

(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  
23. November 2017 (23.11.2017)

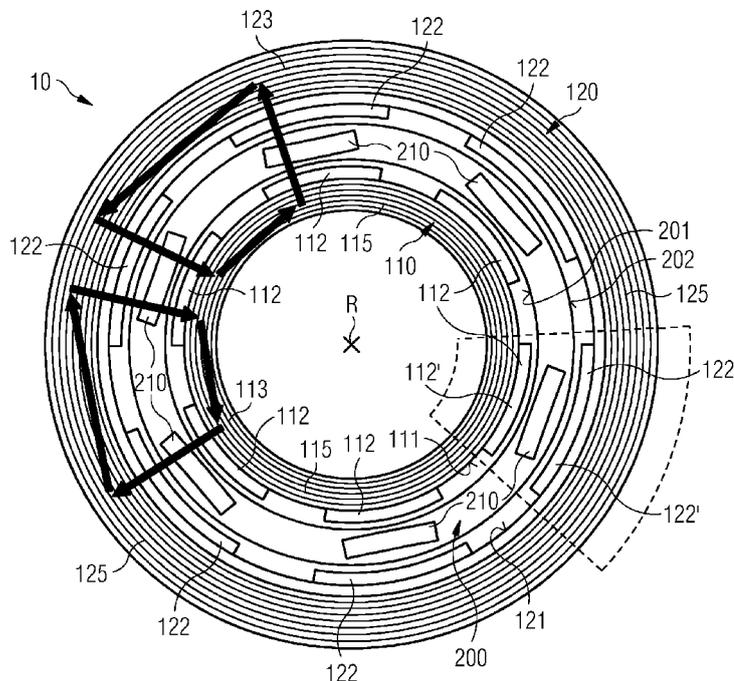


(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/198496 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02K 55/02* (2006.01)      *H02K 16/02* (2006.01)  
*H02K 1/02* (2006.01)
- (71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/061042
- (72) Erfinder: **FILIPENKO, Mykhaylo**; Ginsterweg 23, 91058 Erlangen (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
09. Mai 2017 (09.05.2017)
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 208 474.7  
18. Mai 2016 (18.05.2016) DE

(54) Title: ELECTRIC MACHINE HAVING A DOUBLE ARMATURE ARRANGEMENT WITH A CRYOGENIC FERROMAGNETIC MATERIAL

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE MIT DOPPELLÄUFERANORDNUNG MIT KRYOGENEM FERROMAGNETIKUM



(57) Abstract: An electric machine has a double armature arrangement with a first and the second armature. The first armature and the second armature are arranged concentrically with respect to one another in such a way that they are spaced apart from one another in the radial direction, with the result that a gap is situated between them. The armatures have in each case means for generating a magnetic flux which runs through the air gap in the radial direction. Moreover, the armatures in each case have a yoke for guiding the magnetic flux, wherein the yokes in each case have at least one laminated core made from a cryogenic ferromagnetic material for conducting the magnetic flux in the respective yoke, which laminated cores ideally extend in each case along the entire circumference of the respective yoke.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/198496 A1

**(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)

---

**(57) Zusammenfassung:** Eine elektrische Maschine weist eine Doppelläuferanordnung mit einem ersten und einem zweiten Läufer auf. Der erste Läufer und der zweite Läufer sind derart konzentrisch zueinander angeordnet, dass sie in radialer Richtung voneinander beabstandet sind, so dass sich zwischen ihnen ein Spalt befindet. Die Läufer weisen jeweils Mittel zur Erzeugung eines magnetischen Flusses auf, welcher in radialer Richtung durch den Luftspalt verläuft. Die Läufer weisen darüber hinaus jeweils ein Joch zur Führung des magnetischen Flusses auf, wobei die Joche jeweils zumindest ein Blechpaket aus einem kryogenen Ferromagnetikum zur Führung des magnetischen Flusses im jeweiligen Joch aufweisen, welche sich idealerweise jeweils entlang des gesamten Umfangs des jeweiligen Jochs erstrecken.

## Beschreibung

Elektrische Maschine mit Doppelläuferanordnung mit kryogenem Ferromagnetikum

5

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einer Doppelläuferanordnung, insbesondere eine Maschine mit einem Innenläufer und einem Außenläufer, zwischen denen ein Stator angeordnet ist.

10

Zur Klassifizierung einer elektrischen Maschine kann unter anderem die sogenannte Leistungsdichte verwendet werden, welche die von der Maschine erbringbare Leistung ins Verhältnis zu ihrem Gewicht setzt und in der Regel in kW/kg angegeben wird. Während für viele technische Anwendungen Leistungsdichten in Größenordnungen bis zu 2kW/kg ausreichend sind, benötigt man bspw. für die Elektrifizierung der Luftfahrt elektrische Maschinen mit Leistungsdichten von mindestens 20kW/kg. Ein bekannter Ansatz zur Erhöhung der Leistungsdichte einer elektrischen Maschine wird bspw. in der DE102013225093A1 beschrieben.

15

20

25

Die Leistungsdichte einer elektrischen Maschine skaliert direkt mit der magnetischen Flussdichte, die durch die in der elektrischen Maschine zum Einsatz kommenden Elektro- oder Permanentmagnete erzeugbar ist und die mit den bspw. am Stator der Maschine angeordneten Spulen elektromagnetisch wechselwirkt. Dieser Zusammenhang zwischen der Flussdichte und der Leistungsdichte erlaubt eine signifikante Erhöhung der Leistungsdichte der Maschine dadurch, dass eine Doppelläuferkonfiguration eingesetzt wird, bei der der Stator mit den Spulen zwischen zwei mit die magnetische Flussdichte verursachenden Magneten ausgestatteten Läufern angeordnet ist. Dabei ist bspw. bei einer radialen Doppelläuferkonfiguration der Stator in radialer Richtung zwischen einem Außenläufer und einem Innenläufer angeordnet. Bei einer axialen Konfiguration ist der Stator in axialer Richtung zwischen den beiden

30

35

Läufern angeordnet, d.h. ein erster Läufer, der Stator und ein zweiter Läufer liegen in axialer Richtung hintereinander.

Solche Doppelläuferkonfigurationen sind elektromagnetisch  
5 vorteilhaft, da sie sowohl sehr hohe magnetische Flussdichten  
in den Luftspalten erlauben als auch den Magnetkreis bestmög-  
lich abbilden, da die Läufer auf beiden Seiten des Stators  
bzw. der Spulen für die Erzeugung und für die Führung des  
magnetischen Flusses genutzt werden können. Diese und weitere  
10 Maßnahmen können sich in einer erhöhten Leistungsdichte der  
Maschine niederschlagen.

Ein erster Ansatz zur Erhöhung der Leistungsdichte besteht  
demnach darin, in der elektrischen Maschine eine Doppelrotor-  
15 konfiguration einzusetzen. Hiermit werden aber weiterhin le-  
diglich moderate Erhöhungen der Leistungsdichte erzielt. Es  
ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Mög-  
lichkeit anzugeben, das Leistungsgewicht einer elektrischen  
Maschine, insbesondere einer elektrischen Maschine mit Dop-  
20 pelläuferkonfiguration, zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 beschriebene  
elektrische Maschine gelöst. Die Unteransprüche beschreiben  
vorteilhafte Ausgestaltungen.

25

Eine erfindungsgemäße elektrische Maschine weist eine Doppel-  
läuferanordnung mit einem ersten Läufer und einem zweiten  
Läufer auf. Der erste Läufer und der zweite Läufer sind der-  
art konzentrisch zueinander angeordnet, dass der erste Läufer  
30 und der zweite Läufer in einer bestimmten Vorzugsrichtung  
voneinander beabstandet sind, so dass sich zwischen dem ers-  
ten Läufer und dem zweiten Läufer ein Spalt befindet. Der  
erste Läufer und der zweite Läufer weisen jeweils Mittel zur  
Erzeugung eines magnetischen Flusses auf, derart, dass der  
35 erzeugte magnetische Fluss zwischen dem ersten Läufer und dem  
zweiten Läufer in der Vorzugsrichtung durch den Luftspalt  
verläuft. Die Vorzugsrichtung kann bspw. im Wesentlichen in  
einer axialen Richtung oder in einer radialen Richtung orien-

tiert sein, je nachdem, ob die elektrische Maschine als eine Axial- oder als Radialflussmaschine konzipiert ist. Der erste Läufer und der zweite Läufer weisen darüber hinaus jeweils ein Joch zur Führung des magnetischen Flusses auf, wobei die

5 Jochs jeweils zumindest ein Blechpaket aus einem kryogenen Ferromagnetikum zur Führung des magnetischen Flusses im jeweiligen Joch aufweisen, welche sich idealerweise jeweils entlang des gesamten Umfangs des jeweiligen Jochs erstrecken.

10 Die Formulierung, dass „der erste Läufer und der zweite Läufer in einer bestimmten Vorzugsrichtung voneinander beabstandet sind“ ist insbesondere in dem Fall, dass die Läufer in radialer Richtung voneinander beabstandet sein sollen, so zu verstehen, dass ein Abschnitt des ersten Läufers und ein ent-

15 sprechender Abschnitt des zweiten Läufers in der Vorzugsrichtung voneinander beabstandet sind. Bspw. können die beiden Läufer im Wesentlichen kreisringförmig ausgebildet sein und die Abschnitte können, ebenfalls bspw., denjenigen Kreisringsegmenten der Läufer entsprechen, die sich bezogen auf die

20 Rotationsachse der Läufer in Umlaufrichtung über einen Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  erstrecken.

Die Verwendung eines kryogenen Ferromagnetikums, bspw. Terbi-

um oder Dysprosium, in den Jochen erlaubt das Führen hoher

25 magnetischer Flüsse, die bspw. mit Hilfe von supraleitenden Permanentmagneten erzeugt werden können, resultierend in einer entsprechend höheren Leistungsdichte der elektrischen Maschine. Die Curie Temperatur von Werkstoffen wie Terbium oder Dysprosium liegt zwar weit unterhalb der Raumtemperatur, wes-

30 halb diese Werkstoffe erst auf kryogene Temperaturen gekühlt werden müssen, damit sie in die ferromagnetische Phase übergehen. Jedoch können diese Materialien im Gegensatz zu kon-

35 ventionellen Ferromagnetika magnetische Flussdichten in Größenordnungen von -je nach Umgebungstemperatur- etwa 4-8T und langfristig gesehen bis zu 14T führen. Dadurch ist ein wesentlich kleinerer Materialeinsatz notwendig als mit konventionellen Materialien, um die hohen gewünschten Flüsse insbesondere von supraleitenden Permanentmagneten führen zu kön-

nen. Bspw. wurden in ersten Experimenten bei Verwendung von Dysprosium bereits Flussdichten in Höhe von 3,5-4T nachgewiesen, d.h. eine Verbesserung um einen Faktor 2 gegenüber der konventionellen Verwendung von Eisen. Schon dies resultiert  
5 in einer Gewichtsreduktion von 50% im Joch, was eine Gewichtsreduktion von etwa 20% in der Maschine ausmacht.

Die Mittel zur Erzeugung des magnetischen Flusses sind am jeweiligen Läufer derart angeordnet, dass sie sich im Bereich  
10 derjenigen Oberfläche des jeweiligen Läufers befinden, die dem jeweils anderen Läufer zugewandt ist. Damit wird sichergestellt, dass im Spalt zwischen den Läufern ein maximaler magnetischer Fluss erzeugt werden kann.

15 Die Joche mit den Blechpaketen aus dem kryogenen Ferromagnetikum zur Führung des magnetischen Flusses sind am jeweiligen Läufer derart angeordnet, dass sich das Mittel zur Erzeugung des magnetischen Flusses eines jeweiligen Läufers im Wesentlichen zwischen dem Joch des jeweiligen Läufers und dem  
20 jeweils anderen Läufer bzw. dem Luftspalt befindet. Die Joche befinden sich also quasi im Bereich derjenigen Oberfläche des jeweiligen Läufers, die dem jeweils anderen Läufer abgewandt ist.

25 Im Fall einer Konfiguration der elektrischen Maschine, bei der die Läufer als Innen- und Außenläufer ausgebildet sind, so dass sich die Vorzugsrichtung in radialer Richtung erstreckt, wobei der Innenläufer radial innerhalb des Außenläufers angeordnet ist, bedeutet das also, dass die Mittel des  
30 Außenläufers zur Erzeugung des magnetischen Flusses an dessen radial innen liegender Oberfläche angeordnet sind, während sich die Mittel des Innenläufers zur Erzeugung des magnetischen Flusses an dessen radial außen liegender Oberfläche befinden. Dementsprechend befindet sich das Blechpaket des Außenläufers aus dem kryogenen Ferromagnetikum an dessen radial  
35 außen liegender Oberfläche und das Blechpaket des Innenläufers aus dem kryogenen Ferromagnetikum ist im Bereich von dessen radial innen liegender Oberfläche angeordnet.

Die Mittel zur Erzeugung des magnetischen Flusses am ersten Läufer und am zweiten Läufer umfassen jeweils eine Vielzahl von Einzelmagneten, insbesondere die gleiche Vielzahl. Dabei ist jedem Einzelmagneten des ersten Läufers ein Einzelmagnet des zweiten Läufers zugeordnet, wobei einander zugeordnete Einzelmagnete ein Paar von Einzelmagneten bilden. Die Einzelmagnete eines Paares sind derart angeordnet, dass sie sich in der Vorzugsrichtung gegenüberstehen, dass sie also in der Vorzugsrichtung voneinander beabstandet angeordnet sind. Weiterhin sind die Einzelmagnete derart angeordnet, dass die Polaritäten ihrer Magnetisierungen grundsätzlich parallel oder aber antiparallel zur Vorzugsrichtung orientiert sind. Dabei sind außerdem die Polaritäten der Magnetisierungen der Einzelmagnete eines jeweiligen Paares einander entgegengesetzt, so dass also bspw. ein Einzelmagnet eines Paares in Nord-Süd-Ausrichtung und der andere Einzelmagnet des Paares in Süd-Nord-Ausrichtung angeordnet ist. In Umfangsrichtung des ersten Läufers benachbarte Einzelmagnete des ersten Läufers sind derart angeordnet, dass die Polaritäten der Magnetisierungen der in Umfangsrichtung benachbarten Einzelmagnete des ersten Läufers einander entgegengesetzt orientiert sind, d.h. abwechselnd in Vorzugsrichtung und entgegengesetzt zur Vorzugsrichtung. Konsequenterweise sind auch in Umfangsrichtung des zweiten Läufers benachbarte Einzelmagnete des zweiten Läufers derart angeordnet, dass die Polaritäten der Magnetisierungen der in Umfangsrichtung benachbarten Einzelmagnete des zweiten Läufers einander entgegengesetzt orientiert sind. Stark vereinfacht ausgedrückt kann diese spezielle Konfiguration auch als Nord-Süd-/Süd-Nord-Konfiguration bezeichnet werden. Vorteilhafterweise ergibt sich aus dieser abwechselnden Konfiguration, dass der magnetische Fluss stets abwechselnd parallel oder antiparallel zur Vorzugsrichtung orientiert ist, was sich darin niederschlägt, dass die elektromagnetische Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Fluss und den Spulen des Stators bei Betrieb der elektrischen Maschine als Generator oder als Elektromotor mit höchster Effizienz erfolgt.

Die Mittel zur Erzeugung des magnetischen Flusses am ersten Läufer und am zweiten Läufer sind vorteilhafterweise jeweils supraleitende Permanentmagnete sind, insbesondere sogenannte „HTS bulk Magnete“. Hierdurch lassen sich besonders hohe magnetische Flussdichten erzeugen. Die Kombination von supraleitenden Magneten, insbesondere HTS bulks, mit den kryogenen Ferromagnetika ist vorteilhaft, da die besonderen Eigenschaften im Temperaturbereich von ca. 20K bis ca. 70K praktisch genutzt werden können. Da die Ferromagnetika nur zur Führung des magnetischen Flusses im Läufer genutzt werden, verursachen sie keine Verluste durch wechselnde Magnetisierung, bspw. Hystereseverluste, und Wirbelströme. HTS-bulk Magnete sind supraleitende Magnete, die erst unterhalb einer bestimmten kritischen Sprungtemperatur ihre supraleitenden Eigenschaften zeigen und magnetisiert werden können. Für den Zweck der Erfindung bietet sich insbesondere die Verwendung von YBCO oder GdBCO an, da diese Werkstoffe bei Temperaturen von ca. 30K eine Magnetisierung von bis zu 6T bereitstellen können.

Alternativ weisen die Mittel zur Erzeugung des magnetischen Flusses am ersten Läufer und am zweiten Läufer jeweils, so wie die Joche, ebenfalls ein kryogenes Ferromagnetikum auf und sind insbesondere als Bleckpaket aus einem solchen kryogenen Ferromagnetikum realisiert. Da die kryogenen Ferromagnetika bei entsprechender Kühlung ebenfalls die Erzeugung von außerordentlich hohen magnetischen Flussdichten erlauben, verspricht auch diese Alternative das Erzielen von hohen Leistungsdichten.

Die elektrische Maschine weist weiterhin einen Stator auf, der in dem Spalt zwischen dem ersten Läufer und dem zweiten Läufer und konzentrisch zu dem ersten Läufer und dem zweiten Läufer angeordnet ist und der eine Vielzahl von Spulen trägt, welche derart angeordnet sind, dass sie mit dem magnetischen Flusses elektromagnetische wechselwirken. Dabei sind die Spulen vorteilhafterweise als Luftspulen ausgebildet, so dass der Stator ein vergleichsweise geringes Gewicht aufweist.

Der erste Läufer und der zweite Läufer sind gegenüber der elektrischen Maschine und dem Stator rotierbar, aber relativ zueinander unbeweglich. In einer Ausführungsform mit radialer Doppelläuferanordnung ist der erste Läufer ein Innenläufer und der zweite Läufer ein Außenläufer, wobei die Läufer derart angeordnet sind, dass sich der Innenläufer radial innerhalb des Außenläufers befindet, so dass die Vorzugsrichtung in radialer Raumrichtung orientiert ist. Der Stator ist in radialer Richtung zwischen dem Innenläufer und dem Außenläufer und konzentrisch zu dem Innenläufer und dem Außenläufer angeordnet. Die Mittel zur Erzeugung des magnetischen Flusses sind schließlich derart am Innenläufer und am Außenläufer angeordnet, dass der magnetische Fluss zwischen dem Innenläufer und dem Außenläufer im Wesentlichen in einer radialen Richtung verläuft.

Ein weiter Vorteil der Doppelläuferanordnung speziell in Kombination mit supraleitenden Permanentmagneten bzw. HTS-bulks und den kryogenen Ferromagnetika ist optimale Nutzung der HTS-bulk Magneten. In sehr leistungsfähigen konventionellen Maschinen werden häufig sogenannte „Halbach-Anordnungen“ verwendet. Diese weisen eine besondere Magnetisierung auf, die sich darin niederschlägt, dass der magnetische Fluss innerhalb der Magnete umgelenkt werden kann. Bis dato stellt es jedoch als technisch sehr schwierig heraus, eine Halbach-Anordnung für HTS-bulks herzustellen, weshalb auf eine Nord-Süd-/Süd-Nord-Konfiguration zurückgegriffen werden muss. Damit der hohe Fluss in dieser Konfiguration nicht durch Luft geführt werden muss, werden die genannten kryogenen Ferromagnetika eingesetzt.

Weiterhin liegt ein Vorteil der Doppelläuferanordnung in der Nord-Süd-/Süd-Nord-Konfiguration und insbesondere mit Luftspulen darin, dass die magnetischen Felder größtenteils lediglich eine Radialkomponente aufweisen und Streufelder in Tangentialrichtung klein sind. Dadurch sind für die Wicklung der Spulen des Stators Leiterkonfigurationen denkbar, bei denen

die „kurze Seite“ orthogonal zur radialen Richtung liegt und somit -trotz der hohen Felder im Luftspalt- Verluste aufgrund des Proximity-Effekts minimiert werden können.

5 Weitere Vorteile und Ausführungsformen ergeben sich aus den Zeichnungen und der entsprechenden Beschreibung.

Im Folgenden werden die Erfindung und beispielhafte Ausführungsformen anhand von Zeichnungen näher erläutert. Dort werden  
10 den gleiche Komponenten in verschiedenen Figuren durch gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet.

Es zeigt:

15 FIG 1 eine elektrische Maschine mit Doppelläuferanordnung.

Gleiche Bezugszeichen in verschiedenen Figuren kennzeichnen gleiche Komponenten. Weiterhin sei angemerkt, dass sich Begriffe wie „axial“, „radial“ und „Umfangsrichtung“ auf die im  
20 jeweils beschriebenen Beispiel bzw. in der jeweiligen Figur zum Einsatz kommende Welle oder Drehachse beziehen.

Die FIG 1 zeigt eine anhand ihres Gehäuses 11 angedeutete elektrische Maschine 10 und deren weitestgehend kreisringförmige Doppelläuferanordnung 100, welche gegenüber der elektrischen Maschine bzw. bspw. gegenüber deren Gehäuse 11 um eine  
25 Rotationsachse R rotierbar ist. Die Doppelläuferanordnung 100 weist einen ersten Läufer 110 und einen zweiten Läufer 120 auf, welche konzentrisch zueinander angeordnet sind. In der hier dargestellten Ausführungsform handelt sich bei der Doppelläuferanordnung um einen radialen Doppelläufer, d.h. der  
30 erste Läufer 110 ist ein Innenläufer und der zweite Läufer 120 ist ein Außenläufer. Beim radialen Doppelläufer 100 ist der Innenläufer 110 radial innerhalb des Außenläufers 120 angeordnet, d.h. der Innenläufer 110 hat einen geringeren  
35 Durchmesser als der Außenläufer 120, wobei sich zwischen der radial äußeren Oberfläche 111 des Innenläufers 110 und der radial inneren Oberfläche 121 des Außenläufers 120 ein Spalt

befindet. In axialer Richtung befinden sich die Läufer 110, 120 im Wesentlichen an der selben Position.

Im Rahmen der hier vorliegenden Erfindung wird basierend auf  
5 der Anordnung der Läufer 110, 120 der Doppelläuferanordnung  
100 eine „Vorzugsrichtung“ definiert, die sich daran orientiert, in welcher Raumrichtung bezogen auf die Drehachse R die beiden Läufer voneinander beabstandet sind. Im Fall des radialen Doppelläufers 100 befindet sich der Außenläufer 120  
10 radial außerhalb des Innenläufers, d.h. die Vorzugsrichtung ist in radialer Richtung orientiert. Bspw. im nicht dargestellten Fall eines axialen Doppelläufers, dessen erster Läufer und zweiter Läufer typischerweise in axialer Richtung voneinander beabstandet sind, ist die Vorzugsrichtung in axialer  
15 aler Richtung orientiert.

Der Innenläufer 110 sowie auch der Außenläufer 120 verfügen jeweils über eine Vielzahl von Mitteln 112, 122 zur Erzeugung eines magnetischen Flusses sowie über jeweils über ein Joch  
20 113, 123 zur Führung des magnetischen Flusses, welcher in der FIG 1 mit Hilfe der Pfeile angedeutet ist, im jeweiligen Läufer 110, 120. Im Folgenden wird rein exemplarisch, aber nicht einschränkend, angenommen, dass die Mittel 112, 122 zur Erzeugung des magnetischen Flusses Permanentmagnete sind. Die  
25 Permanentmagnete 112, 122 sind im bzw. am jeweiligen Joch 113, 123 derart angeordnet, dass sie sich im Bereich derjenigen Oberfläche 111, 121 des jeweiligen Läufers 110, 120 befinden, die dem jeweils anderen Läufer 120, 110 zugewandt ist. Damit wird also sichergestellt, dass der magnetische  
30 Fluss durch den Spalt zwischen den Läufern 110, 120 maximal ist.

Die Mittel 112, 122 zur Erzeugung des magnetischen Flusses bzw. die Permanentmagnete 112, 122 am Innenläufer 110 und am  
35 Außenläufer 120 umfassen jeweils eine Vielzahl von Einzelmagneten 112, 122, wobei die beiden Läufer 110, 120 idealerweise die gleiche Anzahl von Einzelmagneten 112, 122 aufweist. Jedem Einzelmagneten 112 des Innenläufers 110 ist ein Einzel-

magnet 122 des Außenläufers 120 zugeordnet, wobei einander zugeordnete Einzelmagnete, bspw. die mit 112' und 122' gekennzeichneten Einzelmagnete, ein Paar von Einzelmagneten 112', 122' bilden. Die Einzelmagnete 112', 122' eines jeweiligen Paares sind derart angeordnet, dass sie sich in der Vorzugsrichtung, d.h. im vorliegenden Beispiel in radialer Richtung, gegenüberstehen, dass sie also in der Vorzugsrichtung voneinander beabstandet angeordnet sind. Sämtliche Einzelmagnete 112, 122 sind weiterhin derart angeordnet, dass die Polaritäten ihrer Magnetisierungen, welche in der FIG 1 durch Pfeile symbolisiert sind, parallel oder aber antiparallel zur Vorzugsrichtung orientiert sind. Dabei sind die Polaritäten der Magnetisierungen der Einzelmagnete 112', 122' eines jeweiligen Paares einander entgegengesetzt, es ist also bspw. ein Einzelmagnet 112' eines Paares in Nord-Süd-Ausrichtung und der andere Einzelmagnet 122' des Paares in Süd-Nord-Ausrichtung angeordnet. Desweiteren sind in Umfangsrichtung der Innenläufers 110 benachbarte Einzelmagnete 112 des Innenläufers 110 derart angeordnet, dass die Polaritäten der Magnetisierungen der in Umfangsrichtung benachbarten Einzelmagnete einander entgegengesetzt orientiert sind, d.h. abwechselnd in Vorzugsrichtung und entgegengesetzt zur Vorzugsrichtung. Aus letzterer Vorgabe ergibt sich zusammen mit der bereits erwähnten Forderung, dass die Polaritäten der Magnetisierungen der Einzelmagnete 112', 122' eines jeweiligen Paares einander entgegengesetzt sein müssen, die Konsequenz für den Außenläufer 120, dass auch in Umfangsrichtung der Außenläufers 120 benachbarte Einzelmagnete 122 des Außenläufers 120 derart angeordnet sind, dass die Polaritäten der Magnetisierungen der in Umfangsrichtung benachbarten Einzelmagnete 122 einander entgegengesetzt orientiert sind.

Mit anderen Worten sind also die Permanentmagnete 112, 122 der Läufer 110, 120 im Wesentlichen abwechselnd in Nord-Süd- und Süd-Nord-Konfiguration angeordnet, wobei ein Nord-Süd-Magnet 122 im Außenrotor 120 einem Süd-Nord-Magnet 112 des Innenrotors 110 in Vorzugsrichtung gegenübersteht und umkehrt.

Vorteilhafterweise weisen die Joche 113, 123 jeweils zumindest ein Blechpaket 115, 125 aus einem kryogenen Ferromagnetikum zur Führung des magnetischen Flusses im jeweiligen Joch  
5 113, 123 auf bzw. bestehen im Idealfall jeweils aus einem solchen Blechpaket 115, 125. Als kryogene Ferromagnetika kommen bspw. Dysprosium oder Terbium oder auch andere seltene Erden bzw. zusammengesetzte Systeme wie bspw. Anordnungen von molekularen Magneten in Betracht. Der Übersichtlichkeit wegen  
10 sind die Blechpakete 115, 125 in der FIG 1 lediglich derart angedeutet, dass sie sich scheinbar nur über einen geringen Raumwinkel entlang des Umfangs des jeweiligen Läufers 110, 120 erstrecken. Idealerweise bzw. realistischerweise erstrecken sie sich jedoch jeweils entlang des gesamten Umfangs des  
15 jeweiligen Läufers 110, 120.

Die Blechpakete 115, 125 aus dem kryogenen Ferromagnetikum sind am jeweiligen Läufer 110, 120 derart angeordnet, dass sich das Mittel 112, 122 zur Erzeugung des magnetischen Flusses bzw. die Permanentmagnete 112, 122 eines jeweiligen Läufers 110, 120 im Wesentlichen zwischen dem Blechpaket 115, 125 des jeweiligen Läufers 110, 120 und dem jeweils anderen Läufer 120, 110 bzw. dem Spalt befindet. Die Joche 113, 123 und insbesondere die Blechpakete 115, 125 befinden sich also  
20 im Wesentlichen im Bereich derjenigen Oberfläche des jeweiligen Läufers 110, 120, die dem jeweils anderen Läufer 120, 110 abgewandt ist.  
25

Im Fall der gezeigten Konfiguration der elektrischen Maschine  
30 10, bei der die Läufer 110, 120 als Innen- und Außenläufer ausgebildet sind, so dass sich die Vorzugsrichtung in radialer Richtung erstreckt, bedeutet das also, dass die Mittel 122 des Außenläufers 120 zur Erzeugung des magnetischen Flusses an dessen radial innen liegender Oberfläche 121 angeordnet sind, während sich die Mittel 112 des Innenläufers 110  
35 zur Erzeugung des magnetischen Flusses an dessen radial außen liegender Oberfläche 111 befinden. Dementsprechend befindet sich das Blechpaket 125 des Außenläufers 120 aus dem kryo-

genen Ferromagnetikum an dessen radial außen liegender Oberfläche und das Blechpaket 115 des Innenläufers 110 aus dem kryogenen Ferromagnetikum ist im Bereich von dessen radial innen liegender Oberfläche angeordnet.

5

Der magnetische Fluss erstreckt sich nun wie in der FIG 1 angedeutet für jedes Paar von Einzelmagneten über den Spalt zwischen dem Einzelmagneten des Paares. Da die Läufer 110, 120 zwar gegenüber der Maschine 10, nicht aber relativ zueinander beweglich bzw. rotierbar sind, bleibt die oben beschriebene Konfiguration bezüglich der gegenseitigen Anordnung der Einzelmagnete 112, 122 auch im Betrieb der elektrischen Maschine 10 unverändert erhalten. Bei rotierender Doppelläuferanordnung 100 rotiert daher auch der magnetische Fluss.

10  
15

Im Spalt zwischen Innenläufer 110 und Außenläufer 120 befindet sich ein Stator 200 der elektrischen Maschine 10, d.h. der Durchmesser des Stators 200 liegt zwischen den Durchmessern der Läufer 110, 120. Der Stator 200 ist ebenfalls im Wesentlichen kreisringförmig und konzentrisch zu den Läufern 110, 120 angeordnet. Die Dimensionen der Läufer 110, 120 und des Stators 200 sind derart gewählt, dass sich zwischen der radial inneren Oberfläche 201 des Stators 200 und der radial äußeren Oberfläche 111 des Innenläufers 110 sowie auch zwischen der radial äußeren Oberfläche 202 des Stators 200 und der radial inneren Oberfläche 121 des Außenläufers 120 jeweils ein Luftspalt bildet. Der Stator 200 trägt eine Vielzahl von Wicklungen bzw. Spulen 210, welche derart angeordnet sind, dass die Spulen 210 vom von der Doppelläuferanordnung 200 erzeugten magnetischen Fluss durchsetzt werden.

20  
25  
30

Der Stator 120 ist bspw. über eine mechanische Verbindung (nicht dargestellt) fest mit dem Gehäuse 11 oder sonstigen Komponenten der elektrischen Maschine 10 verbunden, so dass der Stator 120 gegenüber der Maschine 10 an sich bzw. gegenüber deren Gehäuse 11 letztlich unbeweglich ist. Konsequenterweise ist aber der Läufer 100 bezüglich des Stators 200

35

rotierbar, so dass bei Rotation des Läufers 100 der mit dem Läufer 100 rotierende magnetische Fluss mit den Spulen 210 elektromagnetisch wechselwirken kann.

5 Im Betriebszustand der elektrischen Maschine 100 rotiert der Läufer 100 bzw. die Doppelläuferanordnung 100 gegenüber dem Stator 200. Läufer 100 und Stator 200 sind wie beschrieben so zueinander angeordnet, dass das Magnetfeld bzw. der magnetische Fluss der Permanentmagnete 112, 122 und die Spulen 210  
10 derart in Wechselwirkung miteinander treten, dass die elektrische Maschine 10 aufgrund der Wechselwirkung in einem ersten Betriebsmodus als Generator und/oder in einem zweiten Betriebsmodus als Elektromotor arbeitet. Die Arbeitsweise der elektrischen Maschine 10 basiert also auf dem an sich bekannten Konzept, dass die beiden Komponenten 100, 200 elektromagnetisch miteinander wechselwirken, so dass die elektrische  
15 Maschine 10 in einem der beiden Betriebsmodi arbeiten kann.

Arbeitet die elektrische Maschine 10 als Generator, so werden  
20 die Doppelläuferanordnung 100 und mit ihr die Permanentmagnete 112, 122 bspw. über eine Welle 12 der elektrischen Maschine 10 in Rotation versetzt, so dass in den Spulen 210 des Stators 200 elektrische Spannungen induziert werden. Soll die elektrische Maschine 10 als Elektromotor arbeiten, so werden  
25 die Spulen 210 mit elektrischem Strom beaufschlagt, so dass aufgrund der Wechselwirkung der hiermit erzeugten Magnetfelder mit den Feldern der Permanentmagnete 112, 122 ein Drehmoment auf den Läufer 100 und damit auf die Welle 12 wirkt.

30 Hinsichtlich der Mittel 112, 122 zur Erzeugung des magnetischen Flusses sei angemerkt, dass es sich als besonders vorteilhaft herausstellt, wenn die bereits genannten Permanentmagnete als supraleitende Permanentmagnete 112, 122 ausgebildet sind, mit denen bei entsprechenden Umgebungstemperaturen  
35 vergleichsweise hohe magnetische Flussdichten in Größenordnungen von bspw. bis zu 9T erzeugt werden können. Bspw. bieten sich YBCO oder GdBCO als Materialien für die supraleitenden Permanentmagnete 112, 122 an, wobei zur Erzeugung der ge-

nannten Flussdichten Temperaturen in einer Größenordnung von etwa 30K benötigt werden. Um die zum Betrieb von supraleitenden Komponenten, bspw. die genannten Permanentmagnete 112, 122 und/oder für den Fall, dass zusätzlich auch die Spulen 210 des Stators 200 supraleitend sind, zu realisieren, würden die Läufer 110, 120 und/oder der Stator 200 je nach räumlichen Gegebenheiten einzeln oder gemeinsam in einem oder mehreren Kryostaten untergebracht. Die ist jedoch nicht im Detail dargestellt.

10

Eine weitere, alternative Realisierungsmöglichkeit der Mittel 112, 122 zur Erzeugung des magnetischen Flusses am ersten Läufer 110 und am zweiten Läufer 120 besteht darin, dass die Mittel, so wie die Joche 113, 123, ebenfalls als Blechpakete aus dem kryogenen Ferromagnetikum ausgebildet sein können.

15

In den beiden zuletzt genannten Alternativen zur Realisierung der Mittel 112, 122 zur Erzeugung des magnetischen Flusses stellen diese Mittel 112, 122 von sich aus zunächst keine Magnetisierung zur Verfügung, d.h. sie müssen vor der Inbetriebnahme der elektrischen Maschine magnetisiert werden. Dies erfolgt bspw. mit Hilfe von an sich bekannten Magnetisierungseinrichtungen, welche speziell für diesen Zweck vorgeschlagen wurden.

25

Die Spulen 210 des Stators 200 sind vorzugsweise als sog. Luftspulen ausgeführt, d.h. insbesondere ohne weichmagnetischen Kern. Stattdessen können die Spulen 210 bspw. auf nichtmagnetischen Kernen aus einem bevorzugt leichten Material (nicht dargestellt) oder sogar gänzlich ohne Kern gewickelt sein. Dies hat u.a. zur Folge, dass auch der Stator 200 derart ausgeführt sein kann, dass er ein vergleichsweise geringes Gewicht aufweist. Die Ausführung unter Verwendung von Luftspulen und damit das Fehlen der magnetischen Kerne schlägt sich zwar darin nieder, dass der magnetische Fluss der Permanentmagnete 112, 122 weniger gezielt geführt wird, wodurch sich eine Erhöhung des magnetischen Streuflusses ergeben würde, jedoch wird dieser störende Effekt durch die

30  
35

Verwendung der Doppelläuferanordnung 100 und die hierbei in der Vorzugsrichtung gegenüber liegenden Permanentmagnete 112, 122 kompensiert, da der magnetische Fluss aufgrund dieser Anordnung eine Führung auch ohne magnetischen Kern bewirkt.

5

Zumindest einer der Läufer 110, 120 bspw. der Innenläufer 110, muss mechanisch mit der Welle 12 verbunden sein, um eine Drehmomentübertragung zwischen Doppelläuferanordnung 100 und Welle 12 zu ermöglichen. Weiterhin können der Innenläufer 110 und der Außenläufer 120 über eine mechanische Verbindung miteinander verbunden sein (nicht dargestellt), so dass in der Folge die an beiden Läufern 110, 120 erzeugten Drehmomente auf die Welle 12 übertragbar sind.

15 Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass die Permanentmagnete 112, 122 nicht an den Läufern 110, 120 angeordnet sind, sondern am Stator 200. Die Spulen 210, in die je nach Betrieb Spannungen induziert werden bzw. die mit einem Strom beaufschlagt werden sollen, sind in diesem Fall an den Läufern  
20 110, 120 angeordnet und können bspw. über Bürsten oder andere geeignete Übertrager mit einem elektrischen Verbraucher oder mit einer Stromquelle verbunden werden (nicht dargestellt). Diese Ausführungsvariante wird im Folgenden jedoch nicht näher erläutert, da es für die eigentliche Erfindung keine wesentliche Rolle spielt, an welcher der beiden Komponenten  
25 110, 120 oder 200 die Permanentmagnete 112, 122 bzw. die Spulen 210 jeweils angeordnet sind.

## Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (10) aufweisend eine Doppelläuferanordnung mit einem ersten Läufer (110) und einem zweiten Läufer (120), wobei
- 5 - der erste Läufer (110) und der zweite Läufer (120) derart konzentrisch zueinander angeordnet sind, dass der erste Läufer (110) und der zweite Läufer (120) in einer Vorzugsrichtung voneinander beabstandet sind, so dass sich zwischen dem
- 10 ersten Läufer (110) und dem zweiten Läufer (120) ein Spalt befindet, wobei
- der erste Läufer (110) und der zweite Läufer (120) jeweils Mittel (112, 122) zur Erzeugung eines magnetischen Flusses aufweisen, derart, dass der erzeugte magnetische Fluss zwischen dem ersten Läufer (110) und dem zweiten Läufer (120) in
- 15 der Vorzugsrichtung durch den Spalt verläuft, und wobei
- der erste Läufer (110) und der zweite Läufer (120) jeweils ein Joch (113, 123) zur Führung des magnetischen Flusses aufweisen, wobei die Joche (113, 123) jeweils zumindest ein
- 20 Blechpaket (115, 125) aus einem kryogenen Ferromagnetikum zur Führung des magnetischen Flusses im jeweiligen Joch (113, 123) aufweisen.
- 25 2. Elektrische Maschine (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (112, 122) zur Erzeugung des magnetischen Flusses am jeweiligen Läufer (110, 120) derart angeordnet sind, dass sie sich im Bereich derjenigen Oberfläche des (111, 121) jeweiligen Läufers (110, 120) befinden, die
- 30 dem jeweils anderen Läufer (120, 110) zugewandt ist.
3. Elektrische Maschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Joche (113, 123) mit den Blechpaketen (115, 125) aus dem kryogenen Ferromagnetikum zur
- 35 Führung des magnetischen Flusses am jeweiligen Läufer (110, 120) derart angeordnet sind, dass sich das Mittel (112, 122) zur Erzeugung des magnetischen Flusses eines jeweiligen Läufers (110, 120) im Wesentlichen zwischen dem Joch (113, 123)

des jeweiligen Läufers (110, 120) und dem jeweils anderen Läufer (120, 110) befindet.

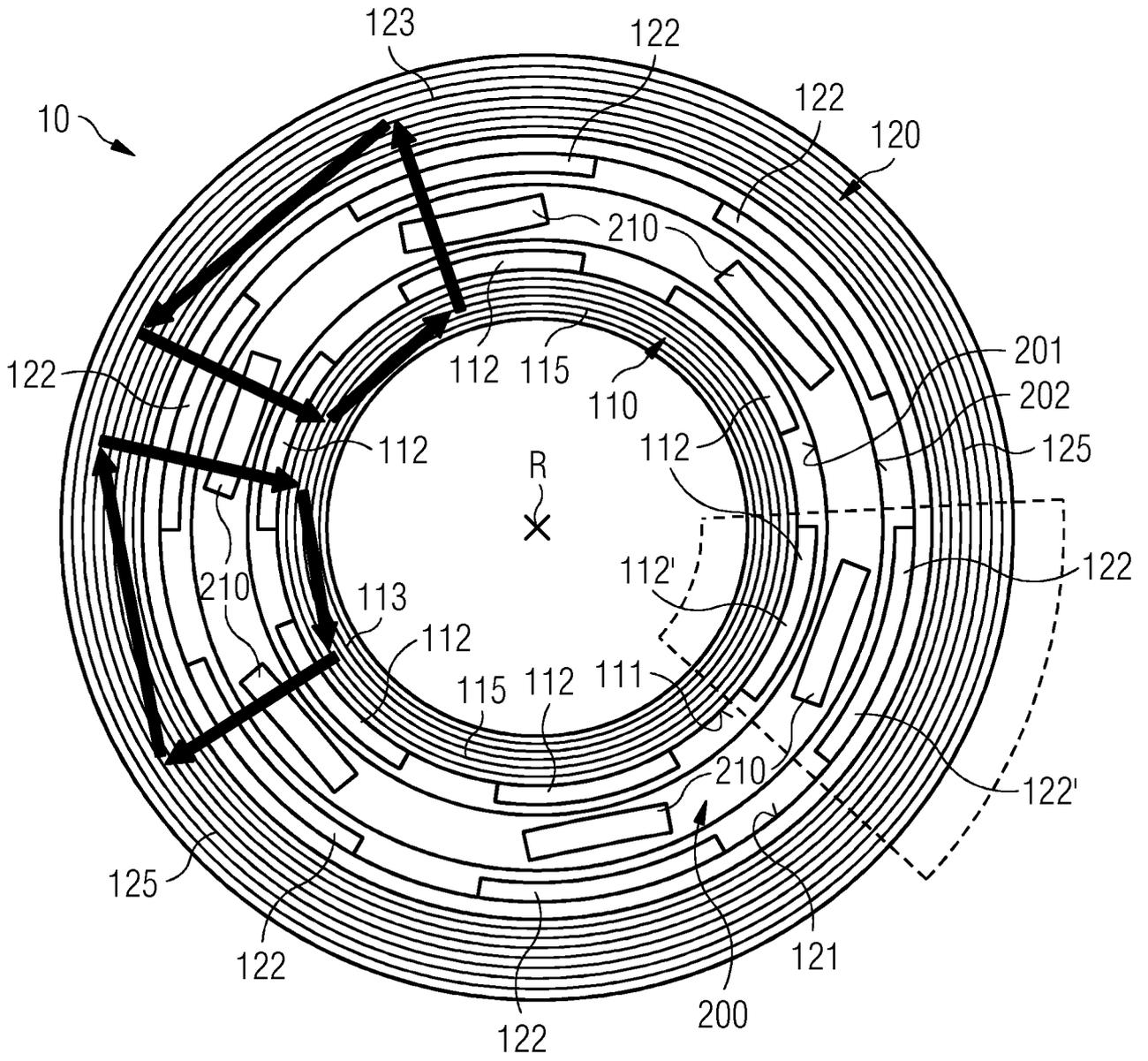
4. Elektrische Maschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis  
5 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (112, 122) zur Erzeugung des magnetischen Flusses am ersten Läufer (110) und am zweiten Läufer (120) jeweils eine Vielzahl von Einzelmagneten (112, 122) umfassen, wobei

- jedem Einzelmagneten (112) des ersten Läufers (110) ein  
10 Einzelmagnet (122) des zweiten Läufers (120) zugeordnet ist, wobei einander zugeordnete Einzelmagnete (112, 122) ein Paar (112', 122') von Einzelmagneten bilden,
- die Einzelmagnete eines Paares (112', 122') derart angeordnet sind, dass sie sich in der Vorzugsrichtung gegenüberste-  
15 hen,
- die Einzelmagnete (112, 122) derart angeordnet sind, dass die Polaritäten der Magnetisierungen parallel oder antiparallel zur Vorzugsrichtung orientiert sind, wobei die Polaritäten der Magnetisierungen der Einzelmagnete (112, 122) eines  
20 jeweiligen Paares (112', 122') einander entgegengesetzt sind,
- in Umfangsrichtung des ersten Läufers (110) benachbarte Einzelmagnete (112) des ersten Läufers (110) derart angeordnet sind, dass die Polaritäten der Magnetisierungen der in  
25 Umfangsrichtung benachbarten Einzelmagnete (112) des ersten Läufers (110) einander entgegengesetzt orientiert sind.

5. Elektrische Maschine (10) einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (112, 122) zur Erzeugung des magnetischen Flusses am ersten Läufer (110) und am  
30 zweiten Läufer (120) jeweils supraleitende Permanentmagnete sind.

6. Elektrische Maschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (112, 122) zur Erzeugung des magnetischen Flusses am ersten Läufer (110) und  
35 am zweiten Läufer (120) jeweils ein kryogenes Ferromagnetikum aufweisen.

7. Elektrische Maschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (10) weiterhin einen Stator (200) aufweist, der in dem Spalt zwischen dem ersten Läufer (110) und dem zweiten Läufer (120) und konzentrisch zu dem ersten Läufer (110) und dem zweiten Läufer (120) angeordnet ist und der eine Vielzahl von Spulen (210) trägt, welche derart angeordnet sind, dass sie mit dem magnetischen Flusses elektromagnetisch wechselwirken.
- 10 8. Elektrische Maschine (10) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (210) als Luftspulen ausgebildet sind.
- 15 9. Elektrische Maschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Läufer (110) und der zweite Läufer (120) gegenüber der elektrischen Maschine (10) rotierbar und relativ zueinander unbeweglich sind.
- 20 10. Elektrische Maschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Läufer (110) ein Innenläufer und der zweite Läufer (120) ein Außenläufer ist, wobei
- die Läufer (110, 120) derart angeordnet sind, dass sich der Innenläufer (110) radial innerhalb des Außenläufers (120) befindet, so dass die Vorzugsrichtung in radiale Richtung orientiert ist,
  - der Stator (200) in radialer Richtung zwischen dem Innenläufer (110) und dem Außenläufer (120) und konzentrisch zu dem Innenläufer (110) und dem Außenläufer (120) angeordnet ist,
  - die Mittel (112, 122) zur Erzeugung des magnetischen Flusses derart am Innenläufer (110) und am Außenläufer (120) angeordnet sind, dass der magnetische Fluss zwischen dem Innenläufer (110) und dem Außenläufer (120) im Wesentlichen in einer radialen Richtung verläuft.
- 35



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2017/061042

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. H02K55/02 H02K1/02 H02K16/02  
 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 H01F

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.
Y	US 2010/038986 A1 (HULL JOHN R [US] ET AL) 18 February 2010 (2010-02-18) paragraphs [0001], [0002], [0015], [0018], [0019], [0021] - [0025], [0029], [0030], [0035]; figures 1,2 -----	1-10
Y	US 2014/070651 A1 (GERFAST STEN R [US]) 13 March 2014 (2014-03-13) paragraphs [0104] - [0115]; figures 1,2 -----	1-3,5-10
Y	US 2011/248589 A1 (KONECNY FRANTISEK [CZ] ET AL) 13 October 2011 (2011-10-13) paragraphs [0001], [0042] - [0044]; figures 2-4 -----	1-7,9,10
Y	KR 2004 0002349 A (AMOTECH CO LTD) 7 January 2004 (2004-01-07) abstract; figure 3b -----	1-10

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  21 July 2017	Date of mailing of the international search report  01/08/2017
---	--

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  Strasser, Thorsten
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2017/061042
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010038986 A1	18-02-2010	GB 2462532 A US 2010038986 A1	17-02-2010 18-02-2010
-----			
US 2014070651 A1	13-03-2014	NONE	
-----			
US 2011248589 A1	13-10-2011	CZ 301338 B6 US 2011248589 A1 WO 2010066209 A2	20-01-2010 13-10-2011 17-06-2010
-----			
KR 20040002349 A	07-01-2004	ES 2363665 T3 KR 20040002349 A	11-08-2011 07-01-2004
-----			

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/061042

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H02K55/02 H02K1/02 H02K16/02  
 ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H02K H01F

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.
Y	US 2010/038986 A1 (HULL JOHN R [US] ET AL) 18. Februar 2010 (2010-02-18) Absätze [0001], [0002], [0015], [0018], [0019], [0021] - [0025], [0029], [0030], [0035]; Abbildungen 1,2 -----	1-10
Y	US 2014/070651 A1 (GERFAST STEN R [US]) 13. März 2014 (2014-03-13) Absätze [0104] - [0115]; Abbildungen 1,2 -----	1-3,5-10
Y	US 2011/248589 A1 (KONECNY FRANTISEK [CZ] ET AL) 13. Oktober 2011 (2011-10-13) Absätze [0001], [0042] - [0044]; Abbildungen 2-4 -----	1-7,9,10
Y	KR 2004 0002349 A (AMOTECH CO LTD) 7. Januar 2004 (2004-01-07) Zusammenfassung; Abbildung 3b -----	1-10

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
21. Juli 2017	01/08/2017

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  Strasser, Thorsten
--	---

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/061042

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010038986 A1	18-02-2010	GB 2462532 A US 2010038986 A1	17-02-2010 18-02-2010
-----			
US 2014070651 A1	13-03-2014	KEINE	
-----			
US 2011248589 A1	13-10-2011	CZ 301338 B6 US 2011248589 A1 WO 2010066209 A2	20-01-2010 13-10-2011 17-06-2010
-----			
KR 20040002349 A	07-01-2004	ES 2363665 T3 KR 20040002349 A	11-08-2011 07-01-2004
-----			