





Die Erfindung betrifft einen Stator (S) für eine elektrische Maschine (M) mit einem Läufer (L). Der Stator (S) weist Statorpole (SP) auf. Wenigstens eine Teilmenge der Statorpole (SP) weist je eine Polwicklung (W) sowie je eine Permanentmagnet-Einheit (PME) auf. Ein durch die Permanentmagnet-Einheit (PME) verursachter erster magnetischer Fluss wird durch einen zweiten magnetischen Fluss überlagert, wenn an die Polwicklung (W) eine elektrische Spannung angelegt wird oder in die Polwicklung (W) ein elektrischer Strom eingepreßt wird. In der Permanentmagnet-Einheit (PME) ist eine Aussparung (AN) angeordnet, die dem Läufer (L) zugewandt ist. Außerdem betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine (FSM) mit einem erfindungsgemäßen Stator (S), wobei der Läufer (L) dazu vorbereitet ist, einen magnetischen Widerstand eines magnetischen Kreises (KM), der durch eine Permanentmagnet-Einheit (PME) eines Statorpols (S) des Stators (S) verläuft, läuferstellungsabhängig zu ändern. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Fahrzeug (FZ) mit einem erfindungsgemäßen Stator (S) oder einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine (FSM).

5 Elektrische Maschine, Stator für eine elektrische Maschine und Fahrzeug

Die Erfindung betrifft einen Stator für eine elektrische Maschine mit einem Läufer, wobei der Stator Statorpole aufweist. Wenigstens eine Teilmenge der Statorpole weist je Statorpol eine Polwicklung (Wicklung eines Statorpols) sowie eine Permanentmagnet-Einheit auf. Ein durch
10 die Permanentmagnet-Einheit verursachter erster magnetischer Fluss wird durch einen zweiten magnetischen Fluss überlagert, wenn an die Polwicklung eine elektrische Spannung angelegt wird oder in die Polwicklung ein elektrischer Strom eingeprägt wird. Die elektrische Maschine kann ein Motor und/oder ein Generator sein. Unabhängig davon kann die elektrische Maschine eine rotatorische Maschine oder eine Linearmaschine (also beispielsweise ein
15 Linearmotor und/oder ein Lineargenerator) sein. Die Permanentmagnet-Einheit ist eine Komponente des Statorpols, die (in einer Transversalebene des Stators) mindestens einen oder mindestens zwei Permanentmagnete aufweist. Auch wenn folgende Variante aus Übersichtsgründen im Folgenden nicht explizit beschrieben ist, betrifft die vorliegende Erfindung auch Statoren von elektrischen Maschinen, in denen der in den Ansprüchen beanspruchte Stator
20 (beispielsweise auf eine Fahrzeugkarosserie bezogen) beweglich (statt ortsfest), beispielsweise drehbar, angeordnet ist, während der Läufer ortsfest (statt beweglich) angeordnet ist. Außerdem kann, wenn es sich um eine rotatorische Maschine handelt, der Läufer auch als Rotor bezeichnet werden. Im Folgenden werden Linearmaschinen nicht gesondert betrachtet, sondern als rotatorische Maschine aufgefasst, indem für diesen Fall unterstellt wird, dass der
25 Läuferdurchmesser näherungsweise unendlich groß ist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine mit einem Stator und einem Läufer, der dazu vorbereitet ist, einen magnetischen Widerstand eines magnetischen Kreises (Magnetkreises), der durch eine Permanentmagnet-Einheit eines Statorpols des Stators ver-
30 läuft, läuferstellungsabhängig zu ändern.

Darüberhinaus betrifft die Erfindung ein Fahrzeug mit einem Stator nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder mit einer elektrischen Maschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9. Das Fahrzeug kann beispielsweise ein Elektrofahrzeug, ein Hybridfahrzeug, ein Wasserfahr-
35 zeug, ein Luftfahrzeug und/oder ein Landfahrzeug (insbesondere ein Personenkraftwagen, ein Lastkraftwagen, ein Schienenfahrzeug, eine Baumaschine oder eine Landmaschine) sein. Unabhängig davon kann der erfindungsgemäße Stator auch Teil einer Maschine sein, die

kein Fahrzeug ist, sondern beispielsweise ein Teil eines Haushaltsgeräts, einer Heizungs- oder Klimatisierungsanlage, einer Fertigungsmaschine, eines elektrisch antreibbaren Werkzeugs oder einer Werkzeugmaschine.

- 5 Für Fahrzeuganwendungen, beispielsweise riemengetriebene Starter/Generatoren, wird eine elektrische Maschine mit möglichst hoher Leistungsdichte benötigt, die möglichst kostengünstig herstellbar ist. Für einen Betrieb mit hoher Drehzahl (beispielsweise über 20.000 U/min) und einer hohen Riemenübersetzung kann beispielsweise eine Flussschaltungsmaschine (flux switching machine = FSwM) mit Permanentmagneten zweckmäßig sein. Oberhalb einer
10 Eckdrehzahl muss (wie bei einer permanentmagnet-erregten Synchronmaschine) auch bei einer Flussschaltungsmaschine das Feld der Permanentmagnete geschwächt werden, wenn die Drehzahl weiter erhöht werden soll. Dies wird durch Shen, J.-X., Fei, W.-Z., "Permanent Magnet Flux Switching Machines - Topologies, Analysis and Optimization", Fourth International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG), Istanbul,
15 13-17 May 2013 bestätigt, wo das Erfordernis erwähnt wird, einen Hauptfeldfluss in einer Permanentmagnet-Flussschaltungsmaschine beeinflussbar zu machen. Allerdings kann bei bekannten Flussschaltungsmaschinen eine ausreichende Schwächung des durch die Permanentmagneten erzeugten Flusses durch Einprägen eines Stroms in die Polwicklungen schwieriger erreicht werden.

20

- Bei einem Betrieb im Feldschwächbereich (also bei einem Betrieb mit vermindertem Drehmoment oberhalb einer Eckdrehzahl) wird die Flussschaltungsmaschine mit verminderter Stromstärke und entsprechendem Stromwinkel betrieben. Dann überwiegt zumindest in Teilbereichen des Stators der magnetische Fluss, der durch die Permanentmagnete erzeugt wird, den magnetischen Fluss, der durch die Bestromung der Polwicklungen erzeugt wird.
25 Dadurch bildet der resultierende magnetische Gesamtfluss sogar beim Scheitelwert des elektrischen Wechselstroms nicht zwangsläufig ausschließlich Magnetfeldlinien aus, die durch diese Polwicklung verlaufen. Unter anderem bilden sich auch Magnetflüsse über Streuwege aus (z.B. zwischen Rotorzähnen über den Luftspalt). Denn bei einem üblichen
30 Aufbau einer Flussschaltungsmaschine ist der magnetische Widerstand eines durch den jeweiligen Permanentmagneten aber nicht durch die zugehörige Polwicklung verlaufenden magnetischen Kreises (magnetischen Kurzschlusskreises) zumindest für Teilbereiche der Permanentmagnete bei bestimmten Läuferstellungen niedriger als von anderen magnetischen Kreisen, die nicht nur durch den jeweiligen Permanentmagneten sondern auch durch
35 die zugehörige Polwicklung verlaufen. Dies wird als Streufluss bezeichnet.

Läuferstellungsabhängig kommt es also vor, dass das Magnetfeld dieser Teilbereiche der

Permanentmagnete nicht mit der Polwicklung verkettet ist, sondern an der zugehörigen Polwicklung vorbeiführt (somit bezogen auf die Polwicklung über einen magnetischen Kurzschluss verläuft). Deshalb kann der Magnetfluss, der von dem jeweiligen Permanentmagneten erzeugt wird, oft nicht im gewünschten Ausmaß durch den Magnetfluss kompensiert werden, den die Polwicklung erzeugt. Mit anderen Worten: Das Magnetfeld, das von dem jeweiligen Permanentmagneten verursacht wird, kann nicht ohne Weiteres ausreichend durch jenes Magnetfeld kompensiert werden, welches von der Polwicklung verursacht wird. Unabhängig von den läuferstellungsabhängigen Kurzschlüssen kann es kleinere statorinterne magnetische Kurzschlüsse geben, die (trotz ihrer magnetisch nachteiligen Wirkung) unter Umständen in Kauf genommen werden, beispielsweise um einen Aufbau des Stators mittels Innen- und/oder Außenstegen zu verbessern oder zu vereinfachen.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Flussschaltungsmaschine bereitzustellen, deren Hauptfluss mittels Einprägens eines Stroms in die Polwicklung ausreichend gut geschwächt werden kann, sodass der Feldschwächbereich der Flussschaltungsmaschine vergrößert wird und diese dadurch auch mit einer höheren Drehzahl (beispielsweise über 20.000 U/min) betreibbar ist.

Diese Aufgabe wird mit einem Stator gelöst, welcher die Merkmale des Patentanspruchs 1 umfasst. Außerdem wird die Aufgabe mit einer elektrischen Maschine nach Anspruch 9 und einem Fahrzeug nach Anspruch 10 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Der erfindungsgemäße Stator für eine elektrische Maschine mit einem Läufer weist Statorpole auf. Wenigstens eine Teilmenge der Statorpole weist je Statorpol eine Polwicklung (Wicklung eines Statorpols) sowie eine Permanentmagnet-Einheit auf. Ein durch die Permanentmagnet-Einheit verursachter erster magnetischer Fluss wird durch einen zweiten magnetischen Fluss überlagert, wenn an die Polwicklung eine elektrische Spannung angelegt wird oder wenn in die Polwicklung ein elektrischer Strom eingeprägt wird. In der Permanentmagnet-Einheit ist eine Aussparung angeordnet, die dem Läufer zugewandt ist. Die Aussparung kann auch eine Ausnehmung sein oder als solche bezeichnet werden.

Durch die Aussparung wird zumindest zum Teil verhindert, dass, wenn sich ein Zahn des Läufers (Läuferzahn) im Bereich einer Permanentmagnet-Einheit befindet, der Zahn einen magnetischen Kreis (Magnetkreis) schließen kann, dessen Feldlinie aus der Permanentmagnet-Einheit auf einer dem Läufer zugewandten Seitenfläche der Permanentmagnet-Einheit austritt. Eine detaillierte Erläuterung dieses Sachverhalts enthält die Figurenbeschreibung.

Ein weiterer Vorteil der Aussparung kann darin bestehen, dass sie dazu beitragen kann, un-symmetrische magnetische Kräfte (unbalanced magnetic forces, UMF) gezielt zu beeinflus-sen und zu verringern, welche bei Flussschaltungsmaschinen mit bestimmten Verhältnissen von Rotor- und Statorzähnen typischerweise auftreten.

5

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine weist einen Stator und einen Läufer auf. Der Läufer ist dazu vorbereitet, in zumindest einem ersten Läuferstellungsbereich einen ersten magnetischen Kreis zu schließen, wobei eine Permanentmagnet-Einheit des Statorpols eine Polwicklung des Statorpols in einer ersten Richtung magnetisiert. Außerdem ist der Läufer
10 dazu vorbereitet, in zumindest einem zweiten Läuferstellungsbereich einen zweiten magneti-schen Kreis zu schließen, wobei die Permanentmagnet-Einheit die Polwicklung des Stator-pols in einer zweiten Richtung magnetisiert, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist. Der Stator ist ein erfindungsgemäßer Stator.

15 Dementsprechend weist das erfindungsgemäße Fahrzeug einen erfindungsgemäßen Stator oder eine erfindungsgemäße elektrische Maschine auf.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Permanentmagnet-Einheit in einer Transversalebene des Stators einen ersten und einen zweiten Permanentmagneten aufweist, der zu dem ersten
20 Permanentmagneten magnetisch gleichsinnig in Serie angeordnet ist, wobei die beiden Per-manentmagnete in der Serienschaltung mittels eines weichmagnetischen Zwischensegments miteinander magnetisch verbunden sind, wobei die Aussparung in dem weichmagnetischen Zwischensegment angeordnet ist. Durch Verwenden einer Permanentmagnet-Einheit, in der ein weichmagnetisches Zwischensegment zwischen zwei Permanentmagneten angeordnet
25 ist, braucht nicht die gesamte Permanentmagnet-Einheit aus einem hartmagnetischen Mate-rial bestehen, das in der Regel teurer ist als weichmagnetisches Material. So kann teures hartmagnetisches Material eingespart werden. Heute verfügbare Materialien für Permanent-magnete können einerseits viel teurer sein als früher verwendetes hartmagnetisches Material, aber andererseits den Vorteil aufweisen, dass ihre Koerzitivfeldstärke so groß ist, dass es für
30 die Funktion der Flussschaltungsmaschine ausreicht, wenn die Permanentmagnet-Einheit nur zum Teil aus Permanentmagnet-Material besteht. Der übrige (in der Regel größere) Teil der Permanentmagnet-Einheit kann aus einem kostengünstigeren weichmagnetischen Material bestehen. Dies gilt für alle Ausführungsformen der Erfindung.

35 Eine von vielen möglichen Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass sich die Aussparung der Permanentmagnet-Einheit über eine gesamte Seitenfläche des weichmagnetischen Zwischensegments erstreckt, die dem Läufer zugewandt ist. Durch Ver-

größern der Luftspaltdicke über die gesamte Seitenfläche des weichmagnetischen Zwischen-segments kann teilweise vermieden werden, dass ein einzelner Läuferzahn (wenn dessen Umfangssegmentlänge (d. h. Zahnbreite am Luftspalt) breiter ist als eine Dicke eines einzelnen Permanentmagneten in tangentialer Richtung) das Magnetfeld eines (d. h. dieses) einzelnen Permanentmagneten direkt über das weichmagnetische Zwischensegment kurz-schließen kann. Mit 'direkt' ist hier Folgendes gemeint: ohne Umweg über einen anderen Läu-ferzahn.

Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die Aussparung in einer Transversalebene des Stators einen aufweist. Eine Aussparung mit einem rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt ist möglicherweise kostengünstiger herstellbar als eine Aussparung mit einem anderen Querschnitt.

Eine ebenfalls bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass sich eine Öffnung der Ausspa-rung in Richtung zum Läufer hin verjüngt und/oder verbreitert. Hierdurch kann eine Form der Aussparung optimiert werden, um einerseits ein gewünschtes Drehzahl- und/oder Feld-schwächeverhalten, und andererseits möglichst geringe unsymmetrische magnetische Kräfte zu erzielen. Das Optimieren der Form der Aussparung kann unter Zuhilfenahme von Simula-tionen mit unterschiedlichen Aussparungen oder unter Zuhilfenahme von Tests mit unter-schiedlichen Aussparungen auf einem Prüfstand erfolgen.

Unabhängig davon kann die Aussparung eine Nut sein, deren Hauptlängsachse quer zu einer Transversalebene des Stators verläuft. Hierdurch können die Vorteile der Erfindung zumin-dest für einen großen Teil der Länge des Stators oder sogar über eine gesamte axiale Länge des Stators genutzt werden. Eine zweckmäßige Weiterbildung sieht vor, dass die Haupt-längsachse der Nut in einer selben Ebene liegt, wie eine Hauptlängsachse des Stators. Hier-durch wird ein Aufbau des Stators begünstigt, der geometrisch einfach ist. Eine weitere Spe-zialisierung sieht vor, dass die Hauptlängsachse der Nut parallel zu der Hauptlängsachse des Stators verläuft. Hierdurch wird ein Aufbau des Stators begünstigt, der geometrisch noch ein-facher ist. Denn dann ist der Luftspalt der Flussschaltungsmaschine im Wesentlichen zylin-derrohrförmig. Unabhängig davon, ob der Luftspalt der Flussschaltungsmaschine im Wesent-lichen nur kegelrohrförmig oder sogar zylinderrohrförmig ist, können die Nuten entlang des Innenumfangs des Stators auch geschrägt (also helixförmig) verlaufen. Die Hauptlängsachse einer nicht geschrägten Nut verläuft in einer selben Ebene wie ein Flächenvektor einer Transversalebene des Stators. Für eine geschrägte (also helixförmig verlaufende) Nut gibt es keine Ebene, in welcher sowohl eine Hauptlängsachse der Nut als auch der Flächenvektor einer Transversalebene des Stators verläuft.

In jeder bisher erwähnten Ausführungsform kann es von besonderem Vorteil sein, wenn die Aussparung für ein Führen eines Kühlmittels vorgesehen ist. Hierdurch kann eine gesonderte Führung für ein Kühlmittel eingespart werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Aussparung zur Aufnahme eines Rohrs vorgesehen sein, das zum Führen eines Kühlmittels vorgesehen ist. Hierdurch kann vermieden werden, dass sich das Kühlmittel in andere Bereiche des Luftspalts verteilt. Alternativ oder zusätzlich kann die Aussparung Füllmaterial enthalten, das nicht ferromagnetisch (weder hart- noch weichmagnetisch) ist. Das Füllmaterial kann beispielsweise ein Kunststoffmaterial und/oder ein nicht ferromagnetisches Material (beispielsweise Aluminium oder einen unmagnetischen Edelstahl) aufweisen. Durch die Füllung kann eine Geräuschbildung infolge hydrodynamischer Wechselwirkung zwischen Läuferzähnen und den Aussparungen verringert oder ganz vermieden werden.

Zweckmäßig ist es, wenn mindestens einer der Statorpole zwei Polsegmente aufweist, die mittels mindestens eines ersten Stegs mechanisch verbunden sind, der zwischen dem Läufer und einer Permanentmagnet-Einheit angeordnet ist. Hierdurch können die Polsegmente im Bereich des Luftspalts mit hoher Maßgenauigkeit fixiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann es auch zweckmäßig sein, wenn derselbe und/oder mindestens einer der anderen Statorpole zwei Polsegmente aufweist, die mittels mindestens eines zweiten Stegs mechanisch verbunden sind, der auf einer Seite des Stators angeordnet ist, die vom Läufer abgewandt ist. Hierdurch kann eine Befestigung der Polsegmente untereinander in einem äußeren Bereich der Flussschaltungsmaschine angeordnet werden. Aufgrund seiner Anordnung in dem äußeren Bereich der Flussschaltungsmaschine kann die Anordnung des zweiten Stegs den Vorteil haben, dass der Steg in dieser Anordnung ein magnetisches Betriebsverhalten der Flussschaltungsmaschine weniger stark beeinflusst als ein Steg, der in Luftspaltnähe angeordnet ist. Der erste und/oder zweite Steg kann aus einem amagnetischen Material (beispielsweise aus Aluminium oder einem Stahl) bestehen oder dotiert sein, damit er das magnetische Betriebsverhalten der Flussschaltungsmaschine möglichst wenig beeinflusst. Der erste oder zweite Steg kann eine Klammer oder ein Ring sein.

Es kann auch zweckmäßig sein, wenn die einander zugewandten Polsegmente von mindestens zwei aneinander angrenzenden Statorpolen mechanisch verbunden sind. So kann eine Anzahl von Einzelteilen des Stators minimiert werden.

Jede der vorgenannten Ausführungsformen ist mit dem Merkmal kombinierbar, dass der Luftspalt der Flussschaltungsmaschine im Wesentlichen kegelrohrförmig, insbesondere zylinderrohrförmig, ist.

Unabhängig davon kann jede der vorgenannten Ausführungsformen mit dem vorteilhaften Merkmal kombiniert werden, dass der Stator eine Aneinanderreihung von Statorpolen aufweist, wobei die Statorpole jeweils ein erstes und ein zweites Polsegment umfassen, das
5 jeweils ein weichmagnetisches Material aufweist, wobei zwischen dem ersten und dem zweiten Polsegment jeweils eine Permanentmagnet-Einheit angeordnet ist. Hierdurch wird für die Flussschaltmaschine eine bewährte Grundstruktur genutzt.

Außerdem ist jede der vorgenannten Ausführungsformen mit dem vorteilhaften Merkmal
10 kombinierbar, dass das erste Polsegment eines Statorpols direkt an ein zweites Polsegment eines anderen Statorpols angrenzt, der zu dem ersten Statorpol direkt benachbart ist, und zugleich das zweite Polsegment des erstgenannten Statorpols direkt an ein erstes Polsegment eines weiteren Statorpols angrenzt, der ebenfalls zu dem erstgenannten Statorpol direkt
15 benachbart ist. Hierdurch wird für die Flussschaltmaschine eine bewährte Grundstruktur genutzt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch einen Schnitt durch eine Transversalebene einer Flussschaltmaschine;
20

Fig. 2 schematisch vier Detailansichten des Schnittes der Fig. 1 für vier unterschiedliche Läuferzahnstellungen;

Fig. 3 schematisch eine erste Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit mit einer Aussparung, die in einer Transversalebene des Stators einen parabelflächenförmigen Querschnitt aufweist, wobei sich ein Durchmesser des Querschnitts in Richtung zum Läufer hin erweitert;

Fig. 4 schematisch eine zweite Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit mit einer Aussparung, die in einer Transversalebene des Stators einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist;

Fig. 5 schematisch eine dritte Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit mit einer Aussparung, die in einer Transversalebene des Stators einen pilzförmigen Querschnitt aufweist, wobei sich ein Durchmesser des Querschnitts in Richtung zum Läu-
35

fer hin verjüngt;

Fig. 6 schematisch eine vierte Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit mit einer Aussparung, die sich über eine gesamte Seitenfläche des Zwischenelements erstreckt, die dem Läufer zugewandt ist.

Fig. 7 schematisch eine fünfte Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit mit einer Aussparung, die sich über eine gesamte Seitenfläche des Zwischenelements erstreckt, die dem Läufer zugewandt ist.

In den Figuren werden für entsprechende Komponenten jeweils dieselben Bezugszeichen verwendet. Bezugszeichenbezogene Erläuterungen gelten daher auch figurenübergreifend, sofern sich aus dem Zusammenhang nichts anderes ergibt.

Die folgende Beschreibung einer Flussschaltungsmaschine anhand Fig. 1 gilt allgemein für jede oder nahezu jede Art von Flussschaltungsmaschine FSM. Der Bezug auf die Fig. 1 und Zahlenbeispiele dienen der Veranschaulichung der beschriebenen Sachverhalte, sollen aber nicht als Einschränkung auf die Ausführungsform einer Flussschaltungsmaschine FSM ausgelegt werden, die in Fig. 1 dargestellt ist.

Die in Fig. 1 gezeigte elektrische Maschine ist eine Flussschaltungsmaschine FSM mit einem Stator S und einem Läufer L, der um eine Läuferachse LA drehbar gelagert ist. Der Stator S weist sechs Statorpole SP mit jeweils einem ersten Statorzahn SZ1 und einem zweiten Statorzahn SZ2 auf, wobei zueinander direkt benachbarte Statorpole SP in dem Stator S jeweils um einen Umfangswinkel von 60° zueinander versetzt angeordnet sind.

Bei stationärem Motorbetrieb in einer Drehrichtung RD (des Läufers L gegenüber dem Stator S) wird die Flussschaltungsmaschine FSM in der Regel so betrieben, dass immer oder zumindest für einen Großteil der Zeit mindestens ein Zahn LZ des Läufers L (Läuferzahn LZ) im Bereich eines Zahns SZ1, SZ2 des Stators S (Statorzahns SZ) mit einer tangentialen Kraftkomponente KT (einer magnetischen Kraft) zum Statorzahn SZ1, SZ2 hingezogen wird. Anders als bei vielen klassischen elektrischen Maschinentypen ist die Kraft KT, die eine Flussschaltungsmaschine FSM antreibt, keine Lorentzkraft sondern eine Reluktanzkraft. Die Kraft KT, die eine Flussschaltungsmaschine FSM antreibt, ist eine Kraft KT, die im Wesentlichen darauf beruht, dass der Läufer L versucht, eine Stellung einzunehmen, die energetisch günstiger ist als seine aktuelle Stellung. Die Läuferstellung ist energetisch umso günstiger, je niedriger ein magnetischer Widerstand (Reluktanz) eines aktiven magnetischen Kreises MK ist.

Das Grundprinzip der Erzeugung der Kraft K_T an den einzelnen Läuferzähnen LZ ist also mit dem Grundprinzip der Krafterzeugung eines Elektromagneten identisch. Bei einer Flussschaltungsmaschine FSM mit rotierendem Läufer L erzeugt die tangentielle Komponente K_T der Kraft an einzelnen Läuferzähnen LZ ein Drehmoment M um eine Achse LA des Läufers L . Ein magnetischer Kreis MK wird hier als aktiv bezeichnet, wenn sich eine magnetische Gesamtspannung Θ_g (Gesamtdurchflutung Θ_g) der Summe aller im magnetischen Kreis MK befindlichen magnetischen Spannungsquellen PME , W nicht zu Null addiert.

Bei der Flussschaltungsmaschine FSM, die Fig. 1 zeigt, verläuft der magnetische Kreis MK auch durch die Polwicklung W eines benachbarten Statorpols SP . Deshalb liefert der aktuelle Strom durch die Polwicklung W des benachbarten Statorpols SP auch einen Beitrag zur aktuellen magnetischen Gesamtspannung Θ_g des magnetischen Kreises MK . In der folgenden Betrachtung wird dieser Sachverhalt jedoch im Interesse der Übersichtlichkeit übergangen.

Damit der Läufer L nicht in einer energetisch günstigen Stellung ausharrt, sobald er diese Stellung erreicht hat, sondern sich weiterdreht, wird bei einer Flussschaltungsmaschine FSM der statische magnetische Fluss Φ_p , den die Permanentmagnet-Einheiten PME erzeugen, von einem magnetischen Fluss Φ_w (Drehfeld) überlagert, der mittels eines durch die Polwicklungen W fließenden drei- oder mehrphasigen Drehstroms erzeugt wird. Durch die Drehung des magnetischen Drehfelds Φ_w um die Läuferachse LA wird erreicht, dass die Kraft K_T die auf einen Läuferzahn LZ wirkt, der sich bereits in einer energetisch günstigen Position befindet (der sich also in einer Position mit einem niedrigen magnetischen Widerstand befindet), periodisch verringert oder sogar vollständig kompensiert wird. Hierdurch wird eine in Tangentialrichtung wirkende Rückstellkraft auf einen Läuferzahn LZ , der sich bereits in einer energetisch günstigen Position befindet, verringert. Gleichzeitig wird ein magnetischer Gesamtfluss Φ_g durch (mindestens) einen anderen Läuferzahn LZ verstärkt, der sich bereits im magnetischen Feld eines anderen Statorzahns SZ befindet, aber noch nicht in der energetisch optimalen Stellung, sodass der Läufer L von der auf den anderen Läuferzahn LZ in Tangentialrichtung wirkenden magnetischen Kraft K_T angetrieben wird.

Im stationären Betrieb der Flussschaltungsmaschine FSM (Motorbetrieb) wird durch die Polwicklungen W Drehstrom geleitet. Durch die Polwicklung W des einzelnen Statorpols SP fließt ausschließlich Strom einer einzelnen Phase des Drehstroms. Der magnetische Fluss Φ_w , der dadurch im Statorpol SP erzeugt wird, wechselt im Laufe einer elektrischen Periode genau zweimal die Richtung und durchläuft bei jedem Wechsel eine Nullstelle. Hierdurch fließt durch die Polwicklung W eines jeden einzelnen Statorpols SP jeweils ein Wechselstrom, der einen Magnetfluss Φ_w erzeugt, der den Magnetfluss Φ_p der Permanentmagnet-Einheit

PME überlagert. Die aktuelle Bestromung der Polwicklung W des Stators S, sowie die aktuelle Stellung desjenigen Läuferzahns LZ, der dem jeweils betrachteten Statorpol SP am nächsten ist, entscheidet darüber, ob der Magnetfluss Φ_p der Permanentmagnet-Einheit PME durch Überlagerung mit dem Magnetfluss Φ_w der Polwicklung W verstärkt oder abgeschwächt wird. Das Verstärken und Abschwächen des Magnetflusses erfolgt nicht für alle Statorpole SP synchron, sondern zeitlich versetzt entsprechend der mechanischen Umfangsposition des jeweiligen Statorpols SP und der Phasenlage der Bestromung des jeweiligen Statorpols SP.

Zu Erläuterungszwecken wird nun unterstellt, dass für den Magnetfluss $\Phi_g = \Phi_p + \Phi_w$ im Läuferzahn LZ näherungsweise das Überlagerungsprinzip (Superpositionsprinzip) gilt. In diesem Fall können die Wirkungen des Magnetflusses Φ_w , den die Polwicklung W erzeugt, und die Wirkungen des Magnetflusses Φ_p , den die Permanentmagnet-Einheit PME erzeugt, getrennt ermittelt und dann zu einer Gesamtwirkung linear überlagert werden. Die von den Permanentmagnet-Einheiten PME erzeugte Magnetflusskomponente Φ_p des gesamten Magnetflusses Φ_g (Magnetflussfeldes) ist zeitlich und räumlich statisch. Die von den Polwicklungen W mittels Drehstrom erzeugte Magnetflusskomponente Φ_w des gesamten Magnetflusses Φ_g (Magnetflussfeldes) bildet in der Flussschaltungsmaschine FSM ein magnetisches Drehfeld Φ_w aus.

In der in Fig. 1 gezeigten Flussschaltungsmaschine FSM wird bei einem positiven Maximum des Stroms (durch die Polwicklung W) durch den Fluss Φ_w der Polwicklung W derjenige Flussanteil Φ_{p1} der Permanentmagnet-Einheit PME verstärkend überlagert, der durch den ersten Statorzahn SZ1 des Statorpols SP verläuft. Zugleich wird durch den Fluss Φ_w der Polwicklung W derjenige Flussanteil Φ_{p2} der Permanentmagnet-Einheit PME wenigstens teilweise kompensiert, der durch den zweiten Statorzahn SZ2 des Statorpols SP verläuft. Bei umgekehrter Stromrichtung wird bei einem Maximum des Betrags des Stroms (durch die Polwicklung W) durch den Fluss Φ_w der Polwicklung W derjenige Flussanteil Φ_{p2} der Permanentmagnet-Einheit PME verstärkt, der durch den zweiten Statorzahn SZ2 des Statorpols SP verläuft. Zugleich wird durch den Fluss Φ_w der Polwicklung W derjenige Flussanteil Φ_{p1} der Permanentmagnet-Einheit PME wenigstens teilweise kompensiert, der durch den ersten Statorzahn SZ1 des Statorpols SP verläuft. Der periodische Richtungswechsel des durch die Polwicklung W erzeugten magnetischen Flusses Φ_w führt also bei der in Fig. 1 gezeigten Läuferstellung zu einem periodisch abwechselnden magnetischen Aktivieren (bzw. Deaktivieren) des ersten SZ1 und zweiten SZ2 Statorzahns. Da die Polwicklung W jeweils benachbarter Statorpole SP mit dem Strom einer anderen Phase des Drehstroms beaufschlagt ist (zum Beispiel bei einem dreiphasigen Drehstromsystem und einem Stator S mit sechs Statorpolen

SP sind die Polwicklungen W der jeweils gegenüberliegende Statorpole SP mit dem Strom derselben Stromphase gespeist, aber gegensinnig bewickelt), erfolgt das Abwechseln des magnetischen Aktivierens (bzw. Deaktivierens) des ersten SZ1 und zweiten SZ2 Statorzahns nicht für alle Statorpole SP zeitgleich, sondern entsprechend ihrer örtlichen Verteilung über den Umfang des Stators S in der Drehrichtung des magnetischen Drehfeldes Φ_w zeitlich versetzt (phasenversetzt).

Typischerweise ist der Läufer L einer Flussschaltungsmaschine FSM radiärsymmetrisch (drehsymmetrisch) aufgebaut. Daraus folgt, dass magnetische (und natürlich auch elektrische) Zustände einer Flussschaltungsmaschine FSM bei mechanisch um $360^\circ/Z$ versetzten Läuferstellungen nicht voneinander unterscheidbar (also identisch) sind, wobei Z die Anzahl der Zähne LZ des Läufers L ist. Deshalb reicht es für eine grobe Beschreibung des Betriebsablaufs einer Flussschaltungsmaschine FSM (mit drehsymmetrischem Aufbau des Läufers L) zunächst aus, deren Betriebsablauf nur für die Bewegung des Läufers L über einen Umfangswinkelbereich von $360^\circ/Z$ zu betrachten.

Zum Bilden des Nutzdrehmoments M muss der jeweils aktive magnetische Kreis MK (der zweimal über den Luftspalt LS führt) geschlossen sein. Folglich ist an der Bildung des Nutzdrehmoments nie ein einzelner Läuferzahn LZ sondern immer mindestens zwei benachbarte Läuferzähne LZ (ein Läuferzahnpaar) beteiligt.

Es kann unterstellt werden, dass im stationären Betrieb einer FSM mit Q/Z ungleich 1 entweder immer das (dem aktiven Läuferzahnpaar) vorlaufend gegenüberliegende Läuferzahnpaar oder immer das (dem aktiven Läuferzahnpaar) nachlaufend gegenüberliegende Läuferzahnpaar als nächstens zur Bildung des Drehmoments M beiträgt. Der Buchstabe Q bezeichnet eine Nutenzahl $Q = 2ps$ des Stators S (Statornutenzahl), wobei p eine Polpaarzahl des Stators S und s eine Strangzahl des Stators S ist. In dem Beispiel der Fig. 1 ist die Strangzahl $s = 3$, die Polpaarzahl $p = 1$ und die Nutenzahl $Q = 6$. Die Lage der Läuferzahnpaare, welche als nächstes zur Bildung des Drehmoments M beitragen, kann in Relation zum aktiven Läuferzahnpaar für das vorlaufend gegenüberliegende Läuferzahnpaar mit $180^\circ + 360^\circ/2Z$ angegeben werden, sowie für das nachlaufend gegenüberliegende Läuferzahnpaar mit $180^\circ - 360^\circ/2Z$.

Für stationären Betrieb kann unterstellt werden, dass dasjenige Läuferzahnpaar, das aktuell zur Bildung des Drehmoments M hauptsächlich beiträgt, sich zu einem bestimmten Zeitpunkt der elektrischen Periode relativ zu dem benachbarten Statorpolpaar, mit dem es gerade magnetisch wechselwirkt, in einer bestimmten relativen Umfangswinkelstellung befindet und

zwar unabhängig davon, um welches Läuferzahnpaar und Statorpolpaar es sich dabei gerade handelt. Die relative Umfangswinkelstellung ist abhängig vom Lastpunkt und davon, ob sich die Flussschaltungsmaschine FSM in einem Motor- oder Generatorbetrieb befindet.

5 Über eine Umfangsrichtung des Stators S einer Flussschaltungsmaschine FSM wechseln sich typischerweise folgende Statorbestandteile in folgender Reihenfolge ab: erster Statorzahn SZ1 eines ersten Statorpols SP', Permanentmagnet-Einheit PME' des ersten Statorpols SP', zweiter Statorzahn SZ2 des ersten Statorpols SP', Wicklungsraum WR für den ersten Statorpol SP' und einen zweiten Statorpol SP'', erster Statorzahn SZ1'' des zweiten Statorpols
10 SP2'', Permanentmagnet-Einheit PME'' des zweiten Statorpols SP'', zweiter Statorzahn SZ2'' des zweiten SP Statorpols'', Wicklungsraum WR für den zweiten Statorpol SP'' und einen dritten Statorpol SP''' und so weiter. Benachbarte Statorzähne SZ1, SZ2 sind also abwechselnd durch Permanentmagnet-Einheiten PME und Wicklungsräume WR beabstandet.

15 Anhand Fig. 2 wird nun der grundsätzliche Betriebsablauf der elektrischen Maschine FSM erläutert. Wenn sich ein Läuferzahn LZ an einem ersten Statorzahn SZ1 eines Statorpols SP befindet, der aus Sicht dieses ersten Statorzahns SZ1 aktuell nicht magnetflussskompensierend bestromt ist, verlaufen erste Magnetflusslinien ML1 beispielsweise von dem Läuferzahn LZ durch den Luftspalt LS in den ersten Statorzahn SZ1 (siehe Figur links oben). Wenn sich
20 derselbe Läuferzahn LZ an dem zweiten Statorzahn SZ2 desselben Statorpols SP befindet und der Statorpol SP aus Sicht des zweiten Statorzahns SZ2 nicht magnetflussskompensierend bestromt ist, verlaufen zweite Magnetflusslinien ML2 von dem zweiten Statorzahn SZ2 durch den Luftspalt LS in den Läuferzahn LZ (siehe Figur links unten). Die Richtung der Magnetflusskomponente Φ_p im Läuferzahn LZ, die durch die Permanentmagnet-Einheiten PME
25 erzeugt wird, wird also fortlaufend, d.h. mit jedem Bewegungsschritt des Läuferzahns LZ zum nächsten Statorzahn SZ1, SZ2 (desselben oder eines benachbarten Statorpols SP) invertiert. Mit der magnetfeldsynchronen Drehung des Läufers L um seine Läuferachse LA entsteht im Läuferzahn LZ ein periodischer Magnetfluss Φ_p (d.h. ein Magnetfluss mit einer Magnetflussperiode und zwei Nulldurchgängen je Magnetflussperiode), der durch die im Stator der Flussschaltungsmaschine FSM angeordneten Permanentmagnet-Einheiten PME erzeugt wird.
30

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass der Luftspalt LS jeder der beschriebenen Ausführungsformen mit einem oder mehreren anderen (nicht ferromagnetischen) Materialien als Luft ausgefüllt sein kann, beispielsweise mit Aluminium, einem unmagnetischen
35 Edelstahl oder einem anderen Gas, das beispielsweise Stickstoff, Kohlenstoffdioxid, Helium oder eines der anderen Edelgase sein kann. Trotzdem ist es üblich, einen solchen Luftspalt, der nicht nur Luft oder sogar gar keine Luft beinhaltet, als Luftspalt zu bezeichnen.

Der Bewegungsschritt des Läuferzahns LZ von einem ersten Statorzahn SZ1 eines Statorpols SP zu einem zweiten Statorzahn SZ2 desselben Statorpols SP (oder in umgekehrter Richtung) führt über eine erste Neutralstellung β_{pme} des Läuferzahns LZ, in der der Läuferzahn LZ in Richtung einer Mittelebene ME der Permanentmagnet-Einheit PME zeigt (siehe Figur rechts oben). Ungefähr in dieser ersten Neutralstellung β_{pme} erfährt der durch die Permanentmagnet-Einheiten PME erzeugte Magnetfluss Φ_p im Läuferzahn LZ einen ersten der beiden Nulldurchgänge der Magnetflussperiode im Läuferzahn LZ.

Der Bewegungsschritt des Läuferzahns LZ von dem zweiten Statorzahn SZ2 eines ersten Statorpols SP zu einem ersten Statorzahn SZ1 eines benachbarten zweiten Statorpols SP (oder in umgekehrter Richtung) führt über eine zweite Neutralstellung β_w des Läuferzahns LZ, in der der Läuferzahn LZ in Richtung eines Wicklungsraums WR zwischen dem ersten SP und dem zweiten SP Statorpol zeigt (siehe Figur rechts unten). Ungefähr in dieser zweiten Neutralstellung β_w erfährt der durch die Permanentmagnet-Einheiten PME erzeugte Magnetfluss Φ_p im Läuferzahn LZ den zweiten der beiden Nulldurchgänge der Magnetflussperiode im Läuferzahn LZ.

In der Regel ist in keiner der beiden Neutralstellungen β_{pme} , β_w eine magnetische Wechselwirkung zwischen Läuferzahn LZ und Stator S erwünscht. Denn in jeder dieser beiden Neutralstellungen β_{pme} , β_w des Läuferzahns LZ hat ("bereits") wenigstens einer der anderen Läuferzähne LZ des Läufers L die Aufgabe, mit dem Stator S magnetisch wechselzuwirken, um so eine tangentialen Antriebskraft K_T zwischen Läufer L und Stator S zu erzeugen (die bei einer rotatorischen Maschine FSM zu einem Drehmoment M um die Läuferachse LA führt). Außerdem kann eine solche magnetische Wechselwirkung zwischen Läuferzahn LZ und Stator S (die in keiner der beiden Neutralstellungen β_{pme} , β_w erforderlich ist) auch deshalb unerwünscht sein, weil sie zu Energieverlusten infolge nutzloser Ummagnetisierungsvorgänge führt, die im Läuferzahn LZ stattfinden.

Um eine magnetische Wechselwirkung zwischen Läuferzahn LZ und Stator S in der ersten Neutralstellung β_{pme} zu verringern, schlägt die vorliegende Erfindung vor, in der Permanentmagnet-Einheit PME eine Aussparung AN anzuordnen, die dem Läufer L zugewandt ist. Mit der Aussparung AN wird in einem Neutralstellungsbereich $\Delta\beta$ der ersten Neutralstellung β_{pme} der Luftspalt LS zwischen dem Läufer L und dem Stator S zumindest partiell verbreitert, somit ein magnetischer Widerstand zwischen Läuferzahn LZ und Stator S erhöht und folglich eine magnetische Wechselwirkung zwischen Läuferzahn LZ und Stator S in diesem Neutralstellungsbereich $\Delta\beta$ verringert.

Bei dem in der Fig. 1 gezeigten Statorpol SP stellt die Permanentmagnet-Einheit PME eine erste magnetische Spannungsquelle mit der magnetischen Durchflutung Θ_p bereit. Die Polwicklung W des Statorpols SP stellt, wenn sie mit einem elektrischen Strom durchflossen ist,
5 eine zweite magnetische Spannungsquelle mit der magnetischen Durchflutung Θ_w bereit.

Wenn sich der Läuferzahn LZ in der Umfangswinkelstellung β_{sz1} (siehe Fig. 2 rechts oben) eines ersten Statorzahns SZ1 befindet, verläuft der Magnetfluss Φ_w der Polwicklung W bei (angenommener) positiver Bestromung der Polwicklung W auf demselben Weg wie der Magnetfluss Φ_p der Permanentmagnet-Einheit PME (siehe Fig. 2 links oben). In dieser Umfangswinkelstellung β_{sz1} des Läuferzahns LZ sind also die magnetischen Kreise der Permanentmagnet-Einheit PME und der Polwicklung W im Wesentlichen identisch (wobei es sich hier um eine idealisierte Betrachtung handelt und die tatsächlichen Verhältnisse in der Regel vom Lastpunkt abhängig sind und davon, ob sich die Flussschaltungsmaschine in einem Motor- oder Generatorbetrieb befindet). Dies gilt dann auch für den magnetischen Widerstand R_m der (weitgehend identischen) magnetischen Kreise für das durch die Permanentmagnet-Einheit PME und das durch die Polwicklung erzeugte Magnetfeld. In dieser Umfangswinkelstellung β_{sz1} des Läuferzahns LZ ist der magnetische Kreis durch den Läufer L derart geschlossen, dass sich die magnetischen Durchflutung Θ_p der Permanentmagnete PM1, PM2 und die Durchflutung Θ_w durch elektrischen Strom in der Windung W gleichsinnig überlagern. Ist der magnetische Kreis MK in dieser Art geschlossen, so gilt $\Theta_g = \Theta_p + \Theta_w$.
10
15
20

Wenn sich der Läuferzahn LZ in der Umfangswinkelstellung β_{sz2} (siehe Fig. 2 rechts oben) eines zweiten Statorzahns SZ2 befindet, wird durch den Läufer L ein anderer magnetischer Kreis MK geschlossen (siehe Fig. 2 links unten). Auch in dieser Umfangswinkelstellung β_{sz2} des Läuferzahns LZ sind die magnetischen Kreise der Permanentmagnet-Einheit PME und der Polwicklung W im Wesentlichen identisch. Der Magnetfluss Φ_w der Polwicklung W verläuft aber bei weiterhin positiv angenommener Bestromung der Polwicklung W auf demselben aber gegensinnigen (entgegengesetzten) Weg wie der Magnetfluss Φ_p der Permanentmagnet-Einheit PME. Außerdem sind in dieser Umfangswinkelstellung β_{sz2} des Läuferzahns LZ die beiden magnetischen Spannungsquellen im Ergebnis gegensinnig in Serie geschaltet (Subtraktion der durch elektrischen Strom bewirkten magnetischen Durchflutung Θ_w von der durch die Permanentmagnete PM1, PM2 erzeugten magnetischen Durchflutung Θ_p), so dass sich bezogen auf die Durchflutungsrichtung der Permanentmagnete PM1, PM2 die magnetische Gesamtspannung Θ_g im gemeinsamen magnetischen Kreis MK mit $\Theta_g = \Theta_p - \Theta_w$ für den gegensinnigen Fall berechnet.
25
30
35

Das Magnetfeld Φ_w der Polwicklungen W verändert seine Stärke (Betrag) und Polarität (Rich-

tung) also elektrisch. Das Magnetfeld Φ_p der Permanentmagnete PM1, PM2 hingegen wechselt (kommutiert) durch mechanische Läuferbewegung zwischen unterschiedlichen magnetischen Kreisen MK. Durch die mechanische Läuferbewegung wird sowohl die (tatsächliche) Polarität des Magnetfeldes Φ_p (der Permanentmagnet-Einheit PME) im Läufer L als auch die
5 (tatsächliche) Polarität der Verkettung des Magnetfeldes Φ_p (der Permanentmagnet-Einheit PME) mit der zugehörigen Polwicklung W kommutiert.

In allen Umfangswinkelstellungen (also insbesondere auch in den beiden Umfangswinkelstellungen β_{sz1} und β_{sz2} des ersten Läuferzahns LZ) berechnet sich der magnetische Gesamtfluss Φ_g nach dem Hopkinsonschen Gesetz mit $\Phi_g = \Theta_g / R_m$.
10

Wenn sich der Läuferzahn LZ in der Umfangswinkelstellung β_{pm1} (siehe Fig. 2 links oben) eines einzelnen ersten Permanentmagneten PM1 befindet, verläuft der Magnetfluss Φ_p der Permanentmagnet-Einheit W über einen magnetischen Kreis MK, der direkt nur durch diesen
15 einen Läuferzahn LZ (also ohne Umweg durch die Polwicklung W und einen anderen Läuferzahn LZ) führt. Folglich kann in dieser Umfangswinkelstellung β_{pm1} die Kraft K_T (bzw. das Drehmoment M) zwischen Läufer L und Stator S nicht mittels der durch den elektrischen Strom in der Polwicklung W erzeugten magnetischen Durchflutung Θ_w elektrisch beeinflusst werden.

Wenn sich der Läuferzahn LZ in der Umfangswinkelstellung β_{pm2} (siehe Fig. 2 links oben) eines einzelnen zweiten Permanentmagneten PM2 befindet, verläuft der Magnetfluss Φ_p der Permanentmagnet-Einheit W über einen magnetischen Kreis MK, der direkt nur durch diesen
20 einen Läuferzahn LZ (also ohne Umweg durch die Polwicklung W und einen anderen Läuferzahn LZ) führt. Folglich kann auch in dieser Umfangswinkelstellung β_{pm2} die Kraft K_T (bzw. das Drehmoment M) zwischen Läufer L und Stator S nicht mittels der durch den elektrischen Strom in der Polwicklung W erzeugten magnetischen Durchflutung Θ_w elektrisch beeinflusst werden.
25

Solche magnetischen Kurzschlüsse sind jedoch schon unter anderem deshalb unerwünscht, weil sie zu einem verlustbehafteten, periodischen Ummagnetisieren des Läufermaterials führen. Das damit verbundene Bremsmoment kann zwar von Vorteil sein, wenn die Flussschaltungs-
30 maschine FSM einen eigenen Drehwiderstand aufweisen soll. Es ist aber unerwünscht, wenn mit der Flussschaltungsmaschine FSM vor allem eine möglichst effiziente Umwandlung von elektrischer Energie in mechanische Energie (oder umgekehrt) bezweckt wird.
35

Um Leistungsverluste zu vermeiden, die durch das periodische Ummagnetisieren verursacht

werden, und um dadurch verursachte Bremsmomente zu verringern, schlägt die vorliegende Erfindung eine Aussparung AN im Bereich der Permanentmagnet-Einheit PME vor. Damit wird eine Dicke LSD des Luftspalts LS (Luftspaltdicke) zumindest in einem Teil eines Neutralstellungsbereichs vergrößert, der die erste Neutralstellung β_{pme} umfasst oder ihr zumindest nahe ist.

Die in Fig. 3 gezeigte erste Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit PME mit einer Aussparung AN weist in einer Transversalebene TE des Stators S einen parabelflächenförmigen Querschnitt auf. Ein Durchmesser D des Querschnitts erweitert sich in Richtung zum Läufer L hin. Hierdurch kann die Geometrie der Aussparung AN für ein gewünschtes Drehzahl- und/oder Feldschwächeverhalten optimiert werden.

Die in Fig. 4 gezeigte zweite Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit PME mit einer Aussparung AN weist in einer Transversalebene TE des Stators S einen rechteckförmigen Querschnitt auf.

Die in Fig. 5 gezeigte dritte Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit PME mit einer Aussparung AN weist in einer Transversalebene TE des Stators S einen pilzförmigen Querschnitt auf. Ein Durchmesser D des Querschnitts verjüngt sich in Richtung zum Läufer L pilzförmig.

Die Fig. 6 zeigt eine vierte Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit PME mit einer Aussparung AN, die sich über eine gesamte Seitenfläche B des weichmagnetischen Zwischensegments ZS erstreckt, die dem Läufer L zugewandt ist.

Die Fig. 7 zeigt eine fünfte Ausführungsform einer Permanentmagnet-Einheit PME mit einer Aussparung AN, die einen Querschnitt aufweist, dessen Grenze zum ferromagnetischen Bereich des Zwischensegments ZS kosinusförmig verläuft. Hierbei befindet sich ein Maximum der Kosinusform im Bereich der Mittelebene ME der Permanentmagnet-Einheit PME und das linke und rechte Minimum der Kosinusform beispielsweise am Übergang zu dem ersten PM1 beziehungsweise zweiten PM2 Permanentmagneten der Permanentmagnet-Einheit PME.

Der magnetische Kreis MK einer FSM kann so realisiert werden, dass sich in jedem Statorpol SP zwei Permanentmagnete PM1, PM2 befinden, welche radial orientiert und tangential magnetisiert sind. Typischerweise wechselt sich die Magnetisierungsrichtung RM der Permanentmagnete PM1, PM2 von Statorpol SP zu Statorpol SP' ab.

Die vorliegende Erfindung schlägt vor, auf derjenigen Seite B des weichmagnetischen Zwischensegments ZS, die der Maschinenachse A (d.h. dem Läufer L) zugewandt ist, eine Aussparung AN vorzusehen, welche bewirkt, dass der magnetische Widerstand R_m im Bereich einer ersten Neutralstellung β_{pme} des Läufers L im Vergleich zu einer sonst baugleichen

5 Flussschaltungsmaschine FSM (deren Permanentmagnet-Einheit PME keine Aussparung AN aufweist) erhöht wird. Dadurch wird das Bremsmoment verringert, das im Bereich der ersten Neutralstellung β_{pme} des Läufers L entsteht. Das weichmagnetische Zwischensegment ZS ist typischerweise jeweils zwischen den beiden Permanentmagneten PM1, PM2 eines Stator-

10 zahns SZ angeordnet.

Die erfindungsgemäße Gestaltung des magnetischen Kreises MK der Flussschaltungsma-

15 schine FSM kann auch auf andere Kombinationen von Statorpolen/Läuferzähnen und/oder auf Flussschaltungsmaschinen FSM mit Außenläufer angewendet werden, welche dem Fachmann auf dem Gebiet bekannt bzw. zugänglich sind. Auf Variationen des Aufbaus der

20 Flussschaltungsmaschine FSM in axialer Richtung (beispielsweise Segmentierung der Permanentmagnete PM1, PM2, Schrägungsvarianten des Läufers L), insbesondere solche, die dem Fachmann auf dem Gebiet ebenso bekannt sind, ist die erfindungsgemäße Gestaltung der Flussschaltungsmaschine FSM ebenfalls anwendbar.

Der Läufer L der erfindungsgemäßen Flussschaltungsmaschine FSM kann nach dem be-

25 kannten Stand der Technik ausgeführt sein. Er kann beispielsweise eine zylinder- oder kegelförmige Grundform mit einem ringförmigen Querschnitt (in einer Transversalebene des Läufers L) aufweisen. An der Außenkontur des Läufers L können sich beispielsweise Z Läufernu-

ten LN befinden, welche jeweils durch einen Läuferzahn LZ (Läuferpol) voneinander getrennt

30 sind. In dieser Topologie ergibt sich eine Anzahl von Z Läuferzähnen LZ, wobei Umfangswinkelstellungen zueinander direkt benachbarter Läuferzähne LZ sich jeweils um einen Winkel von $360^\circ/Z$ unterscheiden.

Unabhängig davon hat der Stator S einer Flussschaltungsmaschine FSM (in einer Transver-

35 salebene des Stators S) typischerweise einen ringförmigen Querschnitt, an dessen Innenkontur SI sich Q Nuten (mit je einem Wicklungsraum WR) befinden, welche jeweils durch einen Statorpol SP voneinander getrennt sind. Dadurch ergibt sich bei Q Statorpolen SP, ein Umfangswinkelstellungsunterschied von $360^\circ/Q$ zwischen direkt benachbarten Statorpolen SP, die zueinander umfangswinkelversetzt an der Innenkontur SI des Stators S angeordnet sind.

In jedem Statorpol SP sind typischerweise zwei Permanentmagnete PM1, PM2 angeordnet, welche in Umfangsrichtung des Stators S zueinander beabstandet sind.

Öffnungen in den Statorpolen SP, welche die Permanentmagnete PM1, PM2 aufnehmen, können derart angeordnet und geformt sein, dass jeder einzelne Statorpol S zwei Polsegmente PS aufweist. Dadurch ergeben sich zwei Formen von Polsegmenten PS, welche abwechselnd am Umfang angeordnet sind und jeweils durch eine Permanentmagnet-Einheit voneinander getrennt sind. Die Wicklungsräume WR sind Statornuten, welche sich jeweils zwischen zwei Statorpolen SP befinden und die Polwicklung W aufnehmen. Die Statorwicklung ist typischerweise als konzentrierte Wicklung ausgeführt und derart gestaltet, dass eine Spule jeweils beide Statorzähne SZ1, SZ2 eines Statorpols SP umschließt und die Wicklungsachse WA in radialer Richtung orientiert ist.

Wenn der Stator S (bezogen auf eine mittlere Transversalebene TE des Stators S) in axialer Richtung spiegelsymmetrisch aufgebaut ist, können alle Polsegmente PS eine identische Bauform aufweisen.

Die Fig. 1 zeigt eine Flussschaltungsmaschine FSM mit einer 6/5-Topologie. Für den Stator einer solchen Flussschaltungsmaschine FSM werden zwölf Polsegmente PS und zwölf Permanentmagnete PM1, PM2 benötigt.

Durch die erfindungsgemäße Gestaltung des magnetischen Kreises einer Flussschaltungsmaschine FSM werden deren Eigenschaften so verändert, dass begünstigt wird, dass der Magnetfluss Φ_p der Permanentmagnete PM1, PM2 durch Einprägen eines entsprechenden elektrischen Stroms in die Polwicklung W geschwächt werden kann. Somit wird durch die erfindungsgemäße Gestaltung des magnetischen Kreises der Flussschaltungsmaschine eine Schwächbarkeit des Magnetflusses Φ_p der Permanentmagnete PM1, PM2 mittels Einprägen eines entsprechenden elektrischen Stroms in die Polwicklung W verbessert. Die erfindungsgemäße Flussschaltungsmaschine FSM weist also aufgrund der speziellen Gestaltung des magnetischen Kreises MK eine bessere Feldschwächbarkeit im Vergleich zu Flussschaltungsmaschinen aus dem Stand der Technik auf. Dies ermöglicht eine Verwendung der Flussschaltungsmaschine FSM in einem höheren Drehzahlbereich als Flussschaltungsmaschinen aus dem Stand der Technik.

In einer Simulation einer Flussschaltungsmaschine FSM mit und ohne Ausnehmung AN ergab sich bei 20000 Umdrehung pro Minute, einem Stromwinkel von 186° , einer Stromamplitude von 253 A und einem annähernd gleichen Drehmoment von 3,78 bzw. 3,75 Nm mit Ausnehmung AN eine um ca. 8 % geringere induzierte Spannung (59,5 V statt 64,8 V) und eine um ca. 23 % geringere UMF (unbalanced magnetic force on rotor) als ohne Ausnehmung AN. Durch die Verringerung der induzierten Spannung ergibt sich eine vorteilhafte

Spannungsreserve für eine weitere Drehzahlerhöhung. Durch die deutliche Verringerung der UMF werden vorteilhafterweise Geräuschbildung und Vibrationen der Flussschaltungsmaschine FSM verringert.

Ansprüche

- 5 1. Stator (S) für eine elektrische Maschine (FSM) mit einem Läufer (L), wobei der Stator (S) Statorpole (SP) aufweist, wobei wenigstens eine Teilmenge der Statorpole (SP) je eine Polwicklung (W) sowie je eine Permanentmagnet-Einheit (PME) aufweist, wobei ein durch die Permanentmagnet-Einheit (PME) verursachter erster magnetischer Fluss durch einen zweiten magnetischen Fluss überlagert wird, wenn an die Polwicklung (W) eine elektrische Spannung angelegt wird oder in die Polwicklung (W) ein elektrischer Strom eingepreßt wird,
10 dadurch gekennzeichnet, dass
in der Permanentmagnet-Einheit (PME) eine Aussparung (AN) angeordnet ist, die dem Läufer (L) zugewandt ist.
- 15 2. Stator (S) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnet-Einheit (PME) einen ersten (PM1) und einen zweiten (PM2) Permanentmagneten aufweist, der zu dem ersten Permanentmagneten (PM1) magnetisch gleichsinnig in Serie angeordnet ist, wobei die beiden Permanentmagnete (PM1, PM2) in der Serienschaltung mittels eines weichmagnetischen Zwischensegments (ZS) miteinander magnetisch verbunden sind, wobei die Aussparung (AN) in dem weichmagnetischen Zwischensegment (ZS) angeordnet ist.
- 20 3. Stator (S) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Aussparung (AN) über eine gesamte Seitenfläche (B) des weichmagnetischen Zwischensegments (ZS) erstreckt, die dem Läufer (L) zugewandt ist.
- 25 4. Stator (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung (AN) in einer Transversalebene (TE) des Stators (S) einen rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt aufweist.
- 30 5. Stator (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich eine Öffnung (OE) der Aussparung (AN) in Richtung zum Läufer (L) hin verjüngt und/oder verbreitert.
- 35 6. Stator (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung (AN) eine Nut ist, deren Hauptlängsachse quer zu einer Transversalebene

ne (TE) des Stators (S) verläuft.

7. Stator (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung (AN) für ein Führen eines Kühlmittels (KM) vorgesehen ist, und/oder
5 dass die Aussparung (AN) zur Aufnahme eines Rohrs (R) vorgesehen ist, das zum Führen eines Kühlmittels (KM) vorgesehen ist, und/oder dass die Aussparung (AN) Füllmaterial enthält, das nicht ferromagnetisch ist.
8. Stator (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
10 mindestens einer der Statorpole (S) zwei Polsegmente (PS) aufweist, die mittels mindestens eines ersten Stegs mechanisch verbunden sind, der zwischen dem Läufer (L) und einer Permanentmagnet-Einheit (PME) angeordnet ist, und/oder dass mindestens einer der Statorpole (S) zwei Polsegmente (PS) aufweist, die mittels mindestens eines zweiten Stegs mechanisch verbunden sind, der auf einer Seite des Stators (S) angeordnet ist, die
15 vom Läufer (L) abgewandt ist.
9. Elektrische Maschine (FSM) mit einem Stator (S) und einem Läufer (L), der dazu vorbereitet ist, in zumindest einem ersten Läuferstellungsbereich einen ersten magnetischen Kreis (MK) zu schließen, wobei eine Permanentmagnet-Einheit (PME) des Statorpols (S)
20 eine Polwicklung (W) des Statorpols (S) in einer ersten Richtung magnetisiert, wobei der Läufer (L) auch dazu vorbereitet ist, in zumindest einem zweiten Läuferstellungsbereich einen zweiten magnetischen Kreis (MK) zu schließen, wobei die Permanentmagnet-Einheit (PME) die Polwicklung (W) des Statorpols (S) in einer zweiten Richtung magnetisiert, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
der Stator (S) ein Stator (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ist.
10. Fahrzeug (FZ),
dadurch gekennzeichnet, dass
30 das Fahrzeug (FZ) einen Stator (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder eine elektrische Maschine (FSM) nach Anspruch 9 aufweist.

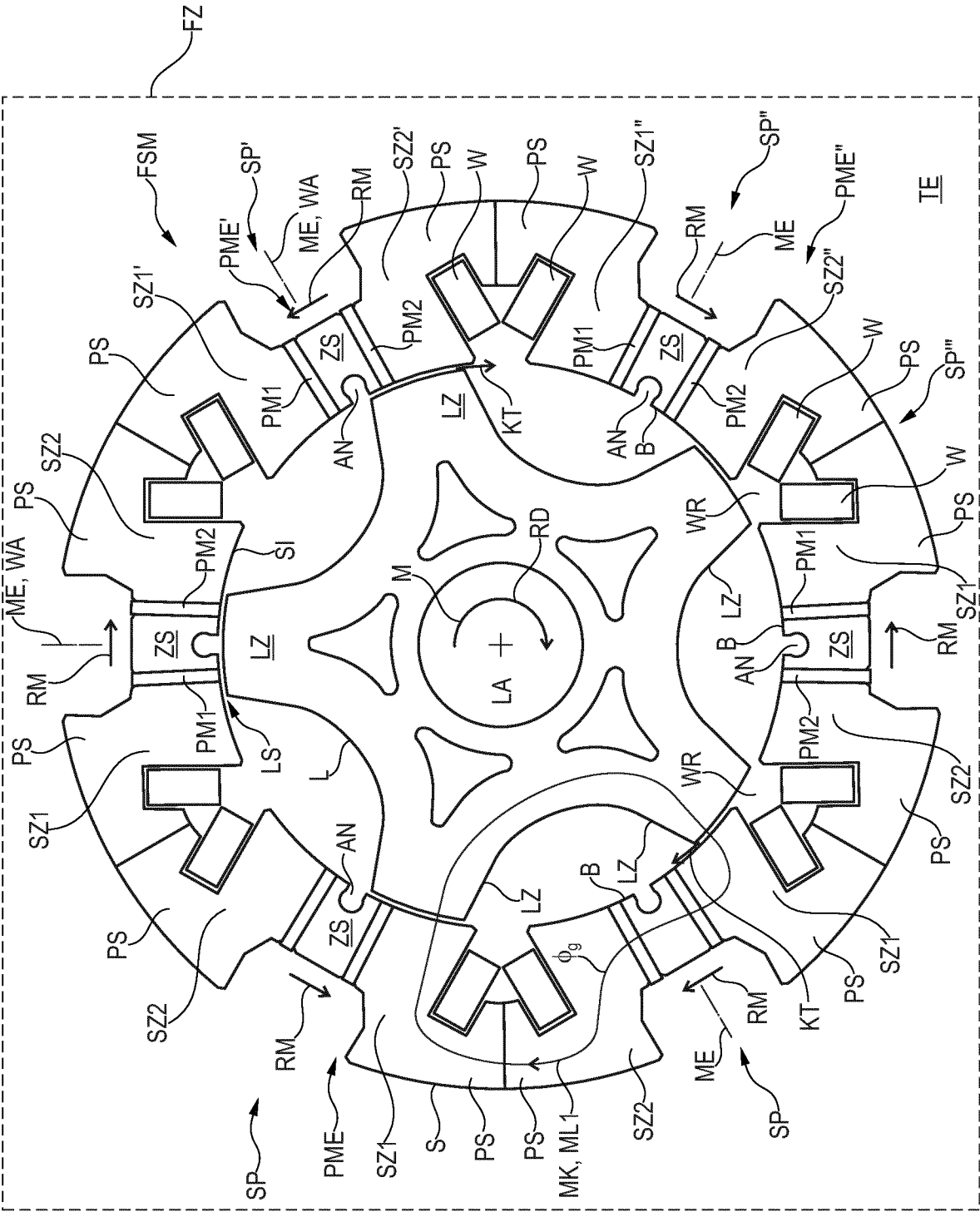


Fig. 1

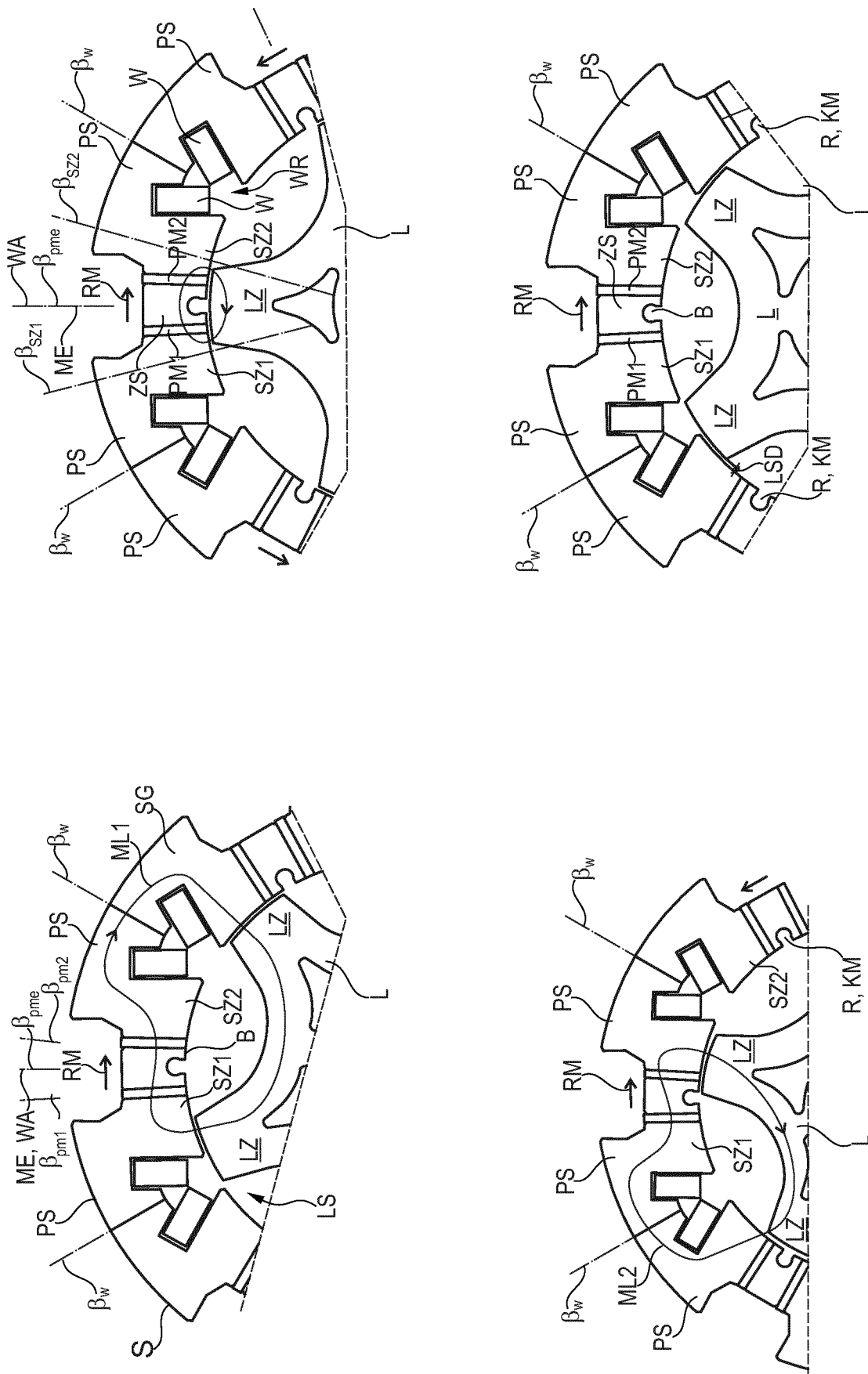


Fig. 2

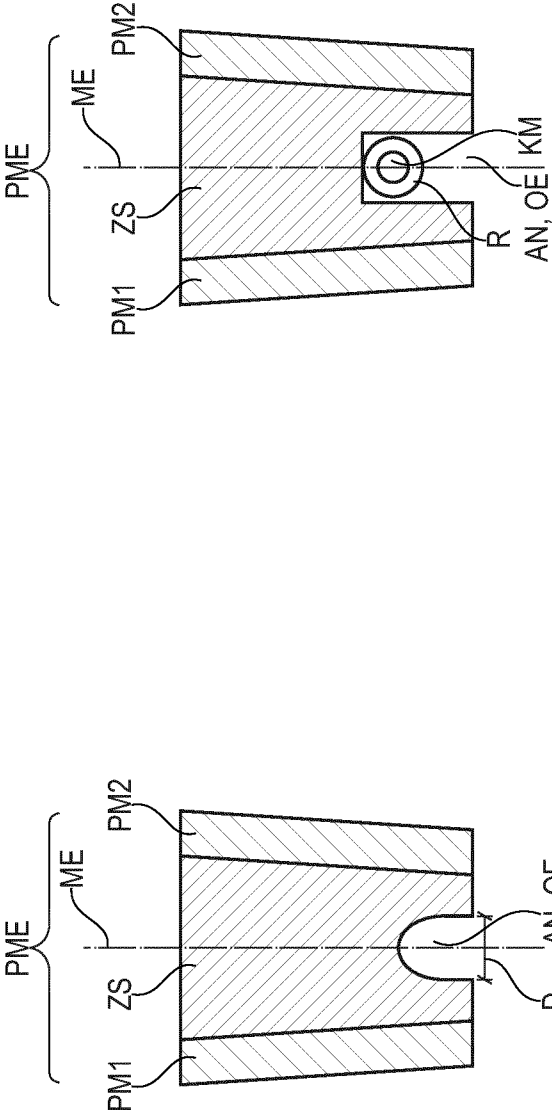


Fig. 3

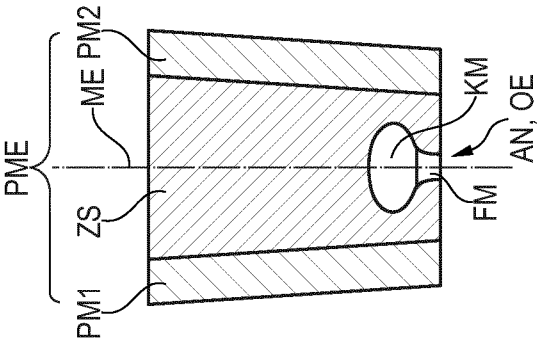


Fig. 5

Fig. 4

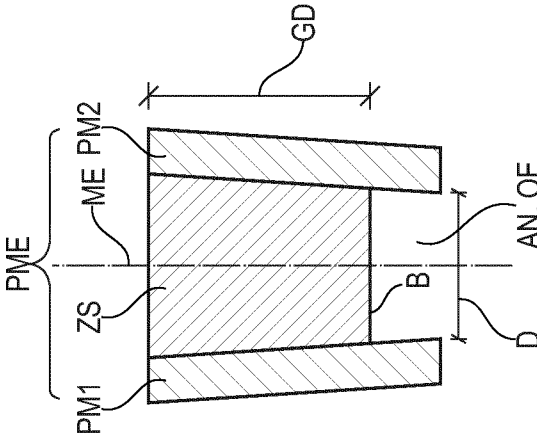


Fig. 6

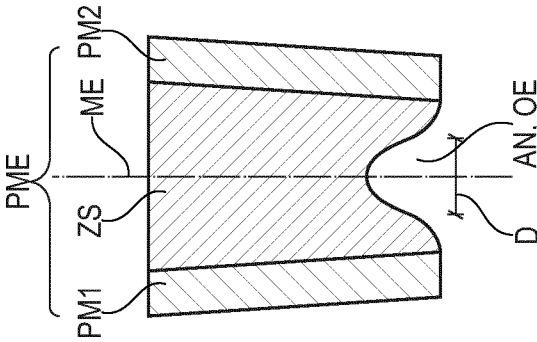


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/079753

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K1/17 H02K21/04
ADD.

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	WO 2013/157165 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TANAKA TOSHINORI [JP]; YAMAGUCHI SHINIC) 24 October 2013 (2013-10-24) paragraphs [0003], [0055] - [0057]; figures 4, 13, 14 -----	1,4-10
X	US 2013/069453 A1 (JUNG SUNG TAI [KR] ET AL) 21 March 2013 (2013-03-21)	1,2,4-9
Y	paragraphs [0034], [0037], [0039]; figure 1 -----	3
X	EP 2 209 193 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 21 July 2010 (2010-07-21)	1,4,6,8, 9
Y	paragraphs [0004], [0006], [0037], [0041]; figures 2, 7 ----- -/-	3



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

25 February 2016

Date of mailing of the international search report

04/03/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Czogalla, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/079753

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/239763 A1 (RAMINOSOA TSARAFIDY [US] ET AL) 28 August 2014 (2014-08-28) paragraph [0037]; figures 4, 4A-4C -----	1,4,6,7, 9
X	US 2006/131967 A1 (LIN HUAI [US] ET AL) 22 June 2006 (2006-06-22) figure 10 -----	1,4,6,7, 9
X	SHEN JIAN-XIN ET AL: "Permanent magnet flux switching machines - Topologies, analysis and optimiza", 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER ENGINEERING, ENERGY AND ELECTRICAL DRIVES, IEEE, 13 May 2013 (2013-05-13), pages 352-366, XP032509676, ISSN: 2155-5516, DOI: 10.1109/POWERENG.2013.6635633 [retrieved on 2013-10-16] -----	1
Y	figures 9(b), 10(a), 10(b), 11(b) -----	3
Y	JP 2013 027240 A (DAIKIN IND LTD) 4 February 2013 (2013-02-04) the whole document figures 2, 10 -----	3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/079753

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013157165 A1	24-10-2013	JP 5677622 B2	25-02-2015
		JP WO2013157165 A1	21-12-2015
		WO 2013157165 A1	24-10-2013
US 2013069453 A1	21-03-2013	CN 103023264 A	03-04-2013
		KR 20130031006 A	28-03-2013
		US 2013069453 A1	21-03-2013
EP 2209193 A1	21-07-2010	EP 2209193 A1	21-07-2010
		FR 2941106 A1	16-07-2010
		US 2010176677 A1	15-07-2010
US 2014239763 A1	28-08-2014	NONE	
US 2006131967 A1	22-06-2006	NONE	
JP 2013027240 A	04-02-2013	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02K1/17 H02K21/04
 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	WO 2013/157165 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TANAKA TOSHINORI [JP]; YAMAGUCHI SHINIC) 24. Oktober 2013 (2013-10-24) Absätze [0003], [0055] - [0057]; Abbildungen 4, 13, 14 -----	1,4-10
X	US 2013/069453 A1 (JUNG SUNG TAI [KR] ET AL) 21. März 2013 (2013-03-21)	1,2,4-9
Y	Absätze [0034], [0037], [0039]; Abbildung 1 -----	3
X	EP 2 209 193 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 21. Juli 2010 (2010-07-21)	1,4,6,8, 9
Y	Absätze [0004], [0006], [0037], [0041]; Abbildungen 2, 7 -----	3
	-/-	



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

25. Februar 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/03/2016

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

Czogalla, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2014/239763 A1 (RAMINOSOA TSARAFIDY [US] ET AL) 28. August 2014 (2014-08-28) Absatz [0037]; Abbildungen 4, 4A-4C -----	1,4,6,7, 9
X	US 2006/131967 A1 (LIN HUAI [US] ET AL) 22. Juni 2006 (2006-06-22) Abbildung 10 -----	1,4,6,7, 9
X	SHEN JIAN-XIN ET AL: "Permanent magnet flux switching machines - Topologies, analysis and optimiza", 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER ENGINEERING, ENERGY AND ELECTRICAL DRIVES, IEEE, 13. Mai 2013 (2013-05-13), Seiten 352-366, XP032509676, ISSN: 2155-5516, DOI: 10.1109/POWERENG.2013.6635633 [gefunden am 2013-10-16]	1
Y	Abbildungen 9(b), 10(a), 10(b), 11(b) -----	3
Y	JP 2013 027240 A (DAIKIN IND LTD) 4. Februar 2013 (2013-02-04) das ganze Dokument Abbildungen 2, 10 -----	3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/079753

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013157165 A1	24-10-2013	JP 5677622 B2	25-02-2015
		JP WO2013157165 A1	21-12-2015
		WO 2013157165 A1	24-10-2013

US 2013069453 A1	21-03-2013	CN 103023264 A	03-04-2013
		KR 20130031006 A	28-03-2013
		US 2013069453 A1	21-03-2013

EP 2209193 A1	21-07-2010	EP 2209193 A1	21-07-2010
		FR 2941106 A1	16-07-2010
		US 2010176677 A1	15-07-2010

US 2014239763 A1	28-08-2014	KEINE	

US 2006131967 A1	22-06-2006	KEINE	

JP 2013027240 A	04-02-2013	KEINE	
