

(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
22. Oktober 2015 (22.10.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/158481 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 1/32 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/055476

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. März 2015 (17.03.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 207 470.3
17. April 2014 (17.04.2014) DE

(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE];
Graf-von-Soden-Platz 1, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **NITSCH, Matthias**; Kluftener Straße 157,
88048 Friedrichshafen (DE). **HÖLSCHER, Andreas**;
Flurstr. 7 a, 88690 Uhltingen-Mühlhofen (DE).

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

(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,

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: ELECTRIC MACHINE COMPRISING A COOLED ROTOR

(54) Bezeichnung : E-MASCHINE MIT EINEM GEKÜHLTEN ROTOR

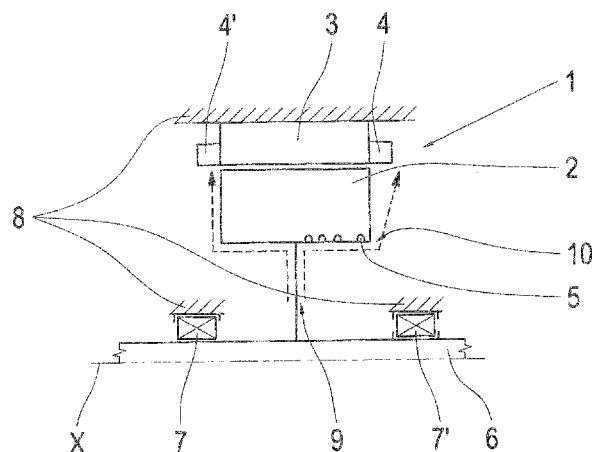


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an electric machine (1) comprising a stator (3) and comprising a rotor (2), wherein the stator (3) has windings having at least one end-side end winding (4, 4'), and wherein the rotor (2) has at least one at least partially helical cooling channel (5), which is open axially in the direction of this end winding (4, 4') so that coolant is conveyed out of the cooling channel (5) in the direction of this end winding (4, 4') on rotation of the rotor (2). In this case, provision is made for the rotor (2) and the at least one cooling channel (5) to be embodied in such a way that the coolant is flung out of the cooling channel (5) and the rotor (2) axially beyond this end winding (4, 4') on rotation of the rotor (2). The invention also relates to a vehicle drive train comprising such an electric machine (1) as traction drive.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung bezieht sich auf eine E-Maschine (1) mit einem Stator (3) und mit einem Rotor (2), wobei der Stator (3) über Wicklungen mit zumindest einem stirnseitigen Wickelkopf (4, 4') verfügt, und wobei der Rotor (2) zumindest einen zumindest teilweise schraubenförmig verlaufenden Kühlkanal (5) aufweist, welcher axial in Richtung dieses Wickelkopfes (4, 4') offen ist, sodass Kühlmittel bei Rotation des Rotors (2) aus dem Kühlkanal (5) in Richtung dieses Wickelkopfes (4, 4') gefördert wird. Dabei ist vorgesehen, dass der Rotor (2) und der zumindest eine Kühlkanal (5) so ausgeführt sind, dass bei Rotation des Rotors (2) das Kühlmittel aus dem Kühlkanal (5) und dem Rotor (2) axial jenseits dieses Wickelkopfes (4, 4') geschleudert wird. Die Erfindung bezieht sich auch auf einen Fahrzeugantriebsstrang mit einer solchen E-Maschine (1) als Traktionsantrieb.

E-Maschine mit einem gekühlten Rotor

Die Erfindung bezieht sich auf eine E-Maschine mit einem Stator und mit einem Rotor, wobei der Stator über Wicklungen mit zumindest einem stirnseitigen Wickelkopf verfügt. Der Rotor weist zumindest einen zumindest teilweise schraubenförmig verlaufenden Kühlkanal auf, welcher axial in Richtung dieses Wickelkopfes offen ist, so dass Kühlmittel bei Rotation des Rotors aus dem Kühlkanal und dem Rotor in Richtung des Wickelkopfes gefördert wird. Die Erfindung bezieht sich auch auf einen Fahrzeugantriebsstrang mit einer solchen E-Maschine als Traktionsantrieb.

Eine derartige E-Maschine ist aus der DE 10 2011 079 165 A1 bekannt. Eine weitere E-Maschine mit einem flüssigkeitsgekühlten Rotor ist aus der DE 11 2010 005 824 T5 bekannt, wobei dort kein schraubenförmig verlaufender Kühlkanal im Rotor vorgesehen ist. Bei den bekannten E-Maschinen ist es von Nachteil, dass Kühlmittel aus dem Kühlkanal auf den Stator bzw. den Wickelkopf des Stators auftrifft, so dass auch leicht Kühlmittel in einen Luftspalt zwischen Rotor und Stator gelangen kann. Das in den Luftspalt gelangende Kühlmittel bewirkt Scherkräfte zwischen Rotor und Stator, welche ein Bremsmoment auf den Rotor erzeugen und dadurch den Wirkungsgrad der E-Maschine reduzieren.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine E-Maschine bereitzustellen, bei welcher weniger oder kein Kühlmittel aus dem Rotor in den Luftspalt zwischen Rotor und Stator gelangen kann.

Diese Aufgabe wird mit einer E-Maschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen hiervon sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Demgemäß wird eine E-Maschine mit einem Stator und mit einem Rotor vorgeschlagen, wobei der Stator über elektrische Wicklungen mit zumindest einem stirnseitigen Wickelkopf verfügt und wobei der Rotor zumindest einen zumindest teilweise schraubenförmig verlaufenden Kühlkanal aufweist. Dieser Kühlkanal ist zumindest axial in Richtung des Wickelkopfes offen, so dass Kühlmittel bei Rotation

des Rotors aus dem Kühlkanal und dem Rotor in Richtung dieses Wickelkopfes gefördert wird.

Dabei ist vorgesehen, dass der Rotor und der zumindest eine Kühlkanal so ausgeführt sind, dass bei Rotation des Rotors das Kühlmittel aus dem Kühlkanal und dem Rotor axial jenseits dieses Wickelkopfes geschleudert wird.

Der Kühlkanal ist insbesondere so ausgeführt, dass diese Schleuderwirkung bei üblichen Betriebsdrehzahlen der E-Maschine oder bei annähernder Nenndrehzahl der E-Maschine der Fall ist. Durch die Schleuderwirkung des Kühlkanals wird das Kühlmittel somit nicht mehr gegen den Wickelkopf geschleudert, wodurch weniger bis kein Kühlmittel mehr in den Luftspalt zwischen Rotor und Stator gelangt. Stattdessen wird das Kühlmittel jenseits des Wickelkopfes geschleudert. Der Kühlkanal kann vollständig axial entlang des Rotors schraubenförmig ausgeführt sein oder er kann stattdessen auch nur abschnittsweise schraubenförmig ausgeführt sein. Der Kühlkanal kann über seine Länge vollständig oder abschnittsweise in radialer Richtung geschlossen sein. Oder der Kühlkanal kann radial über seine gesamte Länge in radialer Richtung offen sein. Der Kühlkanal kann insbesondere schraubenförmig um eine Rotationsachse des Rotors verlaufen. Insbesondere ist eine axiale Erstreckung des Rotors geringer als eine axiale Erstreckung des Stators. Demensprechend steht der Wickelkopf bzw. stehen die Wickelköpfe des Stators axial über den Rotor über.

Die Erfindung eignet sich besonders zum Einsatz in schnelldrehenden E-Maschinen. Die Steigung des Kühlkanals ist insbesondere so (vorzeichenmäßig) ausgeführt, dass das Kühlmittel bei der im Betrieb der E-Maschine üblichen Drehrichtung durch den Kühlkanal in Richtung der axialen Öffnung des Kühlkanals gefördert wird.

In einer bevorzugten Weiterbildung nimmt eine Steigung des schraubenförmig verlaufenden Teils des Kühlkanals axial in Richtung des Wickelkopfes zu. Somit nimmt die Steigung des Kühlkanals in Richtung einer Stirnseite des Rotors zu. Das in dem Kühlkanal befindliche Kühlmittel wird dadurch in Richtung des Wickelkopfes bzw. des stirnseitigen Endes des Rotors beschleunigt und somit besonders effektiv

nach dem Verlassen des Kühlkanals jenseits des Wickelkopfes geschleudert. Die Steigung kann beispielsweise linear oder exponentiell zunehmen.

In einer Weiterbildung verfügt der Rotor über ein Innenteil, an dessen radialer Innenwand der Kühlkanal angeordnet ist. Der Kühlkanal ist dabei durch eine radial nach innen offene Nut in dem Innenteil ausgebildet. Bei dem Innenteil kann es sich insbesondere um ein topfförmiges Innenteil handeln. Es kann insbesondere aus Blech bestehen, und/oder es kann sich insbesondere um ein Tiefziehteil handeln. Durch diese Maßnahmen kann der Kühlkanal besonders einfach und kostengünstig in den Rotor eingebracht werden. Bevorzugt verfügt der Rotor über ein Blechpaket, welches radial außen fest auf dem Innenteil angeordnet ist. Hierdurch kann der Rotor besonders kostengünstig hergestellt werden.

Kerngedanke eines Innenteils, an dessen radialer Innenwand der Kühlkanal angeordnet ist, ist, dass durch die Zentrifugalkraft, welche bei Rotation des Rotors entsteht, das Kühlmittel in den Kühlkanal gepresst wird. Der Kühlkanal hat eine gewisse Steigung, welche das Kühlmittel in Richtung eines Endes des Kühlkanals, das sich an einer axialen Stirnseite des Rotors befindet, fördert. Dabei wird Wärme von dem Rotor abgeführt. Durch Erhöhung der Steigung des Kühlkanals in Richtung des Wickelkopfes bzw. des stirnseitigen Endes des Kühlkanals wird die axiale Austrittsgeschwindigkeit des Kühlmittels aus dem Rotor erhöht. Somit kann das Kühlmittel besonders weit von dem Wickelkopf weggeschleudert werden. Durch eine Erhöhung der Kühlkanaltiefe kann die Geschwindigkeit des Kühlmittels in dem Kühlkanal erhöht werden, was ebenfalls zu einer erhöhten Austrittsgeschwindigkeit des Kühlmittels aus dem Rotor führt und somit eine verbesserte Schleuderwirkung beim Austritt aus dem Kühlkanal und eine gesteigerte Kühlleistung im Rotor hervorruft. Hintergrund hierfür ist, dass durch die Erhöhung der Kühlkanaltiefe ein erhöhter Rotationsdruck auf das Kühlmittel im Kühlkanal bewirkt wird, der letztlich zur Steigerung der Geschwindigkeit des Kühlmittels im Kühlkanal führt.

In einer Weiterbildung weist die E-Maschine eine Übersetzungsstufe auf, welche radial innerhalb des Innenteils vorgesehen ist. Die E-Maschine weist weiterhin eine Abtriebswelle auf, an welcher ein Drehmoment der E-Maschine abgreifbar ist.

Die Übersetzungsstufe ist dabei so ausgeführt, dass sie eine Rotationsgeschwindigkeit des Rotors in eine andere Rotationsgeschwindigkeit der Abtriebswelle übersetzt. Die Übersetzungsstufe kann dabei die Rotationsgeschwindigkeit des Rotors ins Schnelle übersetzen, d.h. dass die Rotationsgeschwindigkeit der Abtriebswelle schneller ist als die Rotationsgeschwindigkeit des Rotors, oder ins Langsame übersetzen, d.h. dass die Rotationsgeschwindigkeit der Abtriebswelle geringer ist als die Rotationsgeschwindigkeit des Rotors. Hierdurch kann eine besonders kompakte E-Maschine mit integrierter Übersetzungsstufe bereitgestellt werden.

Bevorzugt ist dabei die Übersetzungsstufe als Planetenstufe ausgebildet. Eine solche Planetenstufe besteht insbesondere aus einem Hohlrad, einem oder mehreren Planetenrädern und einem Sonnenrad, welche in bekannter Weise miteinander kämmen. Das Innenteil kann dabei zumindest drehfest mit dem Hohlrad der Planetenstufe verbunden sein oder selbst das Hohlrad bilden. Die Abtriebswelle kann dann mit dem Planetenträger oder dem Sonnenrad der Planetenstufe zumindest drehfest verbunden sein. Insbesondere ist die Abtriebswelle mit dem Planetenträger der Übersetzungsstufe drehfest verbunden. Durch eine als Planetenstufe ausgeführte Übersetzungsstufe kann besonders kompakt eine hohe Übersetzung erzielt werden. Bevorzugt dient dabei das Kühlmittel gleichzeitig zur Schmierung der Übersetzungsstufe. Somit hat das Kühlmittel die Aufgabe, den Rotor zu kühlen und die Übersetzungsstufe zu schmieren. Bei dem Kühlmittel handelt es sich folglich insbesondere um Öl bzw. Schmieröl, insbesondere um Getriebeöl.

In einer Weiterbildung ist der Rotor über das Innenteil und ein radial innerhalb des Innenteils angeordnetes erstes Lager drehbar gelagert. Eine auf den Rotor wirkende Radialkraft wird somit über das Innenteil und das innerhalb des Innenteils angeordnete erste Lager abgestützt, beispielsweise auf die Abtriebswelle der E-Maschine. Alternativ oder zusätzlich kann der Rotor über das Innenteil und ein radial außerhalb des Innenteils angeordnetes zweites Lager drehbar gelagert sein. Somit wird eine Radialkraft, welche auf den Rotor wirkt, über das Innenteil und das radial außerhalb des Innenteils angeordnete zweite Lager abgestützt sein, bevorzugt auf ein Gehäuse der E-Maschine. Sofern beide Lager vorgesehen sind, kann demnach der Rotor sowohl auf der Abtriebswelle als auch ein Gehäuse der E-Maschine

drehbar abgestützt sein. Bevorzugt erfolgt die Lagerung des Rotors ausschließlich mittels dem bzw. den am Innenteil des Rotors angeordneten Lager.

Vorzugsweise ist das erste Lager als Festlager ausgeführt und stützt demnach Radial- und Axialkräfte des Rotors ab. Das zweite Lager ist dann als Loslager ausgeführt und stützt demnach lediglich Radialkräfte des Rotors ab. Dies hat den Vorteil, dass eine Wärmeausdehnung des Rotors keine wesentliche Lageänderung des Stators gegenüber dem Rotor hervorruft.

Es kann vorgesehen sein, dass ein Kühlmiteleintritt in den Kühlkanal im Bereich einer ersten Stirnseite des Rotors ist, wobei diese Stirnseite derjenigen Stirnseite des Rotors gegenüberliegt, an welcher der Kühlkanal zu dem Wickelkopf hin offen ist. Somit wird das Kühlmittel durch den Kühlkanal annähernd über die gesamte axiale Länge des Rotors gefördert. Folglich ist die durch den Kühlkanal erzeugte Kühlwirkung besonders gut.

Die beschriebene E-Maschine eignet sich besonders zum Vortrieb eines Fahrzeugs, beispielsweise eines PKW oder LKW, d.h. als Traktionsantrieb des Fahrzeugs. Die Erfindung bezieht sich daher auch auf einen Fahrzeugantriebsstrang mit einer E-Maschine als Traktionsantrieb, welche wie obig erläutert ausgeführt ist.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand weiterer Beispiele erläutert, aus welchen weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung entnehmbar sind. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung

- Fig. 1, einen Längsschnitt durch eine E-Maschine;
- Fig. 2, ein abgerolltes Profil eines Kühlkanals eines Rotors;
- Fig. 3, einen Längsschnitt einer E-Maschine in einem Fahrzeugantriebsstrang.

In den Figuren sind gleiche oder zumindest funktionsgleiche Bauteile bzw. Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine E-Maschine 1. Die E-Maschine 1 verfügt über einen Stator 3 und einen Rotor 2. Der Rotor 2 ist mit einer Abtriebswelle 6 der E-Maschine 1 fest verbunden. Rotor 2 und Abtriebswelle 6 sind über Lager 7, 7' in einem Gehäuse 8 der E-Maschine 1 drehbar gelagert. Der Stator 3 ist mit dem Gehäuse 8 fest verbunden. Der Stator 3 verfügt über mehrere elektrische Wicklungen von elektrischen Leitern, beispielsweise Kupferdrähten, und er weist an jeder axialen Stirnseite einen Wickelkopf 4, 4' auf. Der Rotor 2 ist radial innerhalb des Stators 3 angeordnet, dementsprechend handelt es sich bei der E-Maschine 1 um eine Innenläufermaschine.

Der Rotor 2 verfügt über eine Flüssigkeitskühlung, zumindest aufweisend einen in dem Rotor 2 befindlichen Kühlkanal 5. Die Flüssigkeitskühlung sieht vor, dass Kühlmittel ausgehend von der Abtriebswelle 6 radial in Richtung des Rotors 2 in den Kühlkanal 5 geleitet wird. Das Kühlmittel strömt durch den Kühlkanal 5 entlang einer radialen Innenseite des Rotors 2 hin zur axialen Stirnseiten des Rotors 2, also in Richtung der Wickelköpfe 4, 4' des Stators 3.

Wie auf der linken Seite von Fig. 1 dargestellt, kann es hierbei vorkommen, dass Kühlmittel von dem Rotor 2 auf einen der Wickelköpfe 4, 4' des Stators 3 trifft. Hierbei kann Kühlmittel von dem Wickelkopf 4, 4' abprallen und in den Luftspalt zwischen Stator 3 und Rotor 2 gelangen, wo es Scherkräfte zwischen Rotor 2 und Stator 3 hervorruft. Hierdurch wird ein Bremsmoment zwischen Rotor 2 und Stator 3 erzeugt und der Wirkungsgrad der E-Maschine 1 reduziert.

Es ist daher vorgesehen, dass der Kühlkanal 5 zumindest teilweise in axialer Richtung schraubenförmig verläuft. Der Kühlkanal 5 bildet somit eine Schraube um eine Rotationsachse X des Rotors 2. Der Kühlkanal 5 ist axial in Richtung einer der Wickelköpfe 4, 4' des Stators offen, so dass Kühlmittel bei einer Rotation des Rotors 2 aus dem Kühlkanal 5 in Richtung dieses Wickelkopfes 4, 4' gefördert wird. Dies erfolgt dergestalt, dass das Kühlmittel axial jenseits dieses Wickelkopfes 4, 4' geschleudert wird. Der Kühlkanal 5 ist hierzu dementsprechend ausgeführt. Dies ist sinnbildlich auf der rechten Seite von Fig. 1 dargestellt. Durch die Fliehkräfte bei Rotation des Rotors 2 wird das radial innerhalb des Rotors 2 befindliche Kühlmittel in

den Kühlkanal 5 gepresst, also ein Rotationsdruck auf das Kühlmittel im Kühlkanal 5 bewirkt. Durch die Schraubenform und die axiale Öffnung des Kühlkanals 5 erhält das Kühlmittel dann bei Rotation des Rotors 2 eine axiale Richtungskomponente und wird bei Austritt aus dem Kühlkanal 5 bzw. dem Rotor 2 axial von dem Rotor 2 weggeschleudert. Die Steigung des Kühlkanals 5 verfügt dementsprechend insbesondere über so ein Vorzeichen, dass das Kühlmittel bei der im Betrieb der E-Maschine 1 üblichen Drehrichtung durch den Kühlkanal 5 in Richtung der axialen Öffnung des Kühlkanals 5 gefördert wird.

Es ist vorgesehen, dass diese axiale Richtungskomponente ausreichend ist, um ein Gros des Kühlmittels jenseits des entsprechenden Wickelkopfes 4, 4' zu schleudern, insbesondere bei den gewöhnlichen Betriebsdrehzahlen der E-Maschine 1. Hierdurch gelangt kein oder zumindest deutlich weniger Kühlmittel in den Luftspalt zwischen Rotor 2 und Stator 3. Es sei angemerkt, dass der Rotor 2 eine geringere axiale Erstreckung als der Stator 3 aufweist. Dementsprechend steht der bzw. stehen die Wickelköpfe 4, 4' des Stators 3 in axialer Richtung über den Rotor 2 hinaus von dem Stator 3 ab.

Wie in Fig. 1 dargestellt, kann der Kühlkanal 5 dazu an einer radialen Innenwand des Rotors 2 als Nut ausgeführt sein. Die Nut ist beispielsweise über ihre gesamte Länge radial nach innen offen und mündet axial in eine Stirnseite des Rotors 2. Alternativ dazu kann sie zumindest abschnittsweise radial nach innen geschlossen sein. Der Kühlkanal 5 kann dabei eingängig oder mehrgängig entlang der radialen Innenwand des Rotors 2 verlaufen. Eine Steigung des Kühlkanals 5 nimmt axial in Richtung des Wickelkopfes 4, 4' bzw. der jeweiligen Stirnseite des Rotors 2 zu. Somit vergrößert sich die Steigung mit zunehmender Nähe zu der Stirnseite des Rotors 2, aus welcher das Kühlmittel aus dem Kühlkanal 5 austritt (Kühlmittelaustritt 10).

Gemäß Fig. 1 kann ein Kühlmiteleintritt 9 in einem axialen Mittelbereich des Rotors 2 vorgesehen sein. Hierbei kann der Rotor 2 insbesondere zumindest einen Kühlkanal 5 auf jeder axialen Seite des Kühlmiteleintritts 9 aufweisen, der das Kühlmittel ausgehend von dem Mittelbereich bzw. dem Kühlmiteleintritt 9 in Richtung der

jeweils an dieser Seite befindlichen Stirnseite des Rotors 2 fördert. Dementsprechend bewirken diese beiden Kühlkanäle 5 eine Förderwirkung in entgegengesetzte Richtungen, nämlich je hin zu der an der jeweiligen axialen Seite befindlichen Stirnseite des Rotors 2. Alternativ kann vorgesehen sein, dass der Kühlmiteleintritt 9 im Bereich einer axialen Stirnseite des Rotors 2 vorgesehen ist, welche gegenüber derjenigen Stirnseite des Rotors 2 liegt, aus welcher das Kühlmittel aus dem Kühlkanal 5 austritt. Dementsprechend ist dann der Kühlkanal 5 so ausgeführt, dass das Kühlmittel an die gegenüberliegende axiale Stirnseite des Rotors 2 gefördert wird und von dort aus von dem Rotor 2 weggeschleudert wird.

Fig. 2 zeigt eine abgewinkelte radiale Innenseite eines Rotors 2 mit einem darauf befindlichen Kühlkanal 5. Hierbei kann es sich um den Kühlkanal 5 aus Fig. 1 handeln. Der Kühlkanal 5 ist lediglich als Linie sinnbildlich dargestellt. Gemäß Fig. 2 nimmt eine Steigung des Kühlkanals 5 in axialer Richtung ausgehend von einem Kühlmiteleintritt 9 hin zu einem Kühlmittelaustritt 10, also in Richtung des entsprechenden Wickelkopfes bzw. des stirnseitigen Endes des Kühlkanals 5, zu. Der Kühlmiteleintritt 9 ist hierbei im Umfeld einer ersten axialen Stirnseite des Rotors 2 (in Fig. 2 auf der rechten Seite) vorgesehen, wobei der Kühlmittelaustritt 10 an einer gegenüberliegenden zweiten Stirnseite des Rotors 2 vorgesehen ist. Hierdurch wird erreicht, dass das Kühlmittel annähernd die gesamte axiale Länge des Rotors 2 durchströmt, bevor es vom Rotor 2 weggeschleudert wird. Der Kühlmiteleintritt 9 kann beispielsweise als Öffnung in der Abtriebswelle 6 der E-Maschine 1 ausgeführt sein, durch welche Kühlmittel durch die Abtriebswelle 6 hindurch an den Rotor 2 führbar ist bzw. geführt wird.

Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch eine E-Maschine 1 in einem Fahrzeugantriebsstrang. Die E-Maschine 1 dient dort als Traktionsantrieb des Fahrzeugs. Eine derartige E-Maschine 1 ist allerdings auch zu jedem anderen geeigneten Einsatzzweck verwendbar, beispielsweise zum Antrieb einer Werkzeugmaschine, eines Aufzugs, etc.

Gemäß Fig. 3 ist die E-Maschine 1 in einem Gehäuse 8, beispielsweise einem Getriebegehäuse oder einer Kupplungsglocke, untergebracht. Der Stator 3 ist orts-

fest an dem Gehäuse 8 angeordnet. Der Stator 3 besteht beispielsweise aus einem Blechpaket, in welches in axialer Richtung verlaufende elektrische Leiter als Wicklungen eingelegt sind. Im Bereich der axialen Stirnseiten des Stators 3 sind die elektrischen Leiter umgebogen und bilden sogenannte Wickelköpfe 4, 4'. Radial innerhalb des Stators 3 ist der Rotor 2 der E-Maschine 1 vorgesehen. Demgemäß handelt es sich bei der E-Maschine 1 um eine Innenläufermaschine. Der Rotor 2 treibt eine Abtriebswelle 6 der E-Maschine 1 drehbar an. Der Stator 3 verfügt in axialer Richtung über eine größere Ausdehnung als der Rotor 2. Im Detail steht der Stator 3 mit seinen Wickelköpfen 4, 4' über den Rotor 2 in axialer Richtung über. Es besteht somit die Gefahr, dass Kühlmittel von dem Rotor 2 an den Wickelkopf 4, 4' und von dort in den Luftspalt zwischen Rotor 2 und Stator 3 gelangt.

Der Rotor 2 verfügt über ein topfförmiges Innenteil 11, auf welches ein Blechpaket des Rotors 2 radial außen befestigt ist. Je nach Bauart der E-Maschine 1 kann der Rotor 2 beispielsweise noch über Permanentmagnete oder einen Käfig aus elektrischen Leitern verfügen. Auf einer radialen Innenseite des Innenteils 11 ist ein Kühlkanal 5 einer Flüssigkeitskühlung des Rotors 2 vorgesehen. Der Kühlkanal 5 verläuft schraubenförmig von einer ersten axialen Hälfte des Rotors 2 hin zu einer Stirnseite des Rotors 2, wo der Kühlkanal 5 in einen Innenraum der E-Maschine mündet. In Fig. 3 ist das die linke Stirnseite des Rotors 2. Der Kühlkanal 5 ist gemäß Fig. 3 als eine radial nach innen offene Nut ausgeführt. Es ist allerdings vorstellbar, dass der Kühlkanal zumindest abschnittsweise radial geschlossen ist. Eine Steigung des Kühlkanals 5 nimmt in Richtung seiner Mündung, also Richtung linker Seite von Fig. 3, zu. Hierdurch wird das Kühlmittel, welches den Rotor 2 in dem Kühlkanal 5 durchströmt, in Richtung der axialen Austrittsöffnung (Kühlmittelaustritt 10) beschleunigt. Um zu verhindern, dass Kühlmittel von dem Rotor 2 in den Luftspalt zwischen Rotor 2 und Stator 3 gelangt ist der Kühlkanal 5 so ausgeführt, dass das Kühlmittel, welches diesen Kühlkanal 5 durchströmt, axial jenseits des jeweiligen Wickelkopfes 4, 4' geschleudert wird. Folglich wird in Fig. 3 ein Gros des den Kühlkanal 5 durchströmenden Kühlmittels nach links über den Wickelkopf 4' hinaus geschleudert.

Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, kann das Innenteil 11 des Rotors 2 zumindest zweiteilig ausgeführt sein. Die Teile 11A, 11B des Innenteils 11 sind insbesondere

fest miteinander verbunden, beispielsweise miteinander verschraubt, verklebt, verklemmt, verklippt etc. Das zweite Teil 1B des Innenteils 11 verfügt insbesondere über einen Durchbruch für den Kühlkanal 5 (in Fig. 3 nicht sichtbar). Das zweite Teil 11B kann dabei ein erstes Lager 7 tragen, welches den Rotor 2 drehbar lagert. Das erste Teil 11A kann den Kühlkanal 5 aufweisen und optional ein zweites Lager 7' tragen, welches den Rotor 2 ebenfalls drehbar lagert. Über das erste Lager 7 ist der Rotor 2 radial innerhalb des Rotors 2 abgestützt, und über das zweite Lager 7' ist der Rotor 2 radial außerhalb des Rotors 2 abgestützt. Die Lager 7, 7' sind beispielhaft als Wälzlagerlager, hier als ein Rillenkugellager und ein Nadellager, ausgeführt. Die beiden Lager 7, 7' können jeweils allerdings auch anders geeignet ausgeführt sein, beispielsweise als Gleitlager. In Fig. 3 ist das erste Lager 7 als Festlager ausgeführt, während das zweite Lager 7' als Loslager ausgeführt ist. Fest- und Loslager können aber auch vertauscht sein.

Radial innerhalb des Innenteils 11 ist eine Übersetzungsstufe 12 vorgesehen, welche eine Rotationsgeschwindigkeit des Rotors 2 in eine hierzu unterschiedliche Rotationsgeschwindigkeit der Abtriebswelle 6 übersetzt. Die Übersetzungsstufe 12 ist als Planetenstufe ausgebildet. Das Innenteil 11 des Rotors 2 ist dabei zumindest drehfest mit einem Hohlrad 12A der Planetenstufe 12 verbunden. Hierzu kann das Innenteil 11, wie gezeigt, insbesondere über eine Innenverzahnung verfügen, welche in eine entsprechende Außenverzahnung des Hohlrades 12A formschlüssig eingreift. In axialer Richtung ist das Hohlrad 12A dann beispielsweise durch eine Seitenwand des Teils 11A und einen Sicherungsring in dem Innenteil 11 fixiert. Selbstverständlich kann das Hohlrad 12A auch auf andere Art an dem Innenteil 11 befestigt sein, beispielsweise ist es daran angeschraubt oder angeschweißt. Ein Sonnenrad 12B der Planetenstufe 12 ist drehfest mit dem Gehäuse 8 verbunden. Ein Planetenträger 12C der Planetenstufe 12, auf welchem Planetenräder 12D der Planetenstufe 12 drehbar angeordnet sind, ist hingegen drehfest mit der Abtriebswelle 6 verbunden. In an sich bekannter Weise kämmen die Planetenräder 12D sowohl mit dem Hohlrad 12A, als auch dem Sonnenrad 12B und umlaufen bei einer Rotation des Rotors 2 das Sonnenrad 12B in Umfangsrichtung. Dabei wird der Planetenträger 12C mitbewegt und dadurch die Abtriebswelle 6 drehend angetrieben. Somit wird durch die Planetenstu-

fe 12 eine besonders kompakte, ins Langsame übersetzende Übersetzungsstufe gebildet.

Wie in Fig. 3 gezeigt kann vorgesehen sein, dass das erste Lager 7 den Rotor 2 drehbar auf dem Planetenträger 12D und dadurch auf der Abtriebswelle 6 abstützt. Das zweite Lager 7' ist dann so ausgeführt, dass es den Rotor 2 auf das Gehäuse 8 der E-Maschine 1 drehbar abstützt. Innerhalb der Abtriebswelle 6 ist zumindest ein Kanal vorgesehen, durch welchen das Kühlmittel, welches zur Kühlung des Rotors 2 verwendet wird, geleitet wird. Der Kanal kann so ausgeführt sein, dass das Kühlmittel zuerst zu der Planetenradstufe 12 und danach zu dem Innenteil 11 des Rotors 2 gelangt oder dass es in parallelen Strömen sowohl zum Innenteil 11 als auch zur Planetenradstufe 12 gelangt, wobei es im Innenteil 11 durch den Kühlkanal 5 aufgefangen bzw. gesammelt wird und entlang des Innenteils 11 zum Kühlmittelaustritt 10 gefördert wird. Dies hat den Hintergrund, dass mittels des Kühlmittels sowohl die Planetenradstufe 12 geschmiert wird, als auch der Rotor 2 gekühlt wird. Zumindest ein Kühlmiteleintritt 9 des Kühlmittels in den Kühlkanal 5 befindet sich daher im Bereich des Hohlrades 12A bzw. des Planetenrades 12D. Das Hohlrad 12A kann hierzu insbesondere über entsprechende Öffnungen für das Kühlmittel aufweisen. Ein beispielhafter Verlauf eines Kühlmittelflusses ausgehend von der Abtriebswelle 6 ist in Fig. 3 strichliert dargestellt.

Die in Fig. 3 dargestellte E-Maschine 1 zeichnet sich durch eine sehr hohe Leistungsdichte sowie einen hohen Wirkungsgrad und ein hohes Abtriebsdrehmoment aus. Dies wird durch die in Fig. 3 dargestellten Maßnahmen bewirkt. Diese E-Maschine 1 ist besonders kompakt und eignet sich daher bevorzugt in einem Kraftfahrzeugantriebsstrang als Traktionsantrieb, sie kann wie erläutert jedoch auch zu anderen Antriebszwecken eingesetzt werden. Es ist klar, dass bei der in Fig. 3 gezeigten E-Maschine 1 die Übersetzungsstufe 12 auch entfallen kann. In diesem Fall kann das Innenteil 11, beispielsweise über dessen erstes oder zweites Teil 11A, 11B, direkt mit der Abtriebswelle 6 zumindest drehfest verbunden sein.

Bezugszeichen

1	E-Maschine
2	Rotor
3	Stator
4, 4'	Wickelkopf
5	Kühlkanal
6	Abtriebswelle
7, 7'	Lager
8	Gehäuse
9	Kühlmitteleintritt
10	Kühlmittelaustritt
11	Innenteil
11A	Teil des Innenteils 11
11B	Teil des Innenteils 11
12	Planetenstufe
12A	Hohlrad
12B	Sonnenrad
12C	Planetenträger
12D	Planetenrad
X	Rotationsachse des Rotors 2

Patentansprüche

1. E-Maschine (1) mit einem Stator (3) und mit einem Rotor (2), wobei der Stator (3) über Wicklungen mit zumindest einem stirnseitigen Wickelkopf (4, 4') verfügt, und wobei der Rotor (2) zumindest einen zumindest teilweise schraubenförmig verlaufenden Kühlkanal (5) aufweist, welcher axial in Richtung dieses Wickelkopfes (4, 4') offen ist, sodass Kühlmittel bei Rotation des Rotors (2) aus dem Kühlkanal (5) in Richtung dieses Wickelkopfes (4, 4') gefördert wird,

dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (2) und der zumindest eine Kühlkanal (5) so ausgeführt sind, dass bei Rotation des Rotors (2) das Kühlmittel aus dem Kühlkanal (5) und dem Rotor (2) axial jenseits dieses Wickelkopfes (4, 4') geschleudert wird.

2. E-Maschine (1) nach Anspruch 1, wobei eine Steigung des schraubenförmig verlaufenden Teils des Kühlkanals (5) axial in Richtung dieses Wickelkopfes (4, 4') zunimmt.

3. E-Maschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Rotor (2) über ein insbesondere topfförmiges Innenteil (11) verfügt, an dessen radialer Innenwand der Kühlkanal (5) angeordnet ist, wobei der Kühlkanal (5) durch eine radial nach innen offene Nut in dem Innenteil (11) gebildet ist.

4. E-Maschine (1) nach Anspruch 3, wobei der Rotor (2) über ein Blechpaket verfügt, welches radial außen auf dem Innenteil (11) angeordnet ist.

5. E-Maschine (1) nach einem der Ansprüche 3 und 4, wobei eine Übersetzungsstufe (12) radial innerhalb des Innenteils (11) vorgesehen ist, welche eine Rotationsgeschwindigkeit des Rotors (2) in eine andere Rotationsgeschwindigkeit einer Abtriebswelle (6) der E-Maschine (1) übersetzt.

6. E-Maschine (1) nach Anspruch 5, wobei die Übersetzungsstufe (12) als Planetenstufe ausgebildet ist und das Innenteil (11) zumindest drehfest mit einem Hohlrad (12A) der Planetenstufe (12) verbunden ist, und wobei die Abtriebswelle (6)

mit einem Planetenträger (12C) oder einem Sonnenrad (12B) der Planetenstufe (12) zumindest drehfest verbunden ist.

7. E-Maschine (1) nach einem der Ansprüche 5 und 6, wobei das Kühlmittel gleichzeitig zur Schmierung der Übersetzungsstufe (12) dient.

8. E-Maschine nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei der Rotor (2) über das Innenteil (11) und ein radial innerhalb des Innenteils (11) angeordnetes Lager (7) drehbar gelagert ist.

9. E-Maschine (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 8, wobei der Rotor (2) über das Innenteil (11) und ein radial außerhalb des Innenteils (11) angeordnetes Lager (7') drehbar gelagert ist.

10. Fahrzeugantriebsstrang mit einer E-Maschine (1) als Traktionsantrieb, dadurch gekennzeichnet, dass die E-Maschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche ausgeführt ist.

1/2

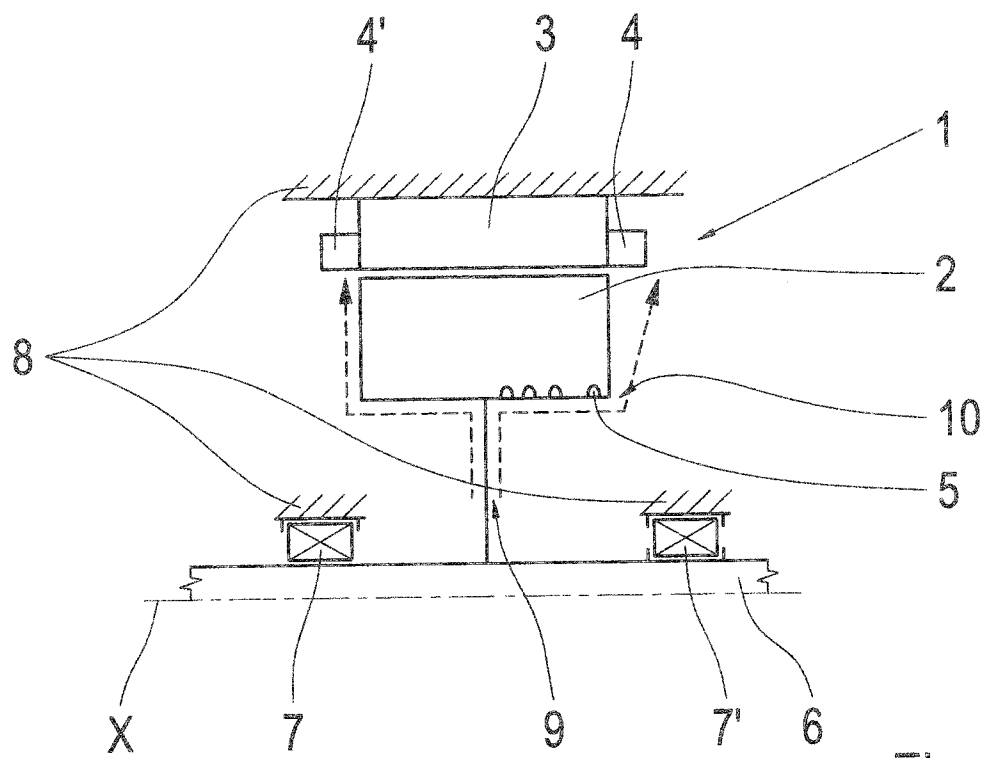


Fig. 1

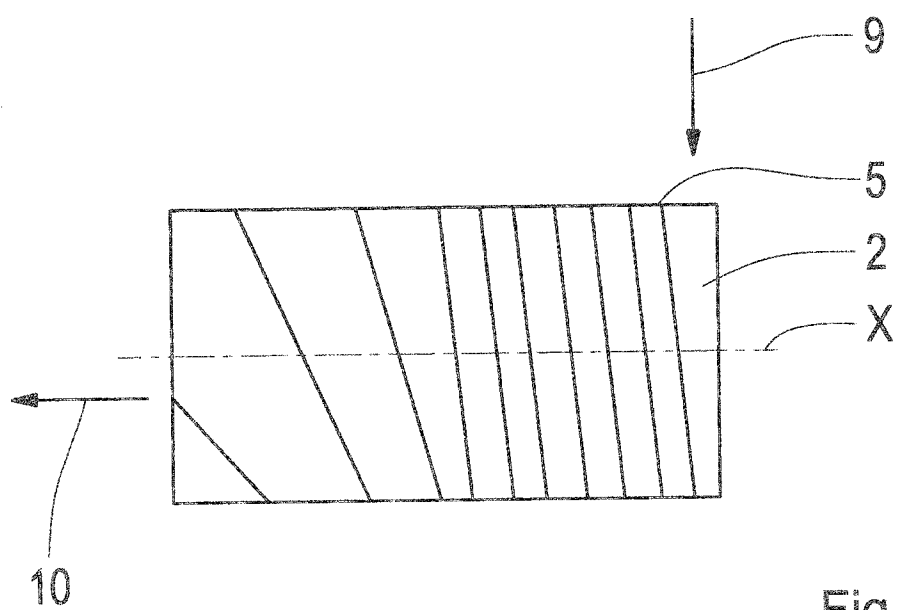


Fig. 2

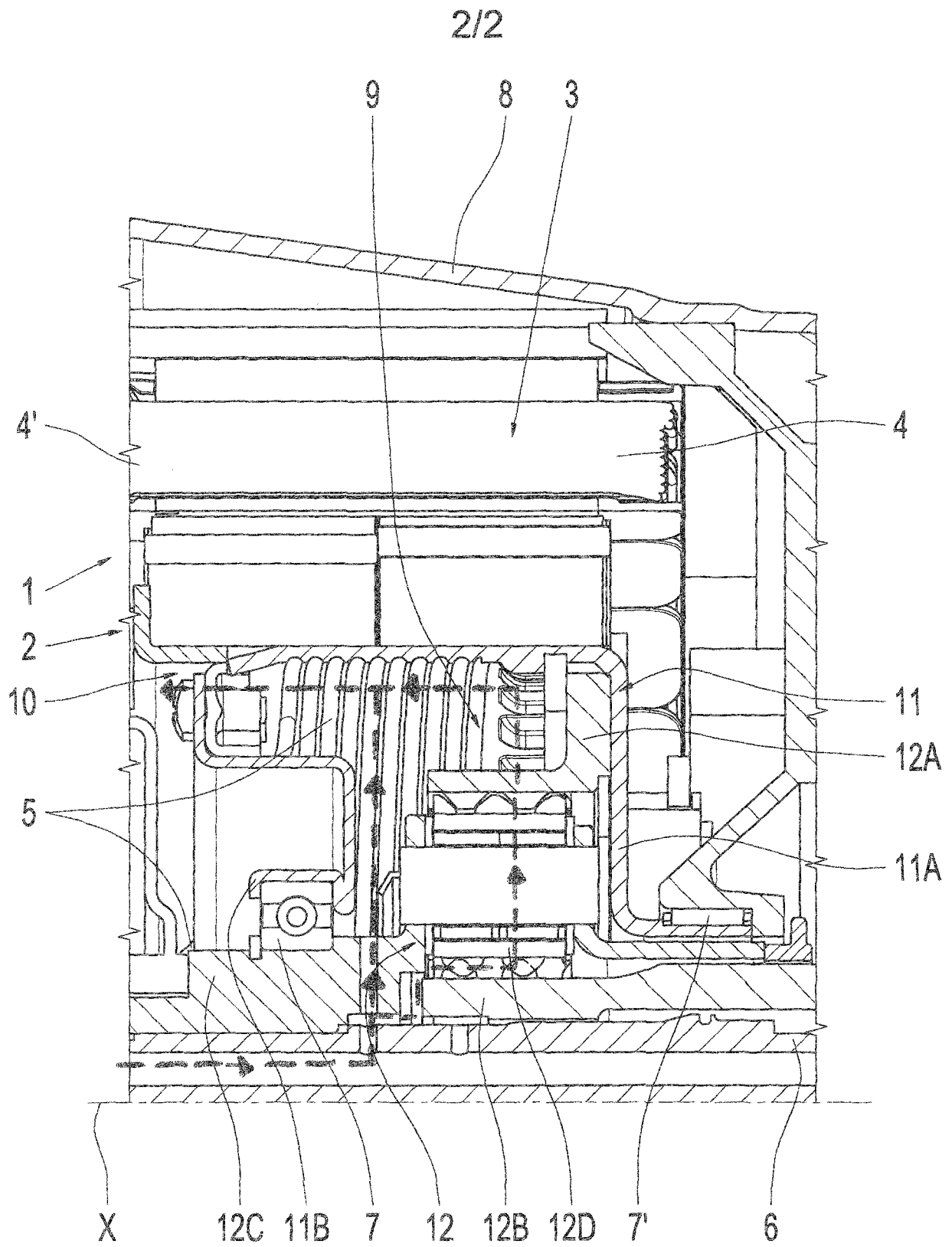


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/055476

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K1/32
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	GB 2 501 952 A (INTEGRAL POWERTRAIN LTD [GB]) 13 November 2013 (2013-11-13) abstract page 3, line 25 - page 8, line 7 claims figures	1-10
X	EP 1 522 749 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 13 April 2005 (2005-04-13) abstract paragraph [0015] - paragraph [0016] figures 11,12 claims	1-10
X	US 2011/169353 A1 (ENDO YASUHIRO [JP]) 14 July 2011 (2011-07-14) abstract; figure 11	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

9 June 2015

Date of mailing of the international search report

16/06/2015

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

Seibert, Joachim

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/055476

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 358 891 A (LJUNGSTROMS ANGTURBIN AB) 9 October 1931 (1931-10-09) figures 1-4 -----	1-10
X	GB 16979 A A.D. 1914 (SIEMENS BROTHERS DYNAMO WORKS [GB]; EMIL OTTO KIEFFER) 8 July 1915 (1915-07-08) figures -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/055476

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2501952	A	13-11-2013	GB 2501952 A	13-11-2013
			WO 2014057245 A2	17-04-2014

EP 1522749	A1	13-04-2005	DE 60225725 T2	02-04-2009
			EP 1522749 A1	13-04-2005
			JP 4176075 B2	05-11-2008
			US 2006175920 A1	10-08-2006
			WO 2004007982 A1	22-01-2004

US 2011169353	A1	14-07-2011	CN 102197572 A	21-09-2011
			DE 112009002428 T5	13-09-2012
			JP 4492745 B2	30-06-2010
			JP 2010104206 A	06-05-2010
			US 2011169353 A1	14-07-2011
			WO 2010050340 A1	06-05-2010

GB 358891	A	09-10-1931	NONE	

GB 191416979	A	08-07-1915	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K1/32
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	GB 2 501 952 A (INTEGRAL POWERTRAIN LTD [GB]) 13. November 2013 (2013-11-13) Zusammenfassung Seite 3, Zeile 25 - Seite 8, Zeile 7 Ansprüche Abbildungen	1-10
X	EP 1 522 749 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 13. April 2005 (2005-04-13) Zusammenfassung Absatz [0015] - Absatz [0016] Abbildungen 11,12 Ansprüche	1-10
X	US 2011/169353 A1 (ENDO YASUHIRO [JP]) 14. Juli 2011 (2011-07-14) Zusammenfassung; Abbildung 11	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

9. Juni 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/06/2015

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

Seibert, Joachim

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 358 891 A (LJUNGSTROMS ANGTURBIN AB) 9. Oktober 1931 (1931-10-09) Abbildungen 1-4 -----	1-10
X	GB 16979 A A.D. 1914 (SIEMENS BROTHERS DYNAMO WORKS [GB]; EMIL OTTO KIEFFER) 8. Juli 1915 (1915-07-08) Abbildungen -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/055476

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
GB 2501952	A	13-11-2013	GB	2501952	A	13-11-2013		
			WO	2014057245	A2	17-04-2014		

EP 1522749	A1	13-04-2005	DE	60225725	T2	02-04-2009		
			EP	1522749	A1	13-04-2005		
			JP	4176075	B2	05-11-2008		
			US	2006175920	A1	10-08-2006		
			WO	2004007982	A1	22-01-2004		

US 2011169353	A1	14-07-2011	CN	102197572	A	21-09-2011		
			DE	112009002428	T5	13-09-2012		
			JP	4492745	B2	30-06-2010		
			JP	2010104206	A	06-05-2010		
			US	2011169353	A1	14-07-2011		
			WO	2010050340	A1	06-05-2010		

GB 358891	A	09-10-1931	KEINE					

GB 191416979	A	08-07-1915	KEINE					
