärken und gleichzeitig in dem anderen Schenkel 5,7 abzuschwächen. Dadurch wird das Magnetfeld an einem der beiden Polschuhe 6,8 verstärkt und an dem anderen Polschuh 6,8 abgeschwächt. Das zweite Antriebsteil 3 wird sich dann bewegen, um sich auf das veränderte Magnetfeld einzustellen. Sobald der Stromfluss in den beiden Spulenanordnungen 10,11 umgekehrt wird, wird das Magnetfeld an jenem

Polschuhe 6,8, an welchem es vorher verstärkt war, abgeschwächt, und an dem anderen Polschuh 6,8 verstärkt, worauf sich das zweite Antriebsteil 3 zu einer nächsten Position bewegt.

Der magnetische Fluss in den Zwischenteilen 9 ändert sich lediglich durch die Differenz der beiden durch die Spulenanordnungen 10,11 induzierten Magnetflüsse. Sofern beide Spulenanordnungen 10,11 den gleichstarken aber entgegengesetzten Magnetfluss induzieren, ist der Magnetfluss in den Zwischenteilen 9 unverändert.

Die Kerne 4 sind bevorzugt aus einem weichmagnetischen Material mit hohem Flussleitvermögen, also einem Material mit kleiner Koerzitivfeldstärke bei hoher Permeabilität, ausgebildet. Das können Pakete aus isolierten Elektroblech oder aus weichmagnetischen Pulververbundwerkstoff, sogenannte SMC, sein. Das weichmagnetische Material kann den von den permanentmagnetischen Zwischenteilen 9 und den Spulenanordnungen 10,11 aufgeprägten magnetischen Fluss dreidimensional und verlustarm in die als Polschuhe 6,8 ausgebildeten Enden der Schenkel 5,6 leiten. Auch ist es einfach sie in Serie zu fertigen und damit maßgenaue, komplizierte, dreidimensionale Formen zu realisieren mit Zusatzfunktionen wie Positionierungs- und Verbindungsstege, Leitungs- und Kühlkanäle. Die Polschuhe 6,8, daher die polschuhförmigen Enden der Schenkel 5,7, können auch als Statorpole bezeichnet werden.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass der zweite Antriebsteil 3 gegenüber dem ersten Antriebsteil 2 um eine Drehachse 18 drehbar gelagert ist, wobei die erste Linie und die zweite Linie als Kreise ausgebildet sind. Der elektrische Antrieb 1 ist daher als rotierender Elektromotor ausgebildet. Dies ermöglicht einen einfachen Aufbau. Alternativ kann der elektrische Antrieb 1 auch als Linearmotor ausgebildet sein.

Der zweite Antriebsteil 3 kann insbesondere ein Innenläufer sein, also vom ersten Antriebsteil 2 umgeben sein.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die ersten Polschuhe 6 einen ersten Statorring ausbilden, und die zweiten Polschuhe 8 einen zweiten Statorring ausbilden.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die permanentmagnetischen Zwischenteile 9 im Wesentlichen parallel zu der ersten Linie magnetisiert sind. Dadurch können die Magnetlinien besonders kurz geführt sein. Im Wesentlichen parallel beinhaltet hierbei auch eine leicht schräge Anordnung eines Teils der Zwischenteile 9, wie beispielsweise in Fig. 3 angedeutet. Im Bezug auf die Drehachse 18 können die Zwischenteile 9 im Wesentlichen tangential magnetisiert sein.

Weiters kann vorgesehen sein, dass die Zwischenteile 9 an einer, dem zweiten Antriebsteil 3 abgewandten Seite der Kerne 4 angeordnet sind. Dadurch können diese kühl gehalten werden, wobei auch die Wartung vereinfacht wird.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass entlang der ersten Linie betrachtet benachbarte permanentmagnetische Zwischenteile 9 gegenpolig sind. Nach jedem Kern 4 kann dabei die Polrichtung der permanentmagnetischen Zwischenteile 9 wechseln, sodass einfach eine Anordnung erreicht werden kann, in welcher die Polschuhe 6,8 benachbarter Kerne 4 gegenpolig zueinander sind.

Alternativ kann eine Anordnung sein, in welcher lediglich Paare aus zwei Kernen 4 mittels den permanentmagnetischen Zwischenteilen 9 verbunden sind, und zwischen den Paaren aus zwei Kernen 4 keine permanentmagnetischen Zwischenteilen 9 angeordnet sind.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Kerne 4 jeweils einen Sockelbereich 12 aufweisen, dass die beiden Schenkel 5,7 von dem Sockelbereich 12 ausgehen, und dass insbesondere die permanentmagnetischen Zwischenteile 9 deren Magnetfeld in den Sockelbereich 12 einleiten. Der Sockelbereich 12 ist hierbei jener Bereich, welcher die beiden Schenkel 5,7 miteinander verbindet. Durch das Einleiten eines Magnetfeldes in den Sockelbereich 12 sind die beiden Polschuhe 6,8 auch gleichpolig ausgebildet. Der Sockelbereich 12 kann auch als Anschlussplatte oder Joch bezeichnet werden. Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass der Sockelbereich 12 an einer, dem zweiten Antriebsteil 3 abgewandten Seite des Kerns 4 angeordnet ist.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Zwischenteile 9 deren Magnetfelder seitlich, bevorzugt in tangentialer Richtung bezüglich der Drehachse 18, in den Kern 4 einleiten. Eine derartige Anordnung ist beispielhaft in Fig. 1 dargestellt.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass an dem Sockelbereich 12 ein weiterer, radial zur Drehachse 18 magnetisierter Permanentmagnet 19 angeordnet ist, in welchen die permanentmagnetische Zwischenteile 9 deren Magnetfeld einleiten. Eine derartige Anordnung ist beispielhaft in Fig. 3 dargestellt.

Es kann weiters vorgesehen sein, dass die permanentmagnetische Zwischenteile 9 die Magnetfelder in die Schenkel 5,7 einleiten. Hierbei sorgt der Sockelbereich 12 für eine Überleitung der Magnetfelder von dem einen der Schenkel 5,7 auf den anderen Schenkel 5,7 vorgesehen ist. Diese Anordnung hat die Vorteile eines einfacheren Aufbaus. In Fig. 4 sind beispielhaft zwei mögliche Anordnungen der Sockelbereich 12 gleichzeitig angedeutet. Einerseits ist eine Anordnung des Sockelbereiches 12 als schraffierte Fläche zwischen den Zwischenteilen 9 eingezeichnet. Es ist allerdings auch die Möglichkeit der Anordnung des Sockelbereiches 12 außerhalb der Verbindung zwischen den Zwischenteilen 9 eingezeichnet.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Kerne 4 C-förmig und/oder U-förmig sind. Dadurch können die Kerne 4 entsprechend kompakt ausgebildet sein. Bei einem U-förmigen Kern 4 können die magnetischen Hauptflussrichtungen beider Polschuhe 6,8 in die gleiche Richtung ausgerichtet sein. Bei einem C-förmigen Kern 4 können die magnetischen Hauptflussrichtungen beider Polschuhe 6,8 entgegengesetzt ausgerichtet sein.

Die beiden Schenkel 5,7 können bevorzugt im Wesentlichen den gleichen Querschnitt aufweisen.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die erste Spulenanordnung 10 gekreuzt zur zweiten Spulenanordnung 11 geschaltet ist und beide Spulenanordnungen 10,11 die gleiche Windungsanzahl haben. Die gekreuzte Schaltung bedeutet, dass die erste Spulenanordnung 10 vom Strom in einem entgegengesetzten Umlaufsinn im Vergleich zu der zweiten Spulenanordnung 11

durchlaufen wird. Durch die gleiche Windungsanzahl kann dadurch auf einfache Weise zwei exakt gleichgroße aber entgegengesetzte magnetische Flüsse in den Schenkel 5,7 erzeugt werden. Durch diese Anordnung entsteht weiters in beiden Stromrichtungen der gleiche elektrische Widerstand.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die erste Spulenanordnung 10 und/oder die zweite Spulenanordnung 11 Teil eines elektrischen Schwingkreises sind. Im Falle einer gekreuzten Schaltung sind beide Spulenanordnungen Teil desselben elektrischen Schwingkreises. Durch einen, insbesondere angetriebenen, elektrischen Schwingkreis kann besonders einfach eine Steuerung des elektrischen Antriebes 1 erreicht werden. Hierbei kann vor allem die Resonanzfrequenz des Schwingkreises die Drehzahl vorgeben und durch eine Steuerung der Resonanzfrequenz die Drehzahl gesteuert werden. Durch den Schwingkreis können entsprechend hohe Stromstärken zum Betreiben der Spulenanordnungen 10,11 bereitgestellt werden. Bevorzugt kann der Schwingkreis mit einer Sinus-Lastkurve betrieben werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die beiden Spulenanordnungen 10,11 getrennt voneinander angesteuert werden.

Es kann ausreichend sein, wenn lediglich einer der Kerne 4 über die Spulenanordnungen 10,11 verfügt. Die weiteren Kerne 4 können hierbei lediglich für eine magnetische Lagerung, beziehungsweise eine verbesserte Laufruhe, vorgesehen sein.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass mehrere Kerne 4, insbesondere mindestens 30% der Kerne 4, bevorzugt sämtliche Kerne 4, die erste Spulenanordnung 10 und die zweite Spulenanordnung 11 aufweisen. Durch eine Erhöhung der Anzahl der ansteuerbare Kerne 4 kann die Leistung sowie die Laufruhe des elektrischen Antriebs 1 erhöht werden.

Die Ausbildung des ersten Antriebsteils 2 kann mit unterschiedlich ausgebildeten zweiten Antriebsteilen 3 zusammenwirken.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass der zweite Antriebsteil 3 einen mit den ersten Polschuhen 6 zusammenwirkenden ersten Bereich 13 und einen mit den

zweiten Polschuhen 8 zusammenwirkenden zweiten Bereich 14 aufweist, wobei der erste Bereich 13 und der zweite Bereich 14 jeweils einen Aufbau mit sich periodisch ändernden magnetischen Eigenschaften aufweisen, und dass der Aufbau des ersten Bereiches 13 versetzt, insbesondere um eine halbe Periodenlänge versetzt, zu dem Aufbau des zweiten Bereiches 14 angeordnet ist. Im Falle eines um die Drehachse 18 rotierenden zweiten Antriebsteils 3 kann der erste Bereich als erster Rotorring und der zweite Bereich 14 als zweiter Rotorring bezeichnet werden. Der zweite Antriebsteil 3 kann in diesem Fall auch als Zwilling-Rotor bezeichnet werden. Die sich periodisch ändernden magnetischen Eigenschaften bedeuten, dass bei einer Bewegung des zweiten Antriebsteils 3 gegenüber dem ersten Antriebsteil 2 sich die magnetischen Eigenschaften periodisch ändern, beispielsweise indem sich die magnetische Reluktanz ändert und/oder die lokale Magnetisierung des zweiten Antriebsteils 3. Der erste Bereich 13 ist dabei versetzt zum zweiten Bereich 14 ausgebildet, bevorzugt um eine halbe Periodenlänge der sich periodisch ändernden magnetischen Eigenschaften des Aufbaus. Der erste Bereich 13 könnte daher auch als in Umlaufrichtung phasenversetzt zu dem zweiten Bereich 14 angesehen werden. Der Aufbau der beiden Bereiche 13, 14 kann abgesehen von der Versetzung insbesondere identisch sein. Sofern die Spulenanordnungen 10, 11 nicht bestromt werden, ist keiner der beiden Bereiche 13, 14 in der Wechselwirkung mit dem ersten Antriebsteil 2 bevorzugt. Sofern der magnetische Fluss in den ersten Polschuhen 6 verstärkt, und in den zweiten Polschuhen 8 abgeschwächt wird, überwiegt die Wechselwirkung mit dem ersten Bereich 13, während bei einer umgekehrten Bestromung die Wechselwirkung mit dem ersten Bereich 14 überwiegt.

Der elektrische Antrieb 1 kann insbesondere als Schrittmotor ausgebildet sein.

Insbesondere kann vorgesehen sein, der erste Bereich 13 und der zweite Bereich 14 jeweils zumindest zum Teil einen Aufbau mit abwechselnd gegenpoligen Permanentmagneten 15 aufweist. Der erste Bereich 13 und der zweite Bereich 14 können daher jeweils einen Aufbau mit einem abwechselnden Nordpol und Südpol aufweisen. Hierbei kann ein Paar aus einem Nordpol und einem Südpol eine Periode des Aufbaus des ersten Bereichs 13 oder des zweiten Bereichs 14 ausbilden. Diese Pole können bei einem rotierenden elektrischen Antrieb 1 auch als Rotorpole

bezeichnet werden. Durch die versetzte Anordnung kann daher im Wesentlichen eine schachbrettartige Anordnung von Magnetpolen angeordnet sein, wie dies beispielhaft in Fig. 3 und Fig. 6 zu sehen ist. In den Fig. 3, 4 und 6 werden zur besseren Unterscheidbarkeit die Pole im ersten Bereich 13 mit Großbuchstaben, daher N und S, und die Pole im zweiten Bereich mit Kleinbuchstaben, daher n und s, gekennzeichnet. In Fig. 4, in welcher der zweite Bereich 14 an sich durch den ersten Bereich 13 verdeckt wird, sind derart die Polarisierung der Permanentmagneten 15 in beiden Bereichen 13,14 gekennzeichnet.

Sofern nun die gegenpoligen Permanentmagnete 15 der beiden Bereiche 13, 14 mit den beiden gleichpoligen Polschuhen 6,8 zusammenwirken, so wird, wenn die Spulenanordnungen 10, 11 nicht bestromt werden, die abstoßende Wirkung auf den einen Permanentmagnet 15 die anziehende Wirkung auf den anderen Permanentmagneten 15 gleich groß sein. Erst bei einer Bestromung der Spulenanordnungen 10, 11 wird, je nach Richtung der Bestromung, die anziehende Wirkung auf den einen oder den anderen Permanentmagneten 15 überwiegen.

Zwischen dem ersten Antriebsteil 2 und dem zweiten Antriebsteil 3 ist insbesondere ein Spalt angeordnet. Je nach Umgebungsatmosphäre kann es sich beim Spalt um einen Luft-, Gas-, Vakuum- oder aber um einen Flüssigkeitsspalt handeln, wenn beispielsweise der elektrische Antrieb 1, mit einem Spaltrohr ausgestaltet als Nassläufer eingesetzt wird.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, der erste Bereich 13 und der zweite Bereich 14 jeweils zumindest zum Teil einen Aufbau mit wechselnder Reluktanz aufweist. Der Aufbau mit wechselnder Reluktanz bedeutet, dass die auf das Magnetfeld der Polschuhe 6,8 wirkende Reluktanz bei einer Bewegung des zweiten Antriebsteils 3 ändert, daher eine Position mit hoher Reluktanz sich mit einer Position niedriger Reluktanz abwechselt. Der elektrische Antrieb kann daher als Reluktanzmotor verwendet werden.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der erste Bereich 13 und der zweite Bereich 14 voneinander magnetisch im Wesentlichen isoliert sind, daher eine hohe Reluktanz zwischen dem ersten Bereich 13 und dem zweiten Bereich 14 besteht.

Dies kann insbesondere durch eine Lücke zwischen dem ersten Bereich 13 und dem zweiten Bereich 14 erfolgen.

Es kann vorgesehen sein, dass der Aufbau des ersten Bereiches 13 und des zweiten Bereiches 14 Permanentmagneten 15 und eine sich abwechselnde Reluktanz kombiniert.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass der erste Bereich 13 und der zweite Bereich 14 jeweils einen Aufbau mit einem weichmagnetischen Ferromagneten mit abwechselnden Erhebungen 16 und Vertiefungen 17 aufweist. Bei den Erhebungen 16 ist hierbei der Spalt zwischen den beiden Antriebsteilen 2, 3 kleiner als den Vertiefungen 17, wodurch auch die Reluktanz bei den Erhebungen 16 kleiner ist als bei den Vertiefungen 17. Dadurch kann auf einfache Weise ein zweiter Antriebsteil 3 mit abwechselnder Reluktanz bereitgestellt werden.

Der erste Bereich 13 und der zweite Bereich 14 können insbesondere jeweils zahnradförmig ausgebildet sein, wobei der Aufbau der beiden Bereiche 13,14 um einen halben Zahnabstand zueinander versetzt, insbesondere verdreht, ist. Ein derartiger Aufbau ist beispielhaft in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Dabei wird in Fig. 2 die Form der Erhebungen 16 und Vertiefungen 17 des ersten Bereiches 13 als durchgezogene Linie, und die Form der Erhebungen 16 und Vertiefungen 17 des zweiten Bereiches 14 als strichlinierte Linie dargestellt. Wie in Fig. 2 gut ersichtlich ist, ist an einigen Stellen die Reluktanz im ersten Bereich 13 und an einer anderen Stelle die Reluktanz im zweiten Bereich 14 geringer. Durch Pfeile zwischen den Polschuhen 6,8 ist weiters die unterschiedlich wirkende Reluktanz angedeutet.

Eine abwechselnde Reluktanz im zweiten Antriebsteil 3 kann auch durch den Einsatz weichmagnetischer Flussleitstücke und/oder Flussperrabschnitten, beispielsweise Lücken, erreicht werden.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass sich die Anzahl der Permanentmagnete 15 oder der abwechselnden Reluktanzen in dem ersten Bereich 13 von der Anzahl der Kerne 4 unterscheidet. Dieser Unterschied kann bevorzugt gering, insbesondere maximal 25%, sein. Bei einem Innenläufer kann die Anzahl der Kerne 4 insbesondere kleiner, und bei einem Außenläufer insbesondere größer, als die

Anzahl der Permanentmagnete 15 oder der abwechselnden Reluktanzen in dem ersten Bereich 13 sein.

Die Stellung benachbarter Kerne 4 ist in Bezug auf zwei benachbarte Permanentmagnete 15 oder Erhebungen 17 daher leicht unterschiedlich. Dadurch kann bei entsprechender Ansteuerung die Drehrichtung aufgeprägte, die Laufruhe verbessert und die Rastmomente verringert werden.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die erste Linie und die zweite Linie axial entlang der Drehachse 18 versetzt sind, wobei magnetische Hauptflussrichtungen der beiden Polschuhe 6,8 jedes Kerns 4 radial zur Drehachse 18 ausgerichtet sind. Hierbei sind die Kerne 4 bevorzugt U-förmig ausgebildet. Die Polschuhe 6,8 bilden hierbei bevorzugt zwei Statorringe aus, während die beiden Bereiche 13,14 des zweiten Antriebsteils 3 zwei Rotorringe ausbilden, wobei die Statorringe sowie die Rotorringe jeweils axial zueinander versetzt angeordnet sind. Der zweite Antriebsteil 3 kann hierbei insbesondere walzenförmig ausgebildet sein. Vorteilhaft ist dabei eine kompakte Form des elektrischen Antriebes 1. Auch können die Magnetfeldlinien im zweiten Antriebsteil 3 gut rückgeführt werden. Derartige bevorzugte Ausführungsformen sind in den Fig. 1 bis 4 dargestellt.

In Fig. 4 sind nur ein Teil der Spulenordnungen 10,11 eingezeichnet. In Fig. 2 sind die Spulenordnungen 10,11 nicht dargestellt. Weiters ist in Fig. 2 lediglich die Magnetisierungsrichtung von zwei Zwischenteilen 9 eingezeichnet.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die erste Linie und die zweite Linie unterschiedliche Radien um die Drehachse 18 aufweisen, wobei magnetische Hauptflussrichtungen der beiden Polschuhe 6,8 jedes Kerns 4 radial zur Drehachse 18 sowie entgegengesetzt zueinander ausgerichtet sind. Hierbei sind die Kerne 4 bevorzugt C-förmig ausgebildet. Der zweite Antriebsteil 3 kann hierbei insbesondere einen schalenförmigen Körper aufweisen, wobei ein hohlzylinderförmiger Rand in den Raum zwischen den beiden Polschuhen 6, 8 angeordnet ist. Hierbei kann eine Außenseite des Randes den ersten Bereich 13 ausbilden und die Innenseite des Randes den zweiten Bereich 14, wobei im Rand die Permanentmagnete 15 mit axialer Magnetisierungsrichtung eingebettet sind. Vorteilhaft daran ist, dass ein einzelner Permanentmagnet 15 sowohl als Pol für

den ersten Bereich 13 als auch den zweiten Bereich 14 verwendet werden kann. Eine derartige bevorzugte Ausführungsform ist in Fig. 7 dargestellt, wobei der zweite Außenteil 3 geschnitten und der Rand außerhalb des Bereiches zwischen den beiden Polschuhen 6,8 dargestellt ist. Vom ersten Antriebsteil 2 ist lediglich ein einzelner Kern 4 mit einem Zwischenteil 9 dargestellt.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die erste Linie und die zweite Linie unterschiedliche Radien um die Drehachse 18 aufweisen und die magnetische Hauptflussrichtungen der beiden Polschuhe 6,8 jedes Kerns 4 axial zur Drehachse ausgerichtet sind. Der zweite Antriebsteil 3 kann hierbei insbesondere scheibenförmig sein, wobei die zwei Bereiche 13,14 als Ringe auf dergleichen Seite ausgebildet sind. Vorteilhaft daran ist eine besonders flache Bauform bei geringem Gewicht und hohem Drehmoment. Derart ausgebildete bevorzugte Ausführungsformen sind in Fig. 5 und 6 dargestellt.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der erste Antriebsteil 2 eine vorgebbare Anzahl an weiteren ferromagnetischen Kernen 20 umfasst. Die weiteren Kerne 20 können hierbei gleich oder zumindest ähnlich den ferromagnetischen Kernen 4 ausgebildet sein, also insbesondere ebenfalls zwei Polschuhe 6,8 aufweisen. Die weiteren Kerne 20 können hierbei die Leistung des elektrischen Antriebs 1 weiter verstärken. Weiters kann durch Gegenkräfte vorteilhaft die Stabilität des Antriebsteils 3 verbessert werden. In Fig. 5 ist beispielhaft ein weiterer Kern 20 dargestellt, welcher auf einer gegenüberliegenden Seite vom zweiten Antriebsteil 3 gegenüber dem Kern 4 angeordnet ist und mit einer Rückseite der Permanentmagneten 15 wechselwirkt.

Die Fig. 1 bis 7 zeigen zumindest Teile von bevorzugten Ausführungsformen einer elektrischen Maschine 1 nach dem Flux-Switching-Permanent-Magnet Prinzip, also einer elektrischen Maschine 1 mit Permanentmagneten und Magnetflussumschaltung. Der erste Antriebsteil 2, welcher auch als Flussschaltstator einer Magnetflussumschaltmaschine bezeichnet werden kann, umfasst einen oder mehrere Kerne 4, insbesondere U-Kerne, wobei jeder Kern 4 zwei Schenkel 5, 7 und einen Sockelbereich 12 aufweist, wobei der Sockelbereich 12 auch als Joch oder Anschlussplatte bezeichnet werden kann, wobei die Anschlussplatte die Schenkel 5,7 über den ersten Statorring und den zweiten

Statorring verbindet, wobei vom ersten Statorring der Schenkel 5 mit dem ersten Bereich 13, bevorzugt einem Polsektor des ersten Rotorring vom als Zwilling-Rotor ausgebildeten zweiten Antriebsteil 3, über den Luftspalt wirkverbunden ist, und vom zweiten Statorring der Schenkel 7 mit dem zweiten Bereich 14, insbesondere einen ersten Polsektor des zweiten Rotorring, über den Luftspalt wirkverbunden ist, wobei der Schenkel 5, 7 in einer Normalen zur Wirkfläche der Bereiche 13, 14, daher des einen ersten Polsektors ausgerichtet ist, wobei der erste Antriebsteil 2 die permanentmagnetischen Zwischenteile 9, daher insbesondere wenigstens einen ersten Permanentmagnet aufweist, der am Sockelbereich 12 oder dem Schenkel 5,7 anliegt, wobei der permanentmagnetische Zwischenteil 9 einen Magnetfluss dem einen ersten Kern 4 aufprägt und die erste Spulenordnung 10 ausgebildet ist, den Magnetfluss in dem einen ersten Kern 4 zu lenken und den wenigstens einen ersten Polsektor vom Anfang des einen ersten Kern 4 zu einem Anfang des nachfolgenden Kern 4 zu bewegen.

Auch entsteht durch diese Anordnung eine Zwilling-Spule die in beide Arbeitsrichtungen eine ausgeglichene Sinus-Lastkurve bildet und dadurch einen elektrisch sehr effizienten Umschaltvorgang bereitstellt. Durch die neuartige Konstruktion wird eine hohe Effizienz beim Umschaltvorgang erreicht und die Rastmomente und die Drehmomentwelligkeit der FSPM-Maschinen reduziert, sowie eine wartungsfreundliche und robuste Technik ermöglicht.

In dem elektrischen Antrieb 1 kann die Umfangsanordnung besonders bevorzugt aus einer alternierenden Abfolge von Kernen 4 und Zwischenteilen 9 sein. Dabei ist der aufgeprägte Permanentmagnetfluss in tangentialer Richtung alternierend. Die Schenkel 5,7 der Kerne 4 bilden dadurch den ersten Statorring und den zweiten Statorring, wobei die Polschuhe 6,8 der Schenkel 5,7 des ersten Statorrings mit den Rotorpolen des ersten Rotorring vom Zwilling-Rotor über einen Luftspalt wirkverbunden sind.

Die Spulenordnung 10,11 ist vorteilhaft am Ende des Schenkels 5,7 aufgebracht. Dabei ist es denkbar, dass nur jeder zweite Schenkel 5,7 eine Spulenordnung 10,11 trägt. Sie kann um oder in den Schenkel 5,7 gewickelt sein. Dabei kann sie sehr niederohmig sein, da sie vor allem eine Schaltfunktion hat. Die zwei Spulenordnung 10,11 eines Kerns 4 können in einfacher Ausführung zeitgleich und

gegengleich wirkend als Zwillings-Spule gekreuzt verschaltet werden. Dadurch entsteht in beide Arbeitsrichtungen eine ausgeglichene Lastkurve, die besonders vorteilhaft Teil eines elektrischen Schwingkreises sein kann, wodurch bei konstantem Dauerbetrieb große Energieeinsparungen möglich werden. Für einen optimierten dynamischen Betrieb ist die individuelle Ansteuerung der Spulenanordnungen 10,11 über integrierte Schaltungen zum hochdynamischen Betrieb vorteilhaft.

Die Fig. 1 zeigt im Schrägriss die erste bevorzugte Ausführungsform für den Kern 4 und seine Einbindung mit dem benachbarten Kern 4 im ersten Antriebsteil 2. Der Kern 4 ist im Beispiel aus SMC (soft magnetic composites) ausgebildet und leitet den vom Zwischenteil 9 aufgeprägten magnetischen Fluss dreidimensional in die als Polschuhe 6, 8 ausgebildete Ende der Schenkel 5,7, welche in Umfangsrichtung die beiden Statorringe bilden. Die Permanentmagnete der Zwischenteile 9 liegen formschlüssig mit der Polseite am Sockelbereich 12 an und werden von Positionierstegen gesichert und von einer vorteilhaft nichtmagnetischen Statorhülle umschlossen. Die Statorhülle kann auch ein dünner magnetisch leitender Steg sein, der in Sättigung fällt. Die Kerne 4 sind in Umfangsrichtung mit alternierendem Permanentmagnetfluss an den Polschuhen 6,8 angeordnet. Je nach der notwendigen Magnetflussstärke können die Permanentmagnete der Zwischenteile 9 durchgehend oder unterteilt, ein- oder mehrteilig sein. Die Spulenanordnung 10,11 vom ersten Statorring und vom zweiten Statorring kann in einfacher Ausführung zeitgleich und gegengleich wirkend als Zwillings-Spule gekreuzt verschaltet werden. Der beispielhafte, als Zwillings-Rotor ausgebildete, zweite Antriebsteil 3 ist nach dem Reluktanzprinzip in Umfangsrichtung mit erhabenen weichmagnetischen Polen ausgebildet, welche den ersten Rotorpolring und den phasenverschobenen zweiten Rotorpolring bilden.

Die weichmagnetischen Polsektoren am Rotorring sind so aufgeteilt, dass mindestens ein Paar Rotorpole sich im Statorring mit einem Paar Schenkel 5,7 ausrichten kann, welche einen gegenpoligen durch die Zwischenteile 9 aufgeprägten magnetischen Fluss aufweisen, sodass sich über die Rotorpole ein magnetischer Pfad schließt.

Bei der Ansteuerung werden nun die Spulenanordnungen 10,11 von einem Paar gegenpolig mit permanentmagnetischen Fluss beaufschlagten Schenkel 5,7 des Schenkelpaares im Statorring bestromt unter denen die phasenverschobenen Rotorpole am Rotorpolring bis jetzt ausgerichtet sind und entwickeln einen Magnetfluss, dass den Permanentmagnetfluss im Schenkel 5,7 des zweiten Statorrings stoppt und die darunter verweilenden Rotorpole am zweiten Rotorpolring können ohne Rastmoment auslaufen. Durch den Strompuls wird der elektromagnetische Fluss und der gesamte Permanentmagnetfluss in den ersten Statorring umgelenkt, wodurch dieses Schenkelpaar nun einen starken magnetischen Fluss ausbildet und die in Umfangsrichtung nächsten zwei Rotorpole am ersten Rotorpolring werden angezogen. Zeitgleich können im ersten Statorring die gegengleich wirkenden Zwillings-Spulen in verstärkender Richtung bestromt werden, sodass sie den Magnetfluss ansaugen und den Permanentmagnetfluss im Schenkel 5 des ersten Statorrings verstärken.

Nachfolgend werden Grundsätze für das Verständnis und die Auslegung gegenständlicher Offenbarung angeführt.

Merkmale werden üblicherweise mit einem unbestimmten Artikel „ein, eine, eines, einer“ eingeführt. Sofern es sich aus dem Kontext nicht anders ergibt, ist daher „ein, eine, eines, einer“ nicht als Zahlwort zu verstehen.

Das Bindewort „oder“ ist als inklusiv und nicht als exklusiv zu interpretieren. Sofern es sich aus dem Kontext nicht anders ergibt, umfasst „A oder B“ auch „A und B“, wobei „A“ und „B“ beliebige Merkmale darstellen.

Mittels eines ordnenden Zahlwortes, beispielweise „erster“, „zweiter“ oder „dritter“, werden insbesondere ein Merkmal X bzw. ein Gegenstand Y in mehreren Ausführungsformen unterschieden, sofern dies nicht durch die Offenbarung der Erfindung anderweitig definiert wird. Insbesondere bedeutet ein Merkmal X bzw. Gegenstand Y mit einem ordnenden Zahlwort in einem Anspruch nicht, dass eine unter diesen Anspruch fallende Ausgestaltung der Erfindung ein weiteres Merkmal X bzw. einen weiteren Gegenstand Y aufweisen muss.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Elektrischer Antrieb (1) umfassend einen ersten Antriebsteil (2) und einen relativ zum ersten Antriebsteil (2) beweglichen zweiten Antriebsteil (3), wobei der erste Antriebsteil (2) eine vorgebbare Anzahl an ferromagnetischen Kernen (4) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Kern (4) einen ersten Schenkel (5) mit einem ersten Polschuh (6) und einen zweiten Schenkel (7) mit einem zweiten Polschuh (8) aufweist, dass die ersten Polschuhe (6) der Kerne (4) entlang einer ersten Linie angeordnet sind und die zweiten Polschuhe (8) der Kerne (4) entlang einer, beabstandet zur ersten Linie verlaufenden, zweiten Linie angeordnet sind, dass zur Magnetisierung der Kerne (4) zwischen benachbarten Kernen (4) permanentmagnetische Zwischenteile (9) angeordnet sind, dass die Polschuhe (6,8) desselben ferromagnetischen Kerns (4) magnetisch gleichpolig sind, dass benachbarte erste Polschuhe (6) magnetisch gegenpolig sind, und dass bei zumindest einem der Kerne (4) der ersten Schenkel (5) eine erste Spulenanordnung (10), und der zweite Schenkel (7) eine zweite Spulenanordnung (11) aufweist.
2. Elektrischer Antrieb (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die permanentmagnetischen Zwischenteile (9) im Wesentlichen parallel zu der ersten Linie magnetisiert sind.
3. Elektrischer Antrieb (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass entlang der ersten Linie betrachtet benachbarte permanentmagnetische Zwischenteile (9) gegenpolig sind.
4. Elektrischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kerne (4) jeweils einen Sockelbereich (12) aufweisen, dass die beiden Schenkel (5,7) von dem Sockelbereich (12) ausgehen, und dass insbesondere die permanentmagnetischen Zwischenteile (9) deren Magnetfeld in den Sockelbereich (12) einleiten.
5. Elektrischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch**

gekennzeichnet, dass die Kerne (4) C-förmig und/oder U-förmig sind.

6. Elektrischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Spulenordnung (10) gekreuzt zur zweiten Spulenordnung (11) geschaltet ist und beide Spulenordnungen (10,11) die gleiche Windungszahl haben.

7. Elektrischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Spulenordnung (10) und/oder die zweite Spulenordnung (11) Teil eines elektrischen Schwingkreises sind.

8. Elektrischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Kerne (4), insbesondere mindestens 30% der Kerne (4), bevorzugt sämtliche Kerne (4), die erste Spulenordnung (10) und die zweite Spulenordnung (11) aufweisen.

9. Elektrischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Antriebsteil (3) einen mit den ersten Polschuhen (6) zusammenwirkenden ersten Bereich (13) und einen mit den zweiten Polschuhen (8) zusammenwirkenden zweiten Bereich (14) aufweist, wobei der erste Bereich (13) und der zweite Bereich (14) jeweils einen Aufbau mit sich periodisch ändernden magnetischen Eigenschaften aufweisen, und dass der Aufbau des ersten Bereiches (13) versetzt, insbesondere um eine halbe Periodenlänge versetzt, zu dem Aufbau des zweiten Bereiches (14) angeordnet ist.

10. Elektrischer Antrieb (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Bereich (13) und der zweite Bereich (14) jeweils zumindest zum Teil einen Aufbau mit abwechselnd gegenpoligen Permanentmagneten (15) aufweist.

11. Elektrischer Antrieb (1) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Bereich (13) und der zweite Bereich (14) jeweils zumindest zum Teil einen Aufbau mit wechselnder Reluktanz aufweist.

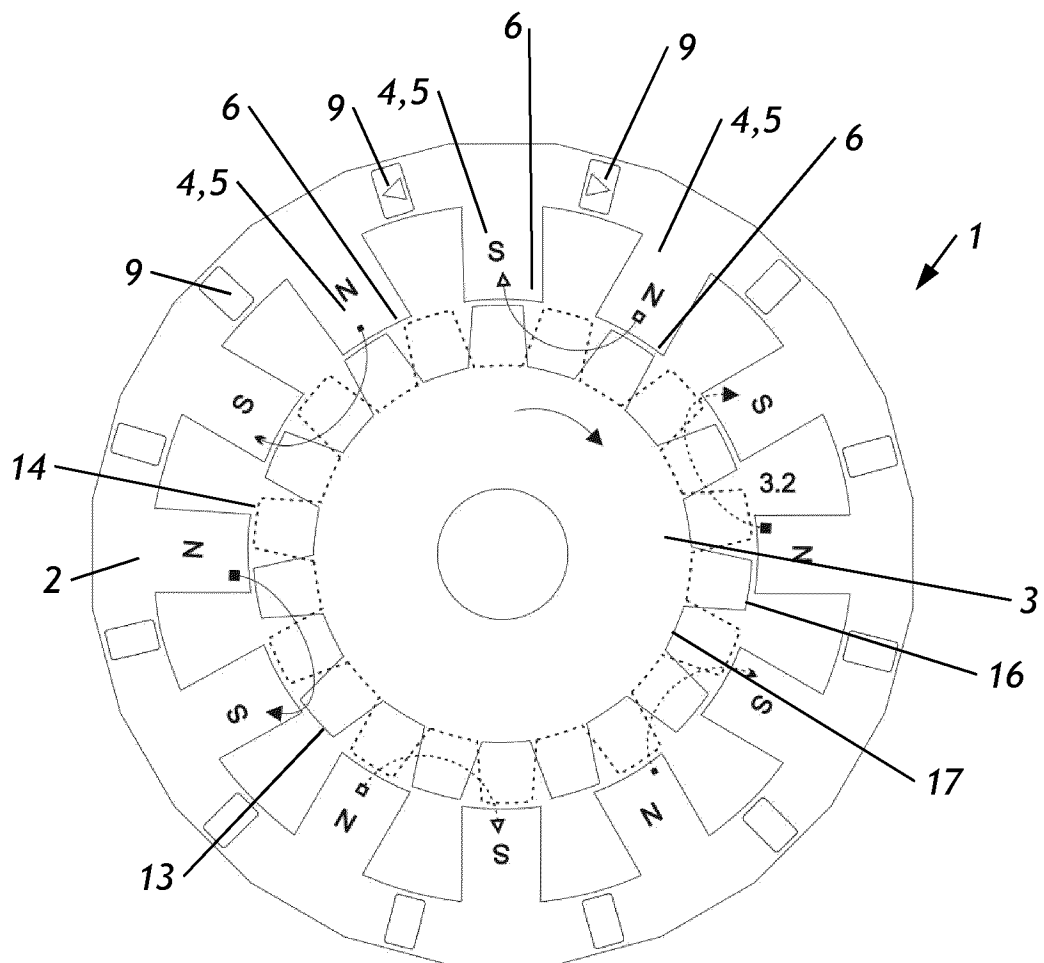
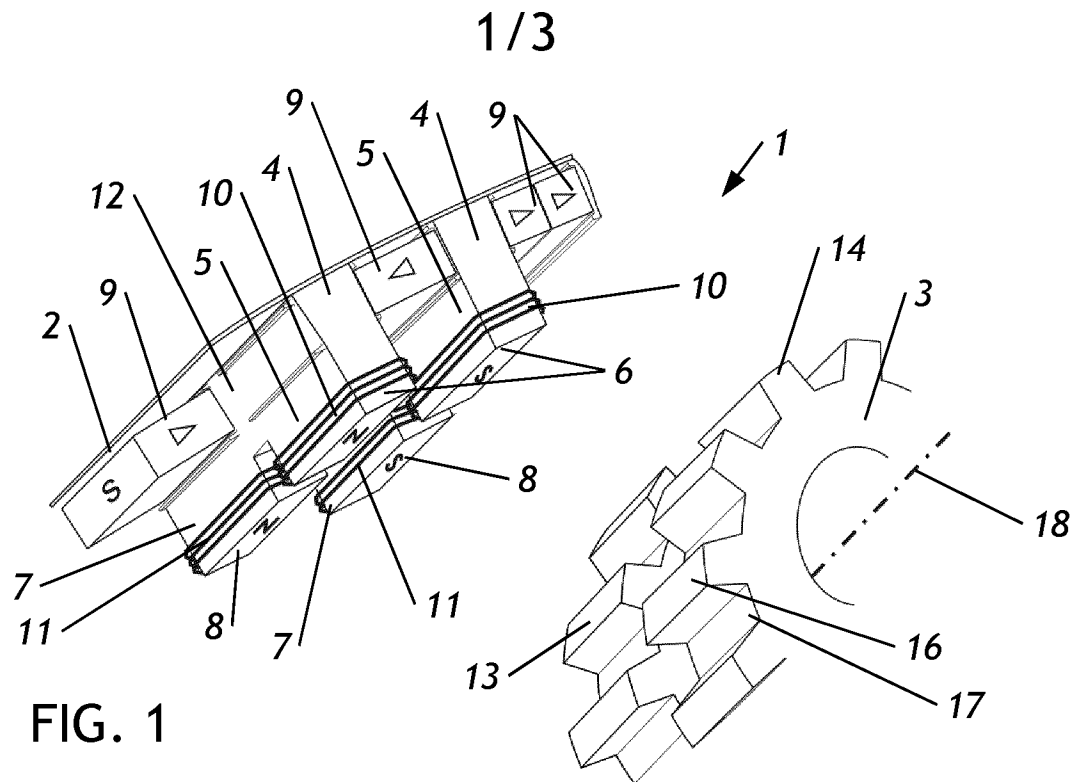
12. Elektrischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Antriebsteil (3) gegenüber dem ersten Antriebsteil (2) um eine Drehachse (18) drehbar gelagert ist, wobei die erste Linie

und die zweite Linie als Kreise ausgebildet sind.

13. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linie und die zweite Linie axial entlang der Drehachse (18) versetzt sind, wobei magnetische Hauptflussrichtungen der beiden Polschuhe (6,8) jedes Kerns (4) radial zur Drehachse (18) ausgerichtet sind.

14. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linie und die zweite Linie unterschiedliche Radien um die Drehachse (18) aufweisen, wobei magnetische Hauptflussrichtungen der beiden Polschuhe (6,8) jedes Kerns (4) radial zur Drehachse (18) sowie entgegengesetzt zueinander ausgerichtet sind.

15. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linie und die zweite Linie unterschiedliche Radien um die Drehachse (18) aufweisen und die magnetische Hauptflussrichtungen der beiden Polschuhe (6,8) jedes Kerns (4) axial zur Drehachse ausgerichtet sind.



2/3

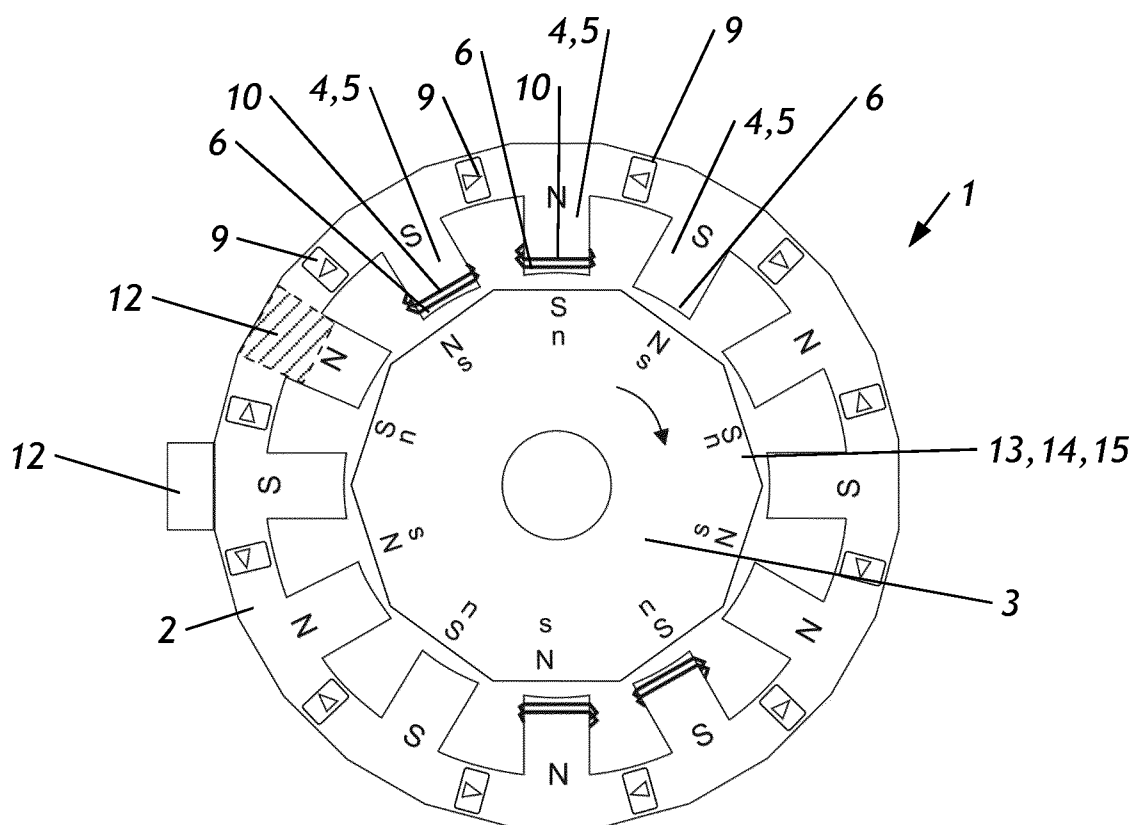
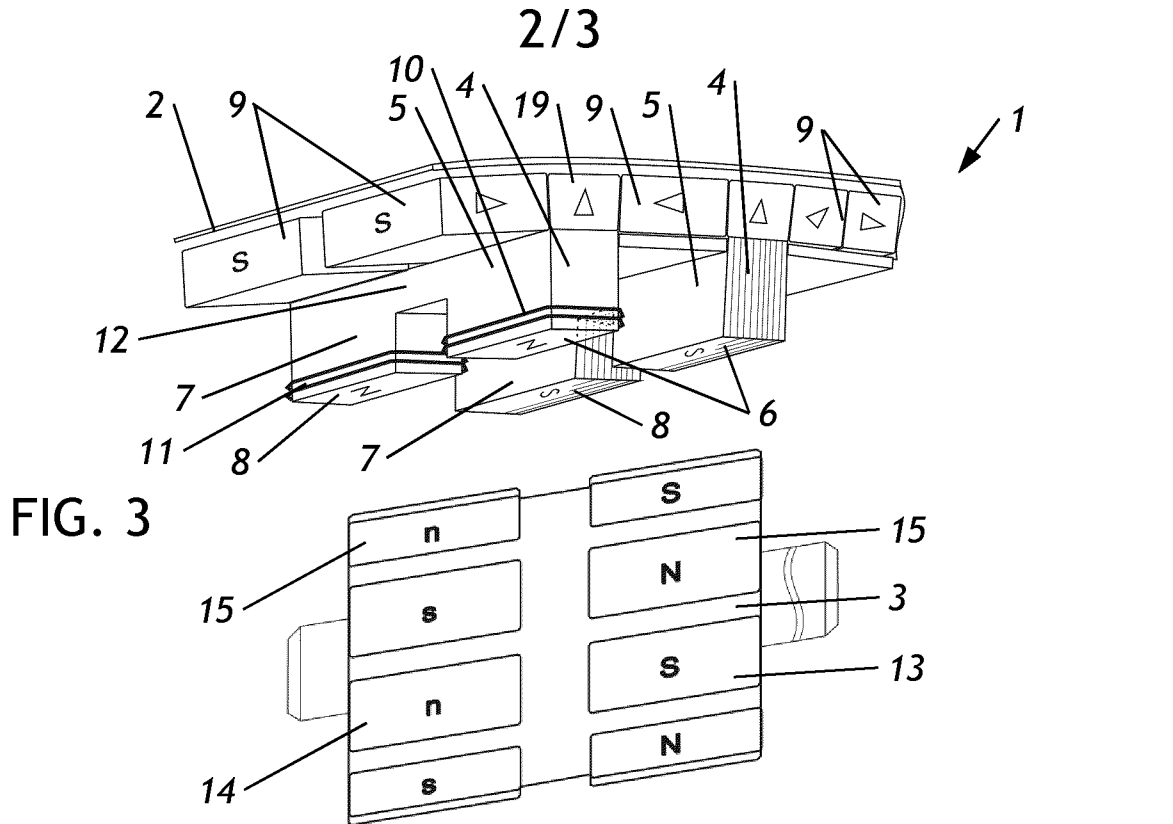


FIG. 4

3/3

FIG. 5

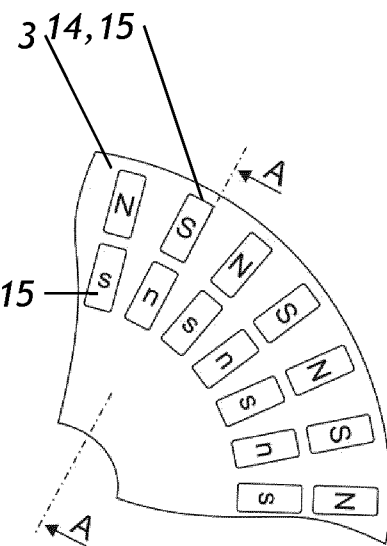
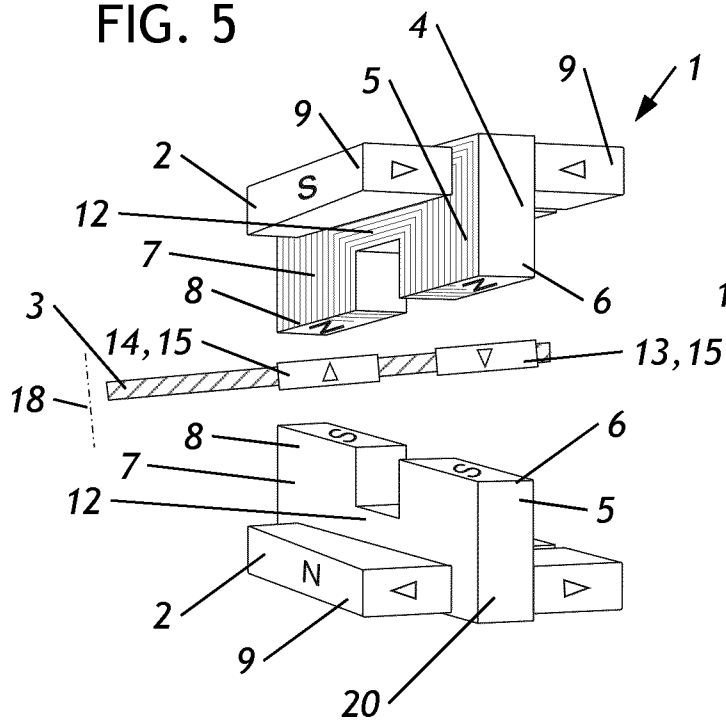


FIG. 6

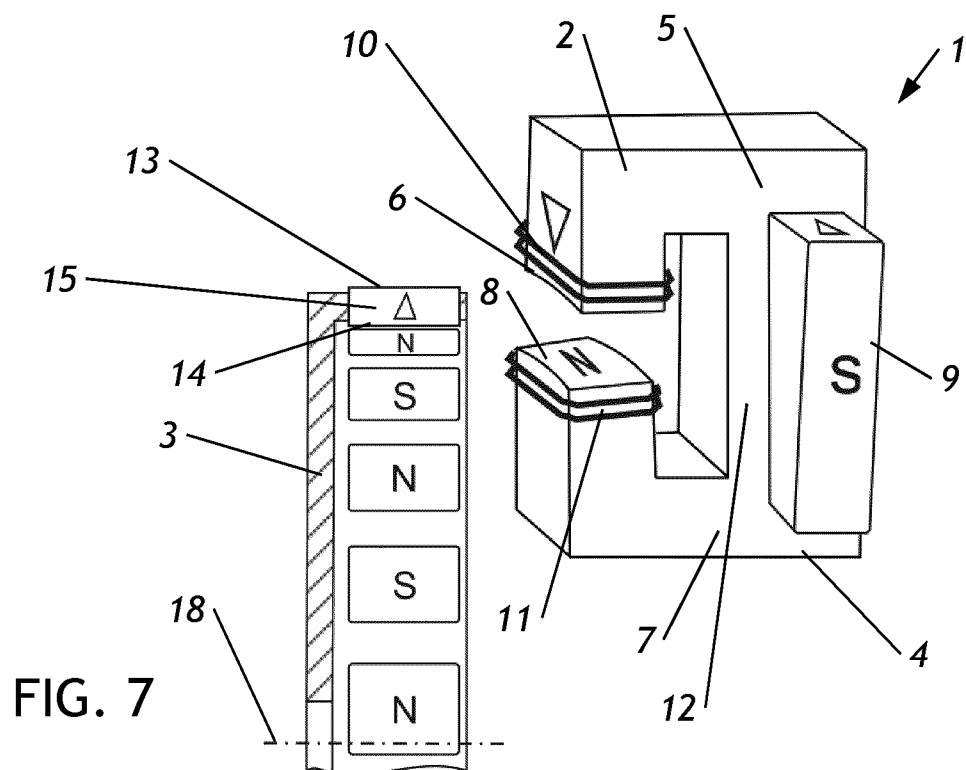


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/070355

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 21/18**(2006.01)i; **H02K 21/44**(2006.01)i; **H02K 1/14**(2006.01)i; **H02K 1/17**(2006.01)i; **H02K 1/24**(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 A	US 4370577 A (WAKABAYASHI NORIAKI [JP] ET AL) 25 January 1983 (1983-01-25) column 2, line 28 - column 3, line 21; examples 2a,2b,3-5 column 6, line 3 - line 20	1-4,8,9,11 5-7,10,12-15
X A	US 2016049853 A1 (SARLIOGLU BULENT [US] ET AL) 18 February 2016 (2016-02-18) figures 1-3,10,11,13,14	1,5,9,11-13 2-4,6-8,10
X A	CN 103762802 A (INST ELECTRICAL ENG CAS) 30 April 2014 (2014-04-30) paragraph [0018] - paragraph [0022]; figure 1	1,5,9,11-13 2-4,6-8,10
X A	CN 106849567 A (UNIV NANJING AERONAUTICS & ASTRONAUTICS) 13 June 2017 (2017-06-13) figures 1-4	1,5,9,11-13 2-4,6-8,10
A	US 2014125157 A1 (KOU BAOQUAN [CN] ET AL) 08 May 2014 (2014-05-08) paragraph [0044] - paragraph [0045]; figures 7,8	1-15
A	CN 102244448 A (UNIV SHANGHAI DIANJI) 16 November 2011 (2011-11-16) paragraph [0028] - paragraph [0030]; figures 1-4	1-15



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

28 October 2022

Date of mailing of the international search report

11 November 2022

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

Contreras Sampayo, J

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/070355**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP S61180581 U (SCHINDO ELECTRIC CO. LTD.) 11 November 1986 (1986-11-11) figure 1	1-15
A	JP S49137009 U (TOSHIBA CO. TOKIO) 26 November 1974 (1974-11-26) figures 1,4	1,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/070355

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	4370577	A	25 January 1983	DE	3128834	A1	16 September 1982
				GB	2085666	A	28 April 1982
				JP	H0126272	B2	23 May 1989
				JP	S5725151	A	09 February 1982
				US	4370577	A	25 January 1983
US	2016049853	A1	18 February 2016	NONE			
CN	103762802	A	30 April 2014	NONE			
CN	106849567	A	13 June 2017	NONE			
US	2014125157	A1	08 May 2014	CN	102290945	A	21 December 2011
				US	2014125157	A1	08 May 2014
				WO	2013026341	A1	28 February 2013
CN	102244448	A	16 November 2011	NONE			
JP	S61180581	U	11 November 1986	JP	H0717265	Y2	19 April 1995
				JP	S61180581	U	11 November 1986
JP	S49137009	U	26 November 1974	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H02K21/18	H02K21/44
		H02K1/14
		H02K1/17
		H02K1/24
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	US 4 370 577 A (WAKABAYASHI NORIAKI [JP]	1-4, 8, 9,
	ET AL) 25. Januar 1983 (1983-01-25)	11
A	Spalte 2, Zeile 28 - Spalte 3, Zeile 21;	5-7, 10,
	Beispiele 2a, 2b, 3-5	12-15
	Spalte 6, Zeile 3 - Zeile 20	

X	US 2016/049853 A1 (SARLIOGLU BULENT [US]	1, 5, 9,
	ET AL) 18. Februar 2016 (2016-02-18)	11-13
A	Abbildungen 1-3, 10, 11, 13, 14	2-4, 6-8,
		10

X	CN 103 762 802 A (INST ELECTRICAL ENG CAS)	1, 5, 9,
	30. April 2014 (2014-04-30)	11-13
A	Absatz [0018] - Absatz [0022]; Abbildung 1	2-4, 6-8,
		10

	-/-	
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. Oktober 2022		11/11/2022
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 Contreras Sampayo, J

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	CN 106 849 567 A (UNIV NANJING AERONAUTICS & ASTRONAUTICS) 13. Juni 2017 (2017-06-13) Abbildungen 1-4	1, 5, 9, 11-13 2-4, 6-8, 10
A	----- US 2014/125157 A1 (KOU BAOQUAN [CN] ET AL) 8. Mai 2014 (2014-05-08) Absatz [0044] - Absatz [0045]; Abbildungen 7, 8	1-15
A	----- CN 102 244 448 A (UNIV SHANGHAI DIANJI) 16. November 2011 (2011-11-16) Absatz [0028] - Absatz [0030]; Abbildungen 1-4	1-15
A	----- JP S61 180581 U (SCHINDO ELECTRIC CO. LTD.) 11. November 1986 (1986-11-11) Abbildung 1	1-15
A	----- JP S49 137009 U (TOSHIBA CO. TOKIO) 26. November 1974 (1974-11-26) Abbildungen 1, 4	1, 6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/070355

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4370577	A	25-01-1983	DE 3128834 A1 16-09-1982
		GB 2085666 A	28-04-1982
		JP H0126272 B2	23-05-1989
		JP S5725151 A	09-02-1982
		US 4370577 A	25-01-1983
US 2016049853	A1	18-02-2016	KEINE
CN 103762802	A	30-04-2014	KEINE
CN 106849567	A	13-06-2017	KEINE
US 2014125157	A1	08-05-2014	CN 102290945 A 21-12-2011
		US 2014125157 A1	08-05-2014
		WO 2013026341 A1	28-02-2013
CN 102244448	A	16-11-2011	KEINE
JP S61180581	U	11-11-1986	JP H0717265 Y2 19-04-1995
		JP S61180581 U	11-11-1986
JP S49137009	U	26-11-1974	KEINE