

(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
31. Oktober 2019 (31.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/206876 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 3/32 (2006.01) H02K 9/19 (2006.01)
H02K 3/24 (2006.01) B64D 27/02 (2006.01)
B64D 27/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/060321

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. April 2019 (23.04.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 206 512.8
26. April 2018 (26.04.2018) DE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

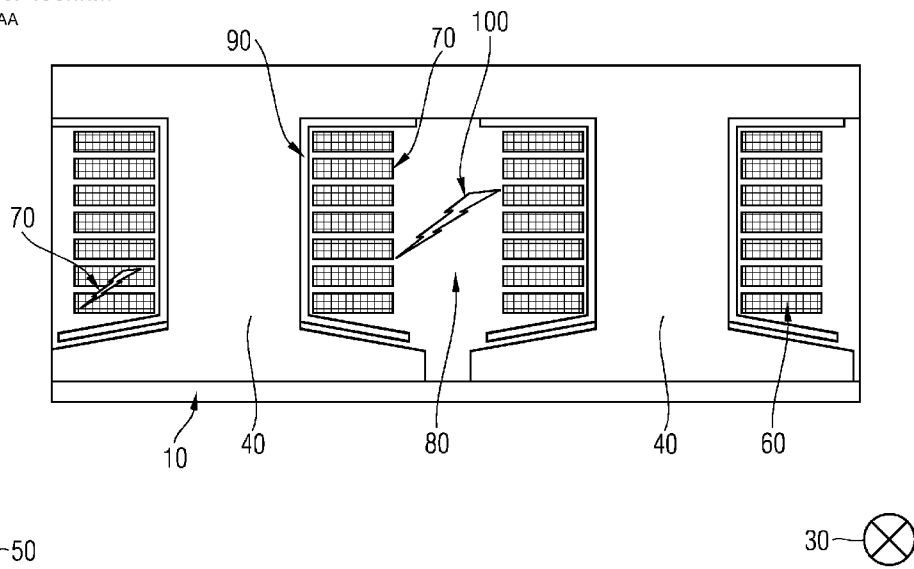
(72) Erfinder: **FAASS, Andreas**; Johannes-Weinberger-Str. 3, 86720 Nördlingen (DE). **GLEIXNER, Thomas**; Im Heuschlag 25, 91054 Erlangen (DE). **HEISSENBERGER, Johannes**; Lindenring 8 / 3. Stock, 82024 Taufkirchen (DE). **REEH, Andreas**; Wunderburggasse 12, 90403 Nürnberg (DE). **ZSCHAECK, Guillermo**; Agnes-Fink-Weg 16, 81739 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

(54) Title: ELECTRIC MACHINE AND HYBRID ELECTRIC AIRCRAFT

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE UND HYBRIDELEKTRISCHES LUFTFAHRZEUG

FIG 1
Stand der Technik
AA



AA... Prior art

(57) Abstract: Disclosed are an electric machine and a hybrid electric aircraft. The electric machine comprises at least one stator (10') with at least one single-tooth winding carrier (40') that includes at least one spacer (110) designed to keep windings (70') of a single-tooth winding (60') mounted on the single-tooth winding carrier (40') at a distance from each other. The hybrid electric aircraft includes an electric machine (20') of said type.

(57) Zusammenfassung: Die elektrische Maschine umfasst mindestens einen Stator (10') mit mindestens einem Einzelzahnwicklungs-träger (40'), welcher mindestens einen Abstandshalter (110) aufweist, der zur Abstandshaltung von Windungen (70') einer auf den Einzelzahnwicklungs-träger (40') aufgebracht Einzelzahnwicklung (60') voneinander ausgebildet ist. Das hybridelektrische Luftfahrzeug weist eine solche elektrische Maschine (20') auf.

WO 2019/206876 A1

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:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Beschreibung

Elektrische Maschine und hybridelektrisches Luftfahrzeug

5 Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine sowie ein hybridelektrisches Luftfahrzeug.

10 Permanenterregte synchrone Drehfeldmaschinen erlauben hohe Leistungs- und Drehmomentdichten. Solche Drehfeldmaschinen weisen einen Stator mit konzentrierten Wicklungen, welche vorzugsweise mit Flachleitern gebildet sind, auf. Vorteilhaft können so hohe Nutzfüllfaktoren, kurze Wickelköpfe und somit eine hohe Raum- und Gewichtseffizienz erreicht werden.

15 Allerdings erzeugen konzentrierte Wicklungen eine stufenförmige Feldwelle, was Wirbelstromverluste in Permanentmagneten des Rotors verursacht. Aufgrund der induktiven Kopplung des Rotorfelds in den Stator entstehen nachteilig Leistungsverluste in den Spulen, welche die Leistung der elektrischen Maschine stark begrenzen. Denn Teilleiter der Spulen dürfen eine gewisse Temperatur nicht überschreiten, damit Isolationsmaterial der Einzelleiter und Nutisolationen nicht beschädigt werden. Daher müssen Wicklungen sehr effizient gekühlt werden.

25 Zudem ist die Isolation von Einzelleitern der Windungen kritisch, da in überbrückten Windungen durch Induktion infolge des Rotorfelds hohe Ströme entstehen können, welche zu starken Temperaturanstiegen führen können. Aufgrund dieser Temperaturanstiege kann das Isolationsmaterial weiter geschädigt werden, sodass ein Totalausfall der gesamten elektrischen Maschine resultieren kann. Auch besteht ein hohes Brandrisiko, welches insbesondere bei Luftfahrzeugen nicht eingeharbt ist.

35 Bisher werden zu hohe Spulentemperaturen im Normalbetrieb vermieden, indem die Stromdichte begrenzt wird und konvektive Kühlmaßnahmen im Stator vorgesehen werden.

Es ist zudem bekannt, die Wicklungen mit Kühlflüssigkeit mittels sogenannter Direktkühlung zu umströmen. Als Kühlflüssigkeit werden elektrisch isolierende synthetische Öle eingesetzt, etwa Silikonöle. Silikonöle besitzen jedoch einen
5 Flammpunkt und sind somit potentiell brennbar, was bislang ebenfalls ein Brandrisiko darstellt.

Bei sogenannten Einzelzahnwicklungen ist jeder Einzelzahn als Spule ausgeführt, was aufgrund der Potentialunterschiede
10 nebeneinanderliegender Einzelzahnwicklungsseiten ein Risiko eines elektrischen Kurzschlusses birgt. Daher muss häufig ein räumlicher Abstand der Einzelzahnwicklungen vorgesehen werden, wobei Raum zwischen den Einzelzahnwicklungen für Kühlkanäle genutzt werden kann, durch die das Kühlöl fließt.

15 Vor diesem Hintergrund des Standes der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine elektrische Maschine mit Einzelzahnwicklungen schaffen, welche eine verbesserte Betriebssicherheit, insbesondere eine verbesserte Überlastfähigkeit, gewährleistet.
20 Weiterhin soll eine verbesserte elektrische Isolation und eine verbesserte Wärmeabfuhr möglich sein. Zudem ist es Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes hybridelektrisches Luftfahrzeug zu schaffen.

25 Die erfindungsgemäße elektrische Maschine umfasst mindestens einen Stator mit mindestens einem Einzelzahnwicklungsträger, welcher mindestens einen Abstandshalter aufweist, der zur Abstandshaltung von Windungen einer auf den Einzelzahnwicklungsträger aufgebracht
30 Einzelzahnwicklung voneinander ausgebildet ist.

Insbesondere ist unter einer Beabstandung von Windungen voneinander eine Beabstandung benachbarter und/oder nächster Windungen voneinander zu verstehen.

35 Bevorzugt ist/sind bei der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine der zumindest eine Abstandshalter zur Beabstandung mehrerer, vorzugsweise einer Mehrzahl der, insbesondere sämt-

licher, Windungen einer an dem Einzelzahnwicklungsträger angeordneten Einzelzahnwicklung voneinander ausgebildet.

5 Erfindungsgemäß kann eine effiziente und effektive Direktkühlung der Einzelzahnwicklung durch eine räumliche Separation der Einzelleiter einer Einzelzahnwicklung erreicht werden. Durch Abstandhalter in den Wickelköpfen werden die Einzelleiter einer Einzelzahnwicklung auf Distanz gehalten. Im Vergleich zu herkömmlichen Spulen mit Flachdrähten ergibt sich
10 eine wesentlich höhere freistehende Oberfläche, die linear in die Höhe des übertragbaren Wärmestroms eingeht. Die Räume zwischen den Einzelleitern der Einzelzahnwicklung sind vorteilhaft als Kühlkanäle nutzbar.

15 Vorteilhaft ist durch die Beabstandung der Windungen der zumindest einen Einzelzahnwicklung diese zumindest eine Einzelzahnwicklung und folglich die elektrische Maschine gegenüber thermischen oder durch Vibrationen erzeugten mechanischen
20 Schädigungen einer Isolation der Einzelleiter wenig anfällig und folglich besonders betriebssicher und überlastsicher ausgebildet. Insbesondere ist in vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung eine elektrische Isolation von Einzelleitern einer Einzelzahnwicklung verzichtbar, was den Wärmeübergang vorteilhaft weiter verbessert. Erfindungsgemäß ist daher eine
25 höhere Überlastfähigkeit der Maschine möglich.

Vorteilhaft ist also bei der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine eine Funktionsintegration von effizienter Direktkühlung und höherer Betriebssicherheit infolge der räumlichen
30 Beabstandung der einzelnen Windungen der zumindest einen Einzelzahnwicklung des Stators realisierbar. Die erhöhte Oberfläche zur Direktkühlung ermöglicht höhere Stromdichten in den Einzelleitern der Einzelzahnwicklung und damit eine höhere Überlastfähigkeit der elektrischen Maschine. Das bislang
35 ungelöste Problem der Windungskurzschlüsse aufgrund von Isolationsversagen wird erfindungsgemäß durch die Beabstandung der Windungen vermieden. Kurzschlüsse zwischen den Einzelzahnwicklungen können durch die Verwendung von Isolationsma-

terial zwischen benachbarten Einzelzahnwicklungen vermieden werden.

Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße elektrische Maschine
5 ne zumindest eine Einzelzahnwicklung, welche jeweils an dem mindestens einen Einzelzahnwicklungsträger angeordnet ist, d.h. die elektrische Maschine umfasst die mindestens eine Einzelzahnwicklung.

10 In einer zweckmäßigen Weiterbildung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine ist diese eine permanenterregte Drehfeldmaschine. Gerade bei permanenterregten Drehfeldmaschinen lassen sich hohe Leistungs- und Drehmomentdichten erzielen, wobei die erfindungsgemäße Lösung den Einsatz konzentrierter
15 Wicklungen betriebssicher ermöglicht.

Geeigneterweise ist/sind bei der elektrischen Maschine gemäß der Erfindung der mindestens eine Abstandshalter zur
Beabstandung der Windungen voneinander um einen freien Ab-
20 stand von mindestens einem Achtel, vorzugsweise mindestens einem Fünftel, idealerweise mindestens einem Viertel, der Höhe einer Windung, d.h. zweckmäßig einer Abmessung der Windungen in radialer, d.h. senkrecht zu einer Drehachse des Rotors orientierter, Richtung ausgebildet. Für typische Wick-
25 lungsabmessungen lässt sich in dieser Weiterbildung der Erfindung ein hinreichender Abstand zur Ausbildung von Kühlkanälen erzielen.

Bei der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine ist oder sind
30 die Abstandshalter in vorteilhafter Weiterbildung zur Beabstandung der Windungen voneinander um einen freien, zwischen den Windungen liegenden, Abstand von mindestens 0.1 mm, vorzugsweise mindestens 0.175 mm und idealerweise mindestens 0.25 mm ausgebildet. In dieser Weiterbildung der Erfindung
35 sind hinreichend große Abstände zur Ausbildung von Kühlkanälen realisiert. Vorteilhafterweise sind die Abstände für Einzelzahnwicklungen typischer permanenterregter Drehfeldmaschinen hinreichend groß um zugleich eine elektrische Isolierung

der Windungen voneinander sicherzustellen. D.h. aufgrund der kleinen Potentialunterschiede zwischen einzelnen Windungen einer Einzelzahnwicklung sind die zur elektrischen Isolation erforderlichen Abstände zwischen den Windungen derart gering, dass diese Abstände durch die zur Ausbildung von Kühlkanälen erforderlichen Abstände bereits deutlich übertroffen werden. Vorteilhaft umfasst die elektrische Maschine gemäß der Erfindung einen Stator mit einer Drehachse sowie mindestens zwei Einzelzahnwicklungsträger, welche sich jeweils quer zur Drehachse von dieser in einer radialen Richtung fortstrecken und bei welchen der oder die Abstandshalter ausgebildet sind, die Windungen in dieser radialen, d.h. senkrecht zu einer Drehachse des Rotors orientierten, Richtung zu beabstanden.

Bevorzugt sind bei der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine die mindestens zwei Einzelzahnwicklungsträger voneinander in umfänglicher Richtung um höchstens die 2.5-fache Breite von Einzelleitern der Windungen und/oder der Einzelzahnwicklung, vorzugsweise um höchstens die 2.25-fache Breite, voneinander beabstandet. Vorzugsweise sind die Windungen mit Flachleitern gebildet. Geeigneterweise ist unter der Breite der Einzelleiter der Windungen die Breite, d.h. die größte Abmessung des Leiters quer zu ihrer Leitungsrichtung zu verstehen. Die Wendung „um eine gewisse Breite beabstandet“ meint im Zusammenhang mit dieser Weiterbildung geeigneterweise, dass die *lichte Weite* zwischen den Einzelzahnwicklungsträgern ohne Berücksichtigung von Windungen oder Einzelzahnwicklungen selbst die gewisse Breite beträgt.

Geeigneterweise weist die erfindungsgemäße elektrische Maschine Einzelzahnwicklungsisolierungen auf, welche zur Isolierung der Einzelzahnwicklungen voneinander zwischen den Einzelzahnwicklungsträgern angeordnet sind. Bei der Verwendung eines Isolationsmaterials zwischen zwei Einzelzahnwicklungen wird der Raum zwischen den Spulen durch die nun vorhandenen Kühlkanäle zwischen den Windungen der Einzelzahnwicklung nicht mehr benötigt, sodass mit einer Erhöhung und

Verschmälerung der Nut vorteilhaft ähnliche Nutfüllfaktoren erzielt werden können wie in bekannten Lösungen.

Vorzugsweise weist die elektrische Maschine gemäß der Erfindung einen oder mehrere Kühlkanäle mit jeweils einem Kühlfluidpfad auf, der zur Durchströmung eines zwischen den Windungen liegenden Zwischenraums ausgebildet ist. Geeignet sind der oder die Kühlkanäle zur Leitung von synthetischem Öl ausgebildet.

10

Das erfindungsgemäße hybridelektrische Luftfahrzeug weist eine erfindungsgemäße elektrische Maschine wie oben beschrieben auf.

15

Bevorzugt umfasst das hybridelektrische Luftfahrzeug einen Kühlkreislauf, wobei die elektrische Maschine eine elektrische Maschine wie in einer der obigen Weiterbildungen erläutert einen oder mehrere Kühlkanäle aufweist und wobei der/die Kühlkanäle Teil des Kühlkreislaufs ist/sind.

20

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

25

Fig. 1 einen Teil eines Stators einer bekannten permanenterregten Drehfeldmaschine mit zwei Einzelzahnwicklungen schematisch im Querschnitt,

30

Fig. 2 den Teil des Stators gem. Fig. 1 schematisch im Längsschnitt,

Fig. 3

einen Teil eines Stators einer erfindungsgemäßen permanenterregten Drehfeldmaschine schematisch im Querschnitt,

35

Fig. 4

den Teil des Stators gem. Fig. 3 schematisch im Längsschnitt sowie

Fig. 5 ein erfindungsgemäßes hybridelektrisches Flugzeug schematisch in einer Draufsicht.

5 Der in Fig. 1 dargestellte Stator ist ein Stator 10 einer permanentmagneterregten Drehfeldmaschine 20. Der Stator 10 ist zur Drehung um eine Drehachse ausgebildet, von welcher sich eine Mehrzahl von Einzelzahnwicklungsträgern 40 in radialer Richtung 50 fortstrecken.

10

Die Einzelzahnwicklungsträger 40 tragen Einzelzahnwicklungen 60, welche in einzelnen Windungen 70 um die Einzelzahnwicklungsträger 40 gewickelt sind. Die Windungen 70 sind mit einem Flachleiter gebildet, welcher eine Höhe von einem Milli-
15 meter und eine Breite von vier Millimetern aufweist. Dabei ist der Flachleiter derart angeordnet, dass sich dessen Höhe in radialer Richtung 50 und seine Breite in umfänglicher Richtung, d.h. in Richtung senkrecht zur radialen Richtung 50 und zu einer zur Drehachse parallelen Richtung 30, erstreckt.

20

Die Windungen 70 sind in radialer Richtung 50 an einander anliegend um Einzelzahnwicklungsträger 40 gewickelt. In radialer Richtung 50 weisen die Einzelzahnwicklungen 60 zehn Windungen 70 und folglich eine Abmessung von etwa 10 Millimetern
25 auf.

Die Einzelzahnwicklungsträger 40 sind voneinander um etwa 11.3 Millimeter in umfänglicher Richtung beabstandet, sodass zwischen den Einzelzahnwicklungen ein in umfänglicher Richtung 3.3 Millimeter breiter Kühlkanal 80 eröffnet ist, mittels
30 welchem die Einzelzahnwicklungen 60 kühlbar sind. Der Kühlkanal 80 ist im Betrieb der Drehfeldmaschine 20 mit synthetischem Öl, welches einen elektrischen Isolator bildet, zur Kühlung der Einzelzahnwicklungen 60 durchströmt.

35

Die Einzelzahnwicklungen 60 sind gegenüber den Einzelzahnwicklungsträgern 40 mittels einer Nutisolation 90 elektrisch isoliert. Die Nutisolation 90 ist im dargestellten Ausführ-

rungsbeispiel mit einem Flächenisolierstoff, beispielsweise mit einem Aramidlaminat, gebildet. Zudem sind die einzelnen Windungen 70 der Einzelzahnwicklungen 60 mittels Windungsisolierungen 70 voneinander elektrisch isoliert, sodass Spannungsüberschläge 100 vermeidbar sind.

Der in Fig. 3 dargestellte Stator 10' ist ein Stator 10' einer erfindungsgemäßen permanenterregten Drehfeldmaschine 20'. Der Stator 10' ist ebenfalls um eine Drehachse drehbar und weist wie der zuvor beschriebene Stator 10 Einzelzahnwicklungsträger 40' für Einzelzahnwicklungen 60' auf. Die Wicklungsträger 40' weisen erfindungsgemäß jeweils wie in Fig. 4 dargestellt einen Kamm 110 mit voneinander beabstandeten Ausnehmungen 120 auf. Die Ausnehmungen 120 des Kamms 110 sind ausgebildet, Windungen 70' der Einzelzahnwicklungen 60' aufzunehmen und voneinander zu beabstanden.

Die Windungen 70' der Einzelzahnwicklungen 60' sind wie die oben beschriebenen Windungen 70 mit einem Flachleiter gebildet, welcher eine Höhe von einem Millimeter und eine Breite von vier Millimetern aufweist. Dabei ist der Flachleiter ebenfalls derart angeordnet, dass sich dessen Höhe in radialer Richtung 50 und seine Breite in umfänglicher Richtung, d.h. in Richtung senkrecht zur radialen Richtung 50 und einer zur Drehachse parallelen Richtung 30, erstreckt.

Dabei sind die Windungen 70' der Einzelzahnwicklungen 60' durch den Kamm 110 derart voneinander beabstandet, dass die Windungen 70' zwischenliegend eine lichte Weite von 0.3 Millimeter einschließen. Die Einzelzahnwicklungen 60' weisen aufgrund dieser zusätzlichen lichten Weite eine um wenige Millimeter größere Erstreckung in radialer Richtung 50 auf. Infolge der Beabstandung der Windungen 70' der Einzelzahnwicklungen 60' in radialer Richtung 50 eröffnen die Windungen 70' radial zwischenliegend Kühlkanäle 130, durch welche Kühlfluid in Gestalt synthetischen Öls, welches einen elektrischen Isolator bildet, zur Kühlung der Einzelzahnwicklungen 60' strömt.

Aufgrund der Eröffnung von Kühlkanälen 130 zwischen den Windungen 70' ist in umfänglicher Richtung zwischen den Einzelzahnwicklungsträgern 40' ein Kühlkanal 80 verzichtbar. Statt-

5 dessen kann wie in Fig. 3 und 4 gezeigt eine Isolierung 140 vorgesehen sein, welche weniger als 2 Millimeter des zwischen den Einzelzahnwicklungen 60' vorgesehenen Zwischenraums erfordert. Die Isolierung 140 ist als Trennwand aus demselben

10 Material wie die Nutisolation 90 gebildet. Die Trennwand erstreckt sich eben und zwar in radialer Richtung 50 und in Richtung 30 parallel zur Drehachse. Aufgrund des geringeren zwischen den Einzelzahnwicklungen 60' vorgesehenen Zwischenraums in umfänglicher Richtung sind die Einzelzahnwicklungen 60' um weniger als die 2.25-fache Breite der Flachleiter der

15 Windungen 70' voneinander beabstandet.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Windungen 70' nicht eigens isoliert, sondern durch ihre Beabstandung voneinander und das blasenfrei durch die Kühlkanäle 130 strömende

20 synthetische Öl hinreichend elektrisch isoliert. In weiteren, nicht eigens dargestellten Ausführungsbeispielen kann zusätzlich eine Isolierung der Windungen 70' vorhanden sein.

Das erfindungsgemäße hybridelektrische Flugzeug 400 weist wie

25 in Fig. 5 dargestellt zum Antrieb eines Propellers 410 und/oder eines Triebwerks (in der Zeichnung nicht dargestellt) eine erfindungsgemäße Drehfeldmaschine 20' mit dem Stator 10' auf.

30

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine, umfassend mindestens einen Stator (10`) mit mindestens einem Einzelzahnwicklungsträger (40`),
5 welcher mindestens einen Abstandshalter (110) aufweist, der zur Abstandshaltung von Windungen (70`) einer auf den Einzelzahnwicklungsträger (40`) aufgebracht Einzelzahnwicklung (60`) voneinander ausgebildet ist.
- 10 2. Elektrische Maschine nach dem vorhergehenden Anspruch, bei welchem der zumindest eine Abstandshalter (110) zur Beabstandung mehrerer, vorzugsweise einer Mehrzahl der, insbesondere sämtlicher, Windungen (70`) einer an dem Einzelzahnwicklungsträger (40`) angeordneten Einzelzahnwicklung
15 (60`) ausgebildet ist/sind.
3. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfassend zumindest eine Einzelzahnwicklung (40`), welche jeweils an dem mindestens einen Einzelzahnwicklungsträger
20 (40`) angeordnet ist.
4. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche eine permanenterregte Drehfeldmaschine (20`) ist.
- 25 5. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der oder die Abstandshalter (110) zur Beabstandung der Windungen (70`) voneinander um einen freien Abstand von mindestens einem Achtel, vorzugsweise mindestens einem Fünftel, idealerweise mindestens einem Viertel, der
30 Höhe einer Windung (70`) ausgebildet ist oder sind.
6. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der oder die Abstandshalter (110) zur Beabstandung der Windungen (70`) voneinander um einen freien
35 Abstand von mindestens 0.1 mm, vorzugsweise mindestens 0.175 mm und idealerweise mindestens 0.25 mm ausgebildet ist oder sind.

7. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend einen Stator (20') mit einer Drehachse sowie mindestens zwei Einzelzahnwicklungsträger (40'), welche sich jeweils quer zur Drehachse von dieser in einer radialen Richtung fortstrecken und bei welchen der oder die Abstandshalter (110) ausgebildet sind, die Windungen (70') in dieser radialen Richtung zu beabstanden.

8. Elektrische Maschine nach dem vorhergehenden Anspruch, bei welchem die mindestens zwei Einzelzahnwicklungsträger (40') voneinander in umfänglicher Richtung um höchstens die 2.5-fache Breite von Einzelleitern der Windungen (70') und/oder der Einzelzahnwicklung (60'), vorzugsweise um höchstens die 2.25-fache Breite, voneinander beabstandet sind.

9. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche Einzelzahnwicklungsisolierungen (140) aufweist, welche zur Isolierung der Einzelzahnwicklungen (60') voneinander zwischen den Einzelzahnwicklungsträgern (40') angeordnet sind.

10. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche einen oder mehrere Kühlkanäle (80) mit jeweils einem Kühlfluidpfad aufweist, der zur Durchströmung eines zwischen den Windungen (70') liegenden Zwischenraums ausgebildet ist.

11. Hybridelektrisches Luftfahrzeug mit einer elektrischen Maschine (20') nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

12. Hybridelektrisches Luftfahrzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, welches einen Kühlkreislauf aufweist, wobei die elektrische Maschine (20') eine elektrische Maschine (20') nach Anspruch 10 ist und der/die Kühlkanäle Teil des Kühlkreislaufs ist/sind.

FIG 1
Stand der Technik

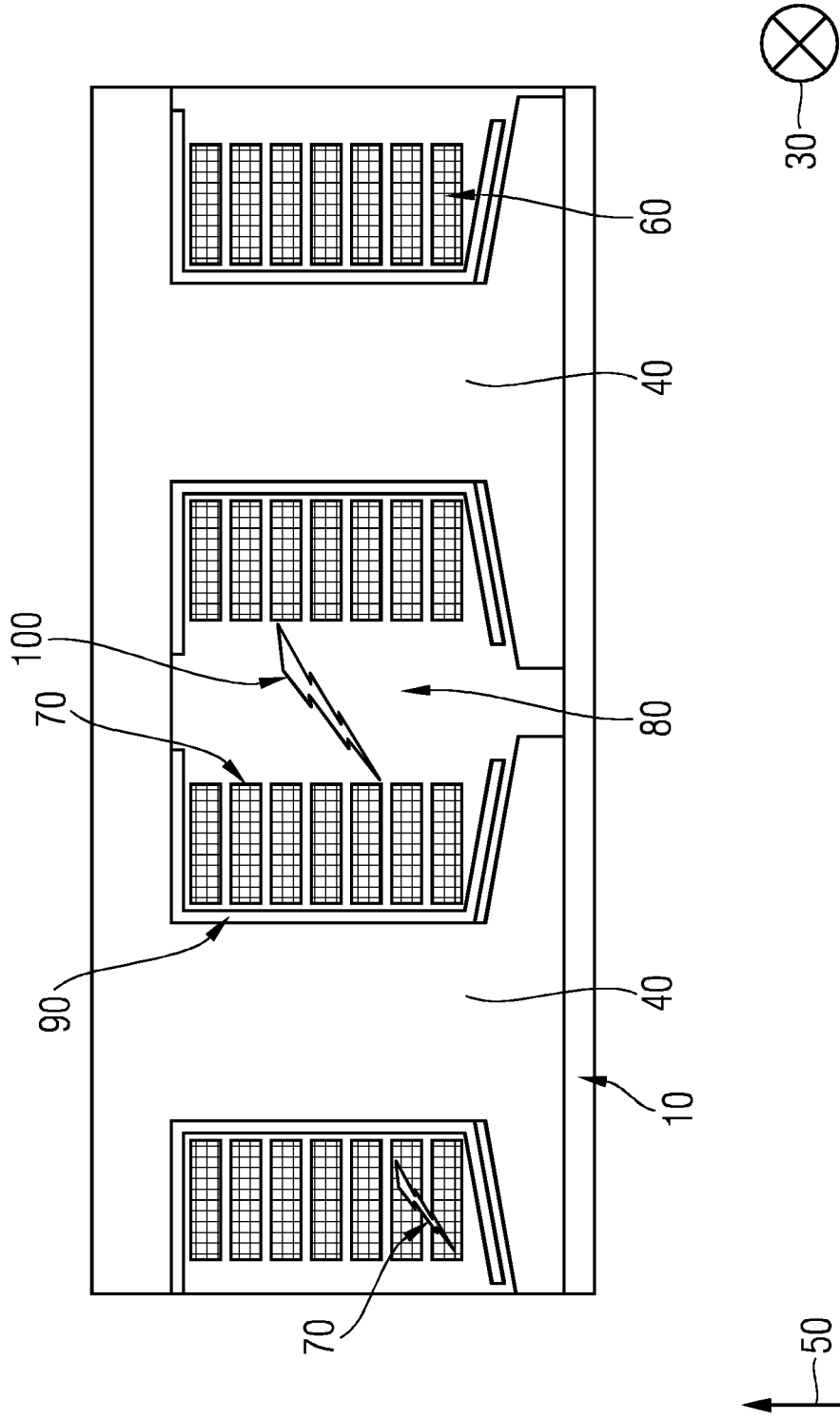
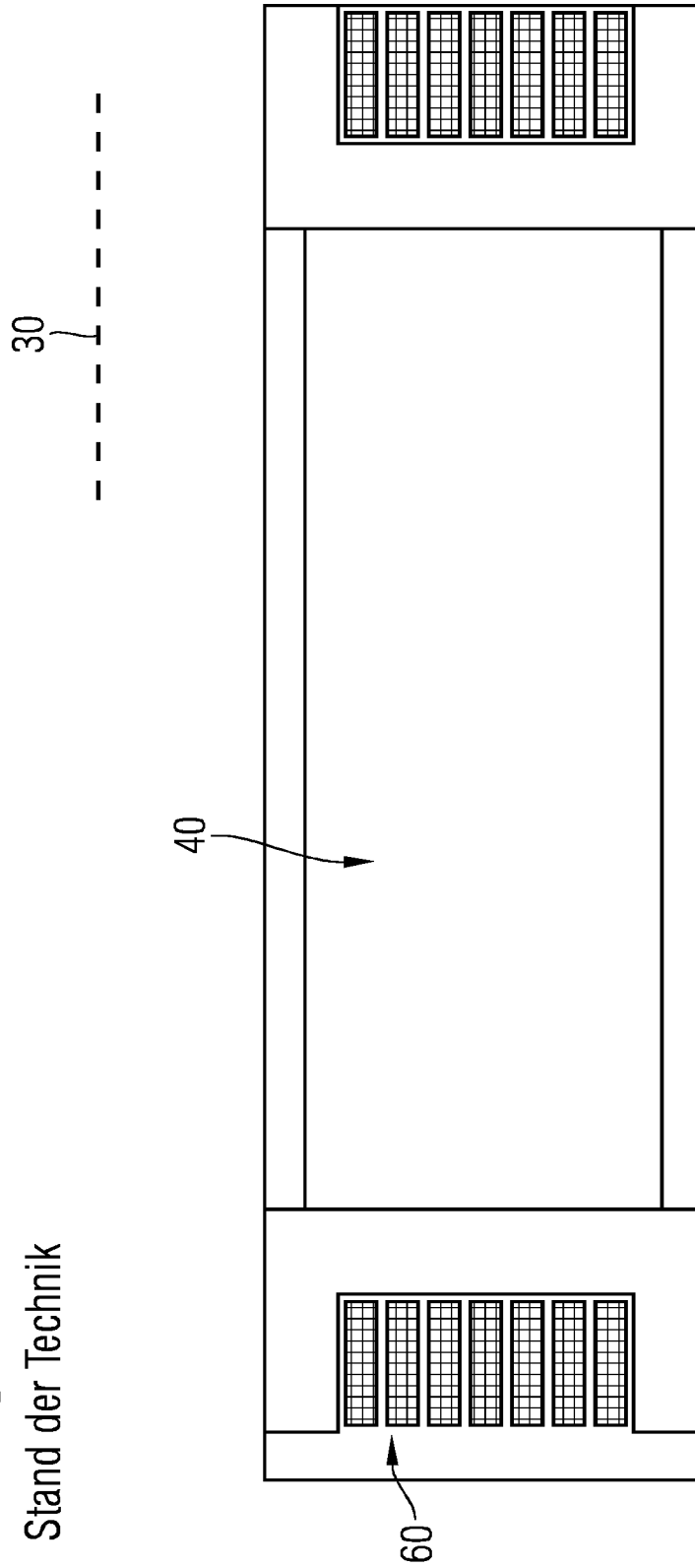
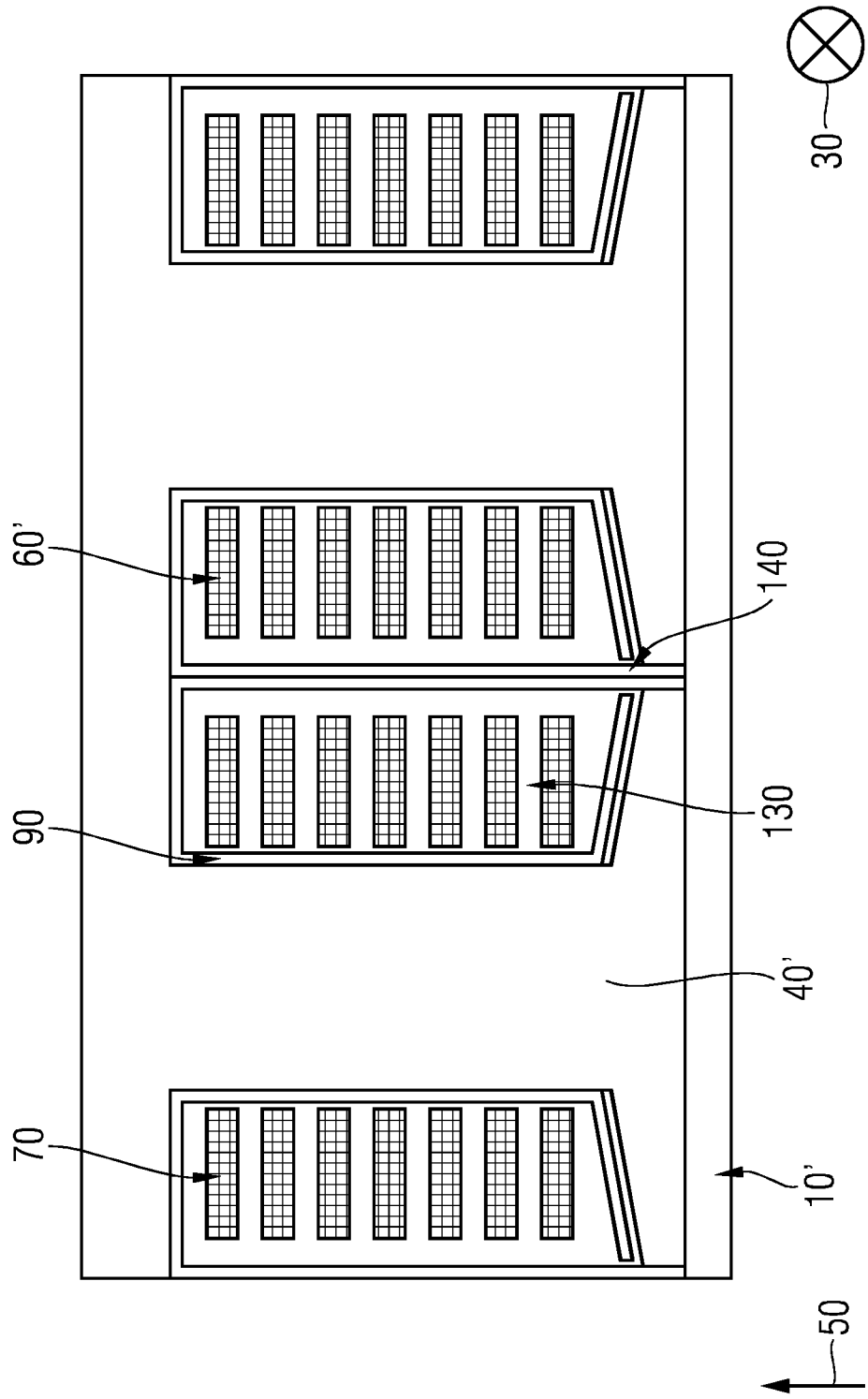


FIG 2
Stand der Technik





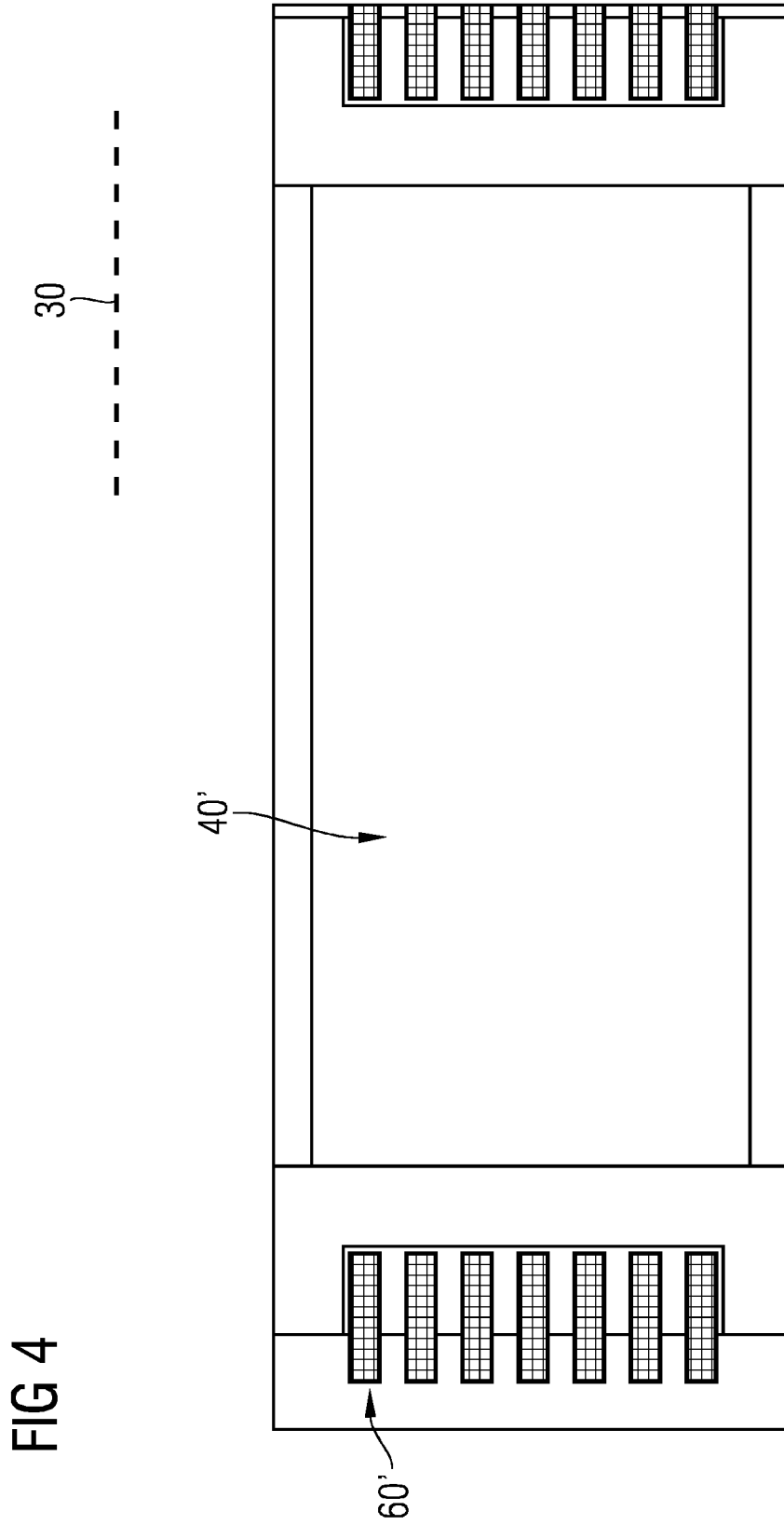
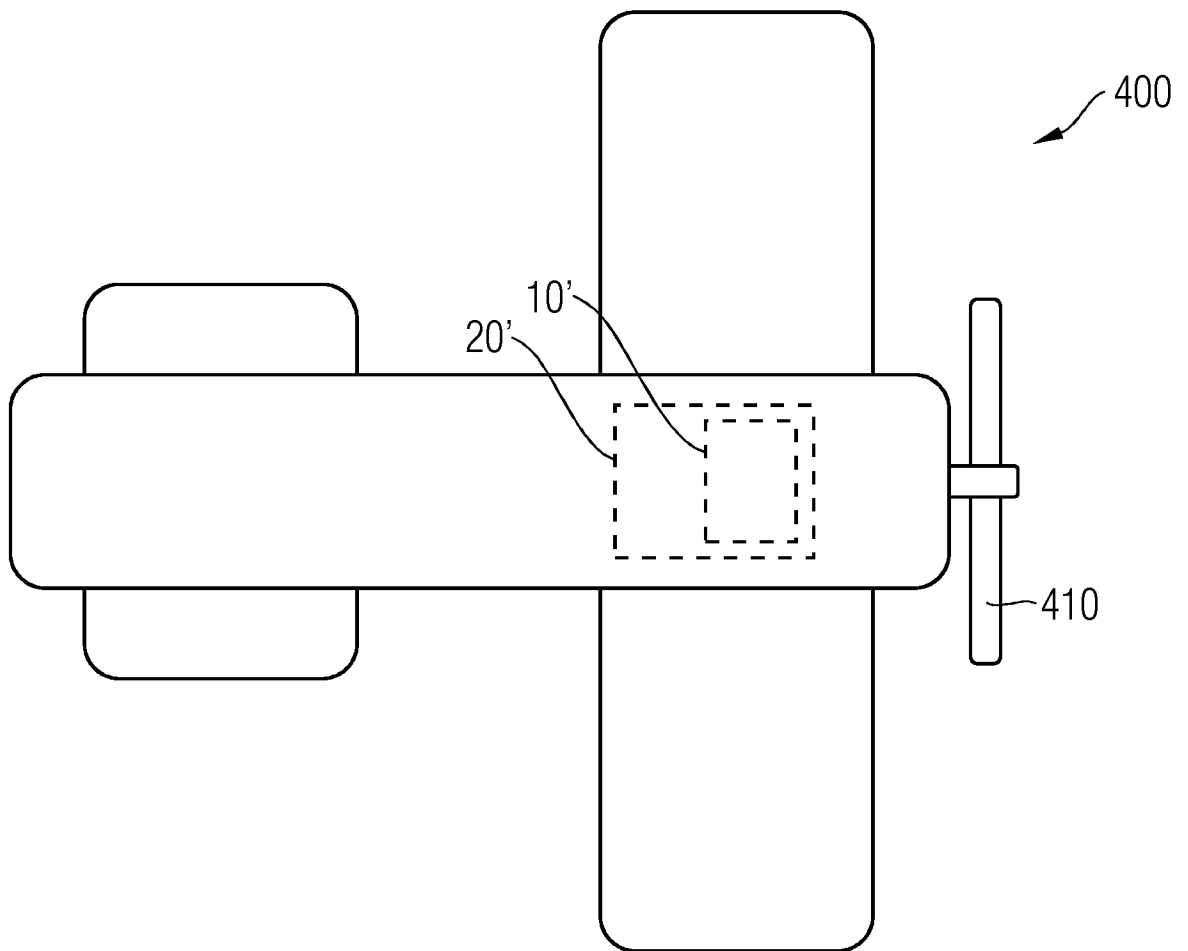


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/060321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02K 3/32 (2006.01)i; H02K 3/24 (2006.01)i; B64D 27/24 (2006.01)i; H02K 9/19 (2006.01)n; B64D 27/02 (2006.01)n		
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; B64F; B64D		
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 2015021977 A2 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 19 February 2015 (2015-02-19) abstract; figures	1-12
X	FR 1429995 A (LICENTIA GMBH) 25 February 1966 (1966-02-25) the whole document	1-12
X	US 3261995 A (STEPHANE KOHN) 19 July 1966 (1966-07-19) the whole document	1-12
X	SU 817870 A1 (AROSHIDZE YURIJ V [SU]; DUKSHTAU A A ET AL.) 30 March 1981 (1981-03-30) figures	1-12
X	JP 2003125548 A (NISSAN MOTOR) 25 April 2003 (2003-04-25) abstract; figures	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 August 2019		Date of mailing of the international search report 05 September 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Ramos, Horacio Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/060321

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2015021977	A2	19 February 2015	DE	102014215148	A1	19 February 2015
				DE	112014003748	A5	12 May 2016
				WO	2015021977	A2	19 February 2015
FR	1429995	A	25 February 1966	NONE			
US	3261995	A	19 July 1966	FR	1325684	A	03 May 1963
				US	3261995	A	19 July 1966
SU	817870	A1	30 March 1981	NONE			
JP	2003125548	A	25 April 2003	JP	3596510	B2	02 December 2004
				JP	2003125548	A	25 April 2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K3/32 H02K3/24 B64D27/24 ADD. H02K9/19 B64D27/02		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02K B64F B64D		
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 2015/021977 A2 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 19. Februar 2015 (2015-02-19) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-12
X	FR 1 429 995 A (LICENTIA GMBH) 25. Februar 1966 (1966-02-25) das ganze Dokument -----	1-12
X	US 3 261 995 A (STEPHANE KOHN) 19. Juli 1966 (1966-07-19) das ganze Dokument -----	1-12
X	SU 817 870 A1 (AROSHIDZE YURIJ V [SU]; DUKSHTAU A A ET AL.) 30. März 1981 (1981-03-30) Abbildungen -----	1-12
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 28. August 2019		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 05/09/2019
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 Ramos, Horacio

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2003 125548 A (NISSAN MOTOR) 25. April 2003 (2003-04-25) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/060321

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2015021977 A2	19-02-2015	DE 102014215148 A1 DE 112014003748 A5 WO 2015021977 A2	19-02-2015 12-05-2016 19-02-2015

FR 1429995 A	25-02-1966	KEINE	

US 3261995 A	19-07-1966	FR 1325684 A US 3261995 A	03-05-1963 19-07-1966

SU 817870 A1	30-03-1981	KEINE	

JP 2003125548 A	25-04-2003	JP 3596510 B2 JP 2003125548 A	02-12-2004 25-04-2003
