

(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
6. Juli 2017 (06.07.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/114643 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B64D 27/24 (2006.01) **B64D 35/08** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/080065

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Dezember 2016 (07.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 226 836.5
30. Dezember 2015 (30.12.2015) DE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **LOESCH, Christian**; An den Kellern 19,
91054 Erlangen (DE). **GORAJ, Robert**; Paul-Gossen-Str.
99, 91052 Erlangen (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, JP, KE, KG, 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.

(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).

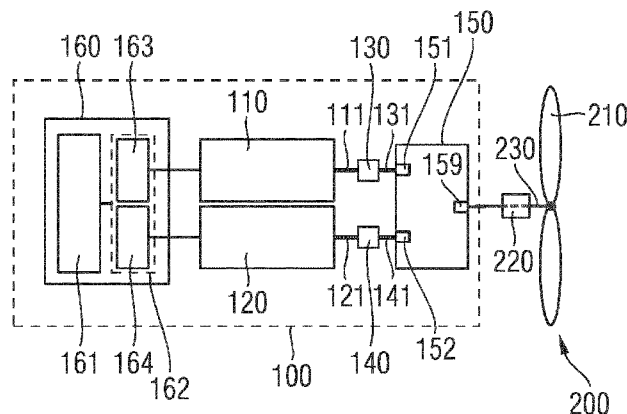
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: REDUNDANT ELECTRIC DRIVE SYSTEM FOR DRIVING A PROPULSION MEANS FOR AN AIRCRAFT, AND
METHOD FOR DRIVING THE PROPULSION MEANS

(54) Bezeichnung : REDUNDANTES, ELEKTRISCHES ANTRIEBSSYSTEM ZUM ANTREIBEN EINES
VORTRIEBSMITTELS EINES LUFTFAHRZEUGS UND VERFAHREN ZUM ANTREIBEN DES VORTRIEBSMITTELS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a redundant electric drive system (100) for a propulsion means of an aircraft and to a method for driving the propulsion means. The drive system has two or more separate electric motors (110, 120) which are connected to the propulsion means (210) via a common transmission (150). The electric motors are coupled to the transmission using freewheels (130, 140). In order to provide electric energy to the electric motors, an energy source (160) with an electronic power unit (162) is provided, said electronic power unit having a separate power converter (163, 164) for each electric motor. The power converters, for example AC converters or inverters, are supplied by a current source (161) and provide electric energy which is suitable for operating the electric motors.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/114643 A1



Die Erfindung betrifft ein elektrisches redundantes Antriebssystem (100) für ein Vortriebsmittel eines Luftfahrzeugs sowie ein Verfahren zum Antreiben des Vortriebsmittels. Das Antriebssystem weist zwei oder mehr separate Elektromotoren (110, 120) auf, die über ein gemeinsames Getriebe (150) mit dem Vortriebsmittel (210) verbunden sind. Dabei sind die Elektromotoren mit Hilfe von Freiläufen (130, 140) an das Getriebe gekoppelt. Um die Elektromotoren mit elektrischer Energie zu versorgen, ist eine Energiequelle (160) mit einer Leitungselektronikeinheit (162) vorgesehen, wobei die Leistungselektronikeinheit für jeden Elektromotor einen separaten Stromumwandler (163, 164) aufweist. Die Stromumwandler, bspw. Wechsel- oder Umrichter, werden von einer Stromquelle (161) gespeist und stellen die zum Betreiben der Elektromotoren geeignete elektrische Energie bereit.

Beschreibung

Redundantes, elektrisches Antriebssystem zum Antreiben eines
Vortriebsmittels eines Luftfahrzeugs und Verfahren zum An-
5 treiben des Vortriebsmittels

Die Erfindung betrifft ein elektrisches Antriebssystem für
ein Fahrzeug. Insbesondere betrifft die Erfindung ein redun-
dantes elektrisches Antriebssystem zum Bereitstellen von ki-
10 netischer Energie für ein Vortriebsmittel eines Luftfahr-
zeugs.

Zum Antrieb von Luftfahrzeugen, bspw. Flugzeuge oder Helikop-
ter, werden als Alternative zu den gebräuchlichen Verbren-
15 nungskraftmaschinen Konzepte beruhend auf elektrischen An-
triebssystemen untersucht und eingesetzt. Ein derartiges
elektrisches Antriebssystem weist in der Regel zumindest eine
elektrische Maschine auf, die zum Antreiben des Vortriebsmit-
tels des Luftfahrzeugs als Elektromotor betrieben wird. Wei-
20 terhin sind eine entsprechende Quelle elektrischer Energie
zur Versorgung des Elektromotors sowie in der Regel eine
Leistungselektronik vorgesehen, mit deren Hilfe der Elektro-
motor betrieben wird.

25 Beim elektrischen Betreiben des Luftfahrzeugs kann ein Feh-
lerfall im elektrischen Antriebssystem einen Absturz des
Luftfahrzeugs zur Folge haben, verbunden mit entsprechenden
Gefahren für Passagiere und in der Regel einhergehend mit er-
heblichen Sachschäden. Bei dem elektrischen Antriebssystem
30 kann ein Fehler unter anderem im Energiespeicher, der die
elektrische Energie zur Versorgung des Elektromotors liefert,
in der Leistungselektronik, die bspw. u.a. einen Gleichstrom
in einen Wechselstrom für den Elektromotor wandelt, oder im
Elektromotor selbst auftreten. Für den Fall, dass der Fehler
35 in der elektrischen Maschine bzw. im Elektromotor auftritt,
kann es bspw. zu einem Fehlerfall der elektrischen Wicklung
in Form eines Wicklungsschlusses, eines Windungsschlusses
oder eines Masseschlusses etc. kommen, was zu einem Fehlver-

halten bspw. in Form eines Überstroms oder einer Überhitzung führen kann.

Um die genannten Risiken aufgrund eines Fehlerfalls im elektrischen Antriebssystem zu reduzieren, ist es unabdingbar, das
5 Luftfahrzeug mit einem redundanten Antriebssystem zu betreiben. Dabei bedeutet der Begriff „redundant“ im Allgemeinen, dass durch eine mehrfache Ausführung von Komponenten eine erhöhte Sicherheit gegen einen Fehlerfall erreicht wird. Bei
10 Ausfall der elektrischen Maschine oder der Leistungselektronik muss ein Notbetrieb möglich sein, um die Auswirkungen des Fehlerfalls niedrig zu halten. Ein gängiges Konzept zur Erzielung einer Redundanz des Elektromotors liegt darin, den Motor mit zwei oder sogar mehr Wicklungssystemen auszustat-
15 ten. Auch bei dieser Lösung ergeben sich jedoch sicherheitskritische Probleme, wenn es zu einem Fehlerfall in der Mechanik des Elektromotors kommt, bspw. zu einem Blockieren des Rotors.

20 Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, einen Ansatz für ein hinsichtlich der Redundanz verbessertes Konzept für ein elektrisches Antriebssystem eines Luftfahrzeugs bereitzustellen.

25 Diese Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 beschriebene Antriebssystem sowie durch das in Anspruch 7 beschriebene Verfahren gelöst. Die Unteransprüche beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen.

30 Ein elektrisches, redundantes Antriebssystem zum Antreiben eines Vortriebsmittels, insbesondere eines Propellers, eines Luftfahrzeugs weist eine Vielzahl von elektrischen Maschinen zum Antreiben des Vortriebsmittels und ein gemeinsames Ge-
triebe auf. Jede der elektrischen Maschinen ist derart über
35 das gemeinsame Getriebe mechanisch mit dem Vortriebsmittel verbunden, dass eine von der jeweiligen elektrischen Maschine in Form einer Rotationsbewegung bereitgestellte kinetische Energie durch das gemeinsame Getriebe an das Vortriebsmittel

übertragbar ist. Die entsprechenden elektrischen Maschinen sind also insbesondere als Elektromotoren nutzbar, wenn kinetische Energie an das Vortriebsmittel geliefert werden soll.

5 Die Problematik wird demnach durch eine redundante Ausführung des elektrischen Teils des Antriebssystems gelöst, im Speziellen durch den Einsatz von zwei oder mehr Elektromotoren. Diese sind über ein gemeinsames Getriebe mit dem Vortriebsmittel verbunden, bspw. mit einem Propeller. Redundant bedeutet hierbei, dass durch eine mehrfache Ausführung von Komponenten des Antriebssystems eine erhöhte Sicherheit gegen Ausfall erreicht wird.

Das Konzept beruht darauf, dass mehrere Elektromotoren einen direkten mechanischen Antrieb über ein gemeinsames Getriebe zum Propeller herstellen. Durch die Möglichkeit der Variation der Anzahl der Elektromotoren des Antriebssystems wird auch die Leistungsanforderung variierbar bzw. skalierbar und damit an die jeweilige Antriebssituation, die sich bspw. aufgrund der Größe des Luftfahrzeugs ergibt, anpassbar. Der Elektromotor mit der jeweiligen Leistungselektronik wird in gleicher Ausführung mehrfach eingesetzt, während sich die jeweilige Anpassungsarbeit an die Antriebssituation hauptsächlich auf die Zusammenfassung der Leistungen der Motoren in das gemeinsame Getriebe beschränkt.

Die Vorteile ergeben sich aus der unkonventionellen Anordnung und Anbindung der Elektromotoren im Antriebssystem. Letzteres besteht darin, dass zwei oder mehr vollständig redundante elektrische Antriebsstränge, die jeweils zumindest eine elektrische Energiequelle mit einer Stromquelle und einem Stromumwandler sowie einen Elektromotor aufweisen, jeweils mit Hilfe eines Freilaufs und über ein gemeinsames Getriebe an das Vortriebsmittel gekoppelt sind. Die Motoren können gleichzeitig in Betrieb sein, und beim Ausfall eines Motors können der oder die restlichen Motoren den Weiterflug bzw. eine Landung ermöglichen.

Ein weiterer Vorteil des Konzepts der Verwendung von mehreren Motoren ergibt sich aus der Beschränkung der Designmöglichkeiten des Antriebssystems in Bezug auf den vorhandenen Bauraum im Luftfahrzeug. Bei einem einzelnen Motor mit großem Durchmesser sind die Möglichkeiten der Positionierung der Komponenten des Antriebssystems nicht so flexibel möglich wie bei mehreren Motoren mit kleinem Durchmesser.

Das Antriebssystem weist eine Energiequelle zur Versorgung der elektrischen Maschinen mit elektrischer Energie zum Betreiben der elektrischen Maschinen auf, wobei die elektrischen Maschinen die elektrische Energie in die kinetische Energie zur Übertragung an das Vortriebsmittel umwandeln. Die Energiequelle weist ihrerseits eine Stromquelle zur Bereitstellung der elektrischen Energie und eine Leistungselektronikeinheit zur Versorgung der elektrischen Maschinen mit einer zum Betreiben der elektrischen Maschinen bzgl. Amplitude und/oder ggf. Frequenz geeigneten elektrischen Spannung auf. Die Leistungselektronikeinheit verarbeitet die von der Stromquelle bereitgestellte elektrische Energie in die zum Betreiben der elektrischen Maschinen geeignete elektrische Spannung bzw. in einen entsprechend geeigneten elektrischen Strom. Dabei meint der Begriff „verarbeiten“, dass die Leistungselektronikeinheit je nach Ausbildung von Stromquelle und der elektrischen Maschinen wechselrichtet oder umrichtet. Hierzu kann die Leistungselektronikeinheit je nach Ausbildung der Stromquelle als Gleich- oder Wechselstromquelle und der elektrischen Maschinen als Gleich- oder Wechselstrommotor bspw. Wechselrichter oder Umrichter aufweisen. Die geeignete elektrische Spannung wird schließlich den elektrischen Maschinen zugeführt, um diese anzutreiben.

Die Leistungselektronikeinheit weist zur weiteren Verbesserung der Redundanz für jede elektrische Maschine jeweils einen separaten Stromumwandler auf, wobei also jeder elektrischen Maschine ein Stromumwandler zugeordnet ist. Jeder der Stromumwandler ist eingerichtet, um die von der Stromquelle zur Verfügung gestellte elektrische Energie in die für die

jeweilige, dem Stromumwandler zugeordnete elektrische Maschine geeignete elektrische Spannung zu verarbeiten. Die Stromumwandler sind dabei voneinander unabhängig, d.h. redundant, so dass ein Ausfall eines der Stromumwandler nicht die Funktion des oder der übrigen Stromumwandler beeinflusst.

Für den Fall, dass die Stromquelle eine Gleichstromquelle ist und die elektrischen Maschinen bzw. Elektromotoren Gleichstrommotoren sind, sind die Stromumwandler als Gleichspannungswandler ausgebildet, die die von der Stromquelle bereitgestellte Gleichspannung in die zum Betreiben der Elektromotoren benötigte Gleichspannung umformen.

Für den Fall, dass die Stromquelle eine Gleichstromquelle ist und die Elektromotoren Wechselstrommotoren sind, sind die Stromumwandler als Wechselrichter ausgebildet, die die von der Stromquelle bereitgestellte Gleichspannung in die zum Betreiben der Elektromotoren benötigte Wechselspannung wechselrichten.

Für den Fall, dass die Stromquelle eine Wechselstromquelle ist und die Elektromotoren Gleichstrommotoren sind, sind die Stromumwandler als Gleichrichter ausgebildet, die die von der Stromquelle bereitgestellte Wechselspannung in die zum Betreiben der Elektromotoren benötigte Gleichspannung gleichrichten.

Für den Fall, dass die Stromquelle eine Wechselstromquelle ist und die Elektromotoren Wechselstrommotoren sind, sind die Stromumwandler als Umrichter ausgebildet, die die von der Stromquelle bereitgestellte Wechselspannung in die zum Betreiben der Elektromotoren benötigte Wechselspannung umrichten.

Die Stromumwandler sind räumlich voneinander getrennt und in größtmöglicher Nähe zu der jeweils zugeordneten elektrischen Maschine angeordnet. Dies kann sich bspw. darin niederschlagen, dass jeder Stromumwandler näher an der ihm zugeordneten

elektrischen Maschine angeordnet ist, als an den übrigen Stromumwandlern. Hiermit ergibt sich eine größtmögliche Flexibilität hinsichtlich des für das Antriebssystem benötigten Bauraums.

5

Das Antriebssystem kann als hybrides, insbesondere als seriell-hybrides Antriebssystem ausgebildet sein. In diesem Fall weist die Energiequelle einen Verbrennungsmotor auf und die Stromquelle ist ein von dem Verbrennungsmotor antreibbarer Generator, der die zum Betreiben der elektrischen Maschinen benötigte elektrische Energie bereitstellt, sobald er vom Verbrennungsmotor angetrieben wird.

Alternativ kann die Stromquelle eine Batterie oder eine Brennstoffzelle sein, welche die elektrische Energie in Form einer Gleichspannung bereitstellt. In diesem Fall ist die Stromquelle also eine Gleichstromquelle. Je nach Ausbildung der elektrischen Maschinen als Gleichstrommotoren oder als Wechselstrommotoren sind die Stromumwandler dementsprechend wie oben erwähnt als Gleichspannungswandler oder als Wechselrichter ausgebildet, um die zum Betreiben der elektrischen Maschinen benötigte Gleich- oder Wechselspannung bereitzustellen.

Vorteilhafterweise ist jede der elektrischen Maschinen jeweils mit Hilfe eines separaten Freilaufs an das gemeinsame Getriebe gekoppelt, d.h. jeder elektrischen Maschine ist ein Freilauf zugeordnet. Durch die Verwendung der Freiläufe wird erreicht, dass jeder der Elektromotoren mechanisch vom gemeinsamen Getriebe entkoppelt werden kann, so dass bspw. ein Blockieren eines Motors die Funktion des oder der anderen Motoren nicht beeinflusst, da im Fall des Blockierens der jeweilige Freilauf die mechanische Verbindung zwischen dem jeweiligen Elektromotor und dem gemeinsamen Getriebe löst.

35

In einer alternativen Ausführung des Antriebssystems ist zumindest eine erste elektrische Maschine der Vielzahl von elektrischen Maschinen, aber nicht sämtliche elektrische Ma-

schinen, mit Hilfe eines Freilaufs an das gemeinsame Getriebe gekoppelt, um den oben genannten Vorteil zu erzielen. Zumindest eine zweite elektrische Maschine der Vielzahl von elektrischen Maschinen, die zudem derart eingerichtet ist, dass sie nicht nur als Elektromotor, sondern auch als Generator genutzt werden kann, ist jedoch derart und insbesondere ohne Freilauf an das Getriebe gekoppelt und dabei als elektrische Maschine in einem Generatorbetrieb verwendbar, dass das Antriebssystem mit der zweiten elektrischen Maschinen in einem Rekuperationsbetrieb betrieben werden kann.

Die zweite elektrische Maschine ist also wahlweise als Elektromotor zur Bereitstellung der kinetischen Energie betreibbar, so dass sie zur Redundanz des Antriebssystems beiträgt. Außerdem kann sie als Generator zur Bereitstellung elektrischer Energie betrieben werden. Dabei erlaubt der Generatorbetrieb der zweiten Maschine, dass das Antriebssystem in einem Rekuperationsbetrieb verwendet werden kann. Die so bereitgestellte elektrische Energie kann bspw. in einer Batterie gespeichert werden.

Im Rekuperationsbetrieb des Antriebssystems wird das Vortriebsmittel nicht mit kinetischer Energie von den Elektromotoren versorgt, sondern die Richtung des Leistungsflusses ist umgekehrt, d.h. vom Vortriebsmittel zum Elektromotor bzw. zur elektrischen Maschine. Das Vortriebsmittel, das in diesem Fall aufgrund der Eigenbewegung des Luftfahrzeugs durch die Luft angetrieben wird, treibt seinerseits die entsprechend als Generator konfigurierte elektrische Maschine an, die ihrerseits somit elektrischen Strom bereitstellt. Da der Begriff des Rekuperationsbetriebes im Zusammenhang mit elektrischen Antrieben bekannt ist, wird auf die Angabe weiterer Details verzichtet.

Einerseits wird durch die Verwendung des Freilaufs der ersten elektrischen Maschine erreicht, dass der entsprechende Elektromotor mechanisch vom gemeinsamen Getriebe entkoppelt werden kann, so dass bspw. ein Blockieren dieser elektrischen Ma-

schine bzw. dieses Motors die Funktion des oder der anderen elektrischen Maschinen nicht beeinflusst, da im Fall des Blockierens der jeweilige Freilauf die mechanische Verbindung zwischen dem jeweiligen Elektromotor und dem gemeinsamen Getriebe löst. Der über den Freilauf an das Getriebe gekoppelte Motor wird in dieser Ausführungsform idealerweise als Hauptmotor zum Antrieb verwendet, während die übrigen elektrischen Maschinen, die insbesondere ohne Freilauf an das Getriebe gekoppelt sind, bspw. nur dann zum Einsatz kommen, wenn ein Rekuperationsbetrieb gewünscht ist und/oder wenn für die über Freiläufe an das Getriebe gekoppelten Motoren ein Fehlerfall eingetreten ist. Damit ist die Redundanz weiterhin gewährleistet, da bei einem Ausfall des Hauptmotors die eigentlich zum Rekuperationsbetrieb gedachte elektrische Maschine als Elektromotor konfiguriert werden kann.

Die elektrischen Maschinen sind in einer axialen Richtung des Antriebssystems an der gleichen Position und in einer zur axialen Richtung senkrechten Richtung zueinander benachbart, also nebeneinander, angeordnet. Die axiale Richtung des Antriebssystems wird bspw. definiert durch die Ausrichtung der Welle, die das Getriebe mit dem Propeller verbindet. Hierdurch wird eine kompakte Bauform ermöglicht.

Im Rahmen eines Verfahrens zum Antreiben eines Vortriebsmittels eines Luftfahrzeugs mit Hilfe eines elektrischen, redundanten Antriebssystems, wobei das Antriebssystem eine Vielzahl von elektrischen Maschinen zum Antreiben des Vortriebsmittels und ein gemeinsames Getriebe aufweist, wobei jede der elektrischen Maschinen über das gemeinsame Getriebe mechanisch mit dem Vortriebsmittel verbunden ist, wird eine von der jeweiligen elektrischen Maschine in Form einer Rotationsbewegung bereitgestellte kinetische Energie durch das gemeinsame Getriebe an das Vortriebsmittel übertragen, so dass dieses in Rotation versetzt wird.

Eine Stromquelle stellt elektrische Energie bereit und eine Leistungselektronikeinheit verarbeitet die bereitgestellte

elektrische Energie in zum Betreiben der elektrischen Maschinen geeignete elektrische Spannungen.

Die Leistungselektronikeinheit weist für jede elektrische Maschine jeweils einen separaten Stromumwandler auf, wobei jeder der Stromumwandler die von der Stromquelle zur Verfügung gestellte elektrische Energie in die für die jeweilige, dem Stromumwandler zugeordnete elektrische Maschine geeignete elektrische Spannung verarbeitet.

10

Das Antriebssystem kann ein hybrides, insbesondere ein seriell-hybrides Antriebssystem sein, wobei die Stromquelle ein Generator ist, der zum Bereitstellen der elektrischen Energie von einem Verbrennungsmotor angetrieben wird.

15

Im Folgenden werden die Erfindung und beispielhafte Ausführungsformen anhand einer Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

20

FIG 1 ein redundantes, elektrisches Antriebssystem eines Flugzeugs mit einer Stromquelle in einer ersten Variante,

25

FIG 2 das redundante, elektrische Antriebssystem mit einer Stromquelle in einer zweiten Variante,

FIG 3 das redundante, elektrische Antriebssystem mit einer gemeinsamen Leistungselektronik,

30

FIG 4 das redundante, elektrische Antriebssystem der FIG 1 in einer weiteren Ausführungsform,

35

FIG 5 eine erste mögliche Anordnung von Komponenten des Antriebssystems,

FIG 6 eine zweite mögliche Anordnung von Komponenten des Antriebssystems,

FIG 7 eine dritte mögliche Anordnung von Komponenten des Antriebssystems,

5 FIG 8 eine vierte mögliche Anordnung von Komponenten des Antriebssystems,

FIG 9 eine fünfte mögliche Anordnung von Komponenten des Antriebssystems.

10 Gleiche Bezugszeichen in verschiedenen Figuren kennzeichnen gleiche Komponenten.

Im Folgenden soll mit einer mechanischen Verbindung zweier Komponenten oder Bauteile eine Verbindung gemeint sein, die
15 die Übertragung von kinetischer Energie, bspw. Rotationsenergie, von einer der Komponenten an die andere erlaubt. In der Praxis bedeutet die Übertragung der kinetischen Energie bspw. von einem Motor an einen Propeller, dass eine von dem Motor in Rotation versetzte Welle den Propeller antreibt, so dass
20 die vom Motor zur Verfügung gestellte kinetische Rotationsenergie derart umgesetzt wird, dass der Propeller seinerseits in Rotation versetzt wird und ihm demnach eine kinetische Energie zugeführt wurde.

25 In analoger Weise erlaubt eine elektrische Verbindung zweier Komponenten die Übertragung elektrischer Energie von einer Komponente zur anderen.

Im Falle der mechanischen Verbindung sind die verbundenen
30 Komponenten über geeignete Bauteile mechanisch miteinander verbunden. Die geeigneten Bauteile können bspw. Wellen, Achsen, Getriebe etc. sein. Eine elektrische Verbindung kann bspw. mit Hilfe eines Kabels realisiert werden.

35 Die mechanischen bzw. elektrischen Verbindungen sind in den Figuren bis auf wenige Ausnahmen der Übersichtlichkeit wegen nicht mit individuellen Bezugszeichen versehen.

Die FIG 1 zeigt in schematischer Darstellung ein elektrisches Antriebssystem 100 für ein Luftfahrzeug. Dabei ist das Luftfahrzeug selbst nicht im Detail dargestellt. Es kann sich bspw. um ein Flugzeug oder um einen Helikopter handeln. Das Luftfahrzeug kann mit Hilfe eines Vortriebsmittels 200 in Bewegung versetzt werden, wobei das Vortriebsmittel 200 insbesondere einen Propeller 210 sowie ggf. ein Lager 220 zur Lagerung des Propellers 210 aufweist. Je nach Ausbildung des Luftfahrzeugs kann der Propeller 210 um eine im Wesentlichen horizontale oder vertikale Achse rotierbar sein, was für die hier vorliegende Erfindung aber keine weitere Rolle spielt.

Der Propeller 210 wird über eine Welle 230 angetrieben, welche ihrerseits mit Hilfe einer ersten, als Elektromotor konfigurierten elektrischen Maschine 110 bzw. einer zweiten, ebenfalls als Elektromotor konfigurierten elektrischen Maschine 120 des Antriebssystems 100 in Rotation versetzt wird. Die Elektromotoren 110, 120 sind jedoch nicht direkt mit der Welle 230 verbunden, sondern über ein gemeinsames Getriebe 150 des Antriebssystems 100. Das gemeinsame Getriebe 150 kann bspw. als Umlaufrädergetriebe, bspw. als Planetengetriebe, oder als Stirnradgetriebe ausgebildet sein. Die grundsätzliche Anforderung an das gemeinsame Getriebe 150 liegt darin, dass sowohl eine vom ersten Elektromotor 110 als auch eine vom zweiten Elektromotor 120 in Form einer Rotationsbewegung bereitgestellte kinetische Energie durch das Getriebe 150 auf die Welle 230 und schließlich an den Propeller 210 übertragen werden kann. Dementsprechend weist das Getriebe 150 eine der Anzahl der Elektromotoren 110, 120 entsprechende Anzahl von sog. Getriebe-Antrieben 151, 152 auf, wobei der erste Elektromotor 110 an den ersten Getriebe-Antrieb 151 gekoppelt ist und der zweite Elektromotor 120 an den zweiten Getriebe-Antrieb 152 gekoppelt ist, um jeweils kinetische Energie von den Elektromotoren 110, 120 auf das Getriebe 150 zu übertragen bzw. dort einzuspeisen. Desweiteren weist das Getriebe 150 einen Getriebe-Abtrieb 159 auf, mit dem die Welle 230 verbunden ist, so dass kinetische Energie vom Getriebe 150 auf die Welle und damit auf den Propeller 210 übertragen wer-

den kann. Die Antriebe 151, 152 sowie der Abtrieb 159 sind im Getriebe 150 in an sich bekannter Weise miteinander verbunden (nicht dargestellt), um die Übertragung der kinetischen Energie vom jeweiligen Elektromotor 110, 120 zur Welle 230 zu ermöglichen.

Die Ausrichtung der Welle 230 soll eine „axiale“ Richtung des Antriebssystems 100 definieren. Dementsprechend bezieht sich auch der Begriff „radial“ auf die Welle 230.

10

Durch den Einsatz des Getriebes 150 können die Motoren 110, 120 mit höherer Drehzahl und geringerem Moment ausgeführt werden, als bei einem direkten Anschluss an die Welle 230. Die Motoren 110, 120 können somit aufgrund der geringeren auftretenden Kräfte vergleichsweise klein und kompakt ausgeführt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Anordnung der kleineren Motoren 110, 120 mit geringerem Durchmesser flexibler erfolgen kann. Dies wird in den FIG 5-9 anhand einiger Beispiele dargestellt. Somit ist man bezüglich des Bauraums und der Anbindung des Propellerlagers 220 an das Luftfahrzeug weniger eingeschränkt. Desweiteren treten die hohen Drehmomente und Kräfte erst am letzten Zahnrad des Getriebes 150 bzw. an der Propellerwelle 230 auf. Somit kann in den vorgelegerten Bauteilen Gewicht gespart werden.

25

Der erste Elektromotor 110 ist mechanisch mit dem Getriebe 150 verbunden, um kinetische Energie auf das Getriebe 150 zu übertragen. Vorzugsweise ist der erste Elektromotor 110 mit Hilfe eines ersten Freilaufs 130 an das Getriebe 150 gekoppelt. Hierzu ist eine ausgangsseitige Welle 111 des ersten Elektromotors 110, die durch den Elektromotor 110 in Rotation versetzbar ist, an den ersten Freilauf 130 gekoppelt, während eine ausgangsseitige Welle 131 des ersten Freilaufs 130 fest mit dem Getriebe 150 bzw. mit dessen ersten Getriebe-Antrieb 151 gekoppelt ist.

35

Der erste Freilauf 130 ist derart ausgebildet, dass er die mechanische Verbindung zur Übertragung kinetischer Energie

zwischen dem ersten Elektromotor 110 und dem Getriebe 150
bspw. dann löst, wenn die Drehzahl des Elektromotors 110 ge-
ringer ist als die Drehzahl an der Anschlussstelle des ersten
Freilaufs 130 an das Getriebe 150. Bspw. löst der erste Frei-
5 lauf 130 die mechanische Verbindung zwischen dem ersten
Elektromotor 110 und dem gemeinsamen Getriebe 150, wenn die
ausgangsseitige Welle 111 des ersten Elektromotors 110 lang-
samer dreht als die ausgangsseitige Welle 131 des ersten
Freilaufs 130.

10

In analoger Weise ist der zweite Elektromotor 120 mit Hilfe
eines zweiten Freilaufs 140 und über Wellen 121, 141 mit dem
Getriebe 150 bzw. mit dessen zweiten Getriebe-Antrieb 152 ge-
koppelt. Die Funktionsweise des zweiten Freilaufs entspricht
15 derjenigen des ersten Freilaufs 130.

Durch die Verwendung der Freiläufe 130, 140 wird erreicht,
dass jeder der beiden Elektromotoren 110, 120 mechanisch vom
gemeinsamen Getriebe 150 entkoppelt werden kann, so dass
20 bspw. ein Blockieren eines Motors 110, 120 die Funktion des
anderen Motors 120, 110 nicht beeinflusst, da im Fall des
Blockierens der jeweilige Freilauf 130, 140 die mechanische
Verbindung zwischen dem jeweiligen Elektromotor 110, 120 und
dem gemeinsamen Getriebe 150 löst.

25

Zum Betrieb der Elektromotoren 110, 120 bzw. zur Versorgung
der Elektromotoren 110, 120 mit elektrischer Energie weist
das Antriebssystem 100 eine Energiequelle 160 auf. Die elekt-
rische Energie zur Versorgung der Elektromotoren 110, 120
30 liegt typischerweise, aber nicht notwendigerweise, in Form
von Wechselstrom bzw. Wechselspannung vor und die Elektromo-
toren 110, 120 arbeiten dementsprechend jeweils nach dem
Prinzip eines Wechselstrommotors. Für den Fall, dass die
Energiequelle 160 einen Gleichstrom zur Verfügung stellt,
35 sind die Elektromotoren 110, 120 als Gleichstrommotoren aus-
gebildet. Im Folgenden wird jedoch exemplarisch davon ausge-
gangen, dass die Energiequelle 160 eine Wechselspannung be-
reitstellt. In jedem Fall wird die elektrische Energie von

einer Stromquelle 161 der Energiequelle 160 zur Verfügung gestellt.

Die Stromquelle 161 kann in einer ersten, der FIG 1 dargestellten Variante eine Batterie oder eine Brennstoffzelle sein, die eine Gleichspannung zur Verfügung stellt. In dieser ersten Variante verfügt die Energiequelle 160 weiterhin über eine Leistungselektronikeinheit 162, die die von der Batterie bzw. Brennstoffzelle 161 zur Verfügung gestellte Gleichspannung in eine zum Betreiben der Elektromotoren 110, 120 geeignete Wechselspannung wechselrichtet. Dabei können bspw. Frequenz und/oder Amplitude der Wechselspannung an die Anforderungen der Elektromotoren 110, 120 angepasst werden. Diese Wechselspannung wird schließlich den Elektromotoren 110, 120 zugeführt, um diese anzutreiben.

Die Leistungselektronikeinheit 162 weist zu diesem Zweck bevorzugt für jeden Elektromotor 110, 120 einen separaten Wechselrichter 163, 164 auf, d.h. der erste Elektromotor 110 wird mit Hilfe eines ersten Wechselrichters 163 mit elektrischer Energie versorgt, während der zweite Elektromotor 120 mit Hilfe eines zweiten Wechselrichters 164 mit elektrischer Energie versorgt wird. Die Wechselrichter 163, 164 bewirken jeweils ein Wechselrichten der von der Batterie 161 zur Verfügung gestellten Gleichspannung in die für den Betrieb des jeweiligen Elektromotors 110, 120 geeigneten Wechselspannungen. Die beiden Wechselrichter 163, 164 arbeiten dabei unabhängig voneinander, d.h. ein Ausfall eines der beiden Wechselrichter beeinflusst nicht die Funktion des jeweils anderen Wechselrichters.

Die Stromquelle 161 kann in einer zweiten Variante, die in der FIG 2 dargestellt ist, eine Wechselstromquelle sein, die eine Wechselspannung zur Verfügung stellt. Bspw. kann die Stromquelle 161 in diesem Fall ein Generator sein. Dieses Konzept kann in Form eines seriell-hybriden Antriebssystems 100 realisiert werden, bei dem der genannte Generator 161 durch einen Verbrennungsmotor 165 angetrieben wird und da-

durch schließlich, wie bereits erwähnt, die Wechselspannung zum Betreiben der Elektromotoren 110, 120 bereitstellt. Die ggf. erforderliche Leistungselektronikeinheit 162 weist in diesem Fall für jeden Elektromotor 110, 120 jeweils einen Umrichter 163, 164 auf, der ggf. die vom Generator 161 zur Verfügung gestellte Wechselspannung in eine zum Betreiben des jeweiligen Elektromotors 110, 120 geeignete Wechselspannung umrichtet.

10 Wechsel- bzw. Umrichter 163, 164 können unter dem Begriff Stromumwandler 163, 164 zusammengefasst werden. Die Ausführung der Stromumwandler 163, 164 als Wechselrichter bzw. als Umrichter hängt von der Art der Stromquelle 161 ab. Für den Fall, dass der dem jeweiligen Stromumwandler 163, 164 zugeführte Strom ein Gleichstrom ist, muss der Stromumwandler 15 163, 164 als Wechselrichter ausgebildet sein. Für den anderen Fall, bei dem der dem jeweiligen Stromumwandler 163, 164 zugeführte Strom ein Wechselstrom ist, muss der Stromumwandler 163, 164 als Umrichter ausgebildet sein. In beiden Fällen 20 stellt der Stromumwandler 163, 164 einen Wechselstrom zur Verfügung, der letztlich den Elektromotoren 110, 120 zugeführt wird. Im Prinzip könnte für den Fall, dass der Generator 161 bereits eine Wechselspannung bereitstellt, die bzgl. Frequenz und Amplitude zum Betreiben der Elektromotoren 110, 25 120 geeignet ist, könnte auf die Umrichter 163, 164 verzichtet werden. Das Vorsehen der Umrichter bietet jedoch den Vorteil erhöhter Flexibilität.

Wie oben erwähnt kann die Energiequelle 160 alternativ eine Gleichspannung zur Verfügung stellen und die Elektromotoren 30 110, 120 sind als Gleichstrommotoren ausgebildet. In diesem Fall wären die Stromumwandler 163, 164 als Gleichspannungswandler ausgebildet, die eine von der Stromquelle 161 bereitgestellte Gleichspannung in die zum Betreiben der Elektromotoren 110, 120 benötigte Gleichspannung umformen. 35

Beiden Varianten der Stromquelle 161 der FIG 1, 2 ist gemeinsam, dass die Energiequelle 160 die zum Betreiben der Elekt-

romotoren 110, 120 benötigte und geeignete elektrische Energie zur Verfügung stellt. Dabei weist die Leistungselektronikeinheit 162 bevorzugt, aber nicht notwendigerweise, für jeden zu versorgenden Elektromotor 110, 120 einen separaten Stromumwandler 163, 164 auf.

Die redundante Auslegung der Leistungselektronik 162 mit jeweils einem eigenen Stromumwandler 163, 164 für jeden Elektromotor 110, 120 bietet den Vorteil, dass auch beim Ausfall eines der Stromumwandler 163, 164 der jeweils andere Stromumwandler 163, 164 und mit ihm das Antriebssystem 100 weiter funktionstüchtig ist. Es ist jedoch auch denkbar, dass die Elektromotoren 110, 120 über eine gemeinsame Leistungselektronik 162 bzw. einen gemeinsamen Stromumwandler 162 versorgt werden. Diese Möglichkeit ist in Kombination mit der Stromquelle 161 in der ersten Variante in der FIG 3 dargestellt, es kann für diese Ausführungsform jedoch auch die Stromquelle 161 in der zweiten Variante verwendet werden.

Die in der FIG 4 dargestellte Ausführungsform basiert auf dem in der FIG 1 gezeigten Antriebssystem 100 mit der Stromquelle 161 in der ersten Variante, d.h. als Batterie. Im Unterschied zur Ausführungsform der FIG 1 ist die zweite elektrische Maschine 120 nicht über einen Freilauf an das Getriebe 150 gekoppelt. Zudem ist die zweite elektrische Maschine 120 derart eingerichtet, dass sie nicht nur als Elektromotor, sondern auch als Generator genutzt werden kann. Dementsprechend ist sie derart und insbesondere ohne den Freilauf an das Getriebe 150 gekoppelt und dabei in einem Generatorbetrieb verwendbar, dass das Antriebssystem 100 mit der zweiten elektrischen Maschinen 120 in einem Rekuperationsbetrieb betrieben werden kann.

Je nach Bedarf und Betriebssituation kann die zweite elektrische Maschine 120 also wahlweise als Elektromotor zur Bereitstellung der kinetischen Energie für den Propeller 210 betrieben werden, so dass sie zur Redundanz des Antriebssystems 100 beiträgt. Außerdem kann sie in einem Generatorbetrieb als

Generator zur Bereitstellung elektrischer Energie betrieben werden. Dabei erlaubt der Generatorbetrieb der zweiten Maschine 120, dass das Antriebssystem 100 in einem Rekuperationsbetrieb verwendet werden kann. Die so bereitgestellte elektrische Energie kann bspw. in der Batterie 161 gespeichert werden.

Mit Hilfe einer Steuerung 180 des Antriebssystems 100 kann je nach Bedarf zwischen Generatorbetrieb und Elektromotorbetrieb der zweiten elektrischen Maschine 120 umgeschaltet werden. Im Elektromotorbetrieb wird die zweite elektrische Maschine 120 derart verwendet, dass sie wie im Zusammenhang mit den FIG 1-3 beschrieben dem Getriebe 150 bzw. dem Vortriebsmittel 200 kinetische Energie zur Verfügung stellen kann. Im Generatorbetrieb der zweiten elektrischen Maschine 120 bzw. im Rekuperationsbetrieb des Antriebssystems 100 wird kinetische Energie vom Vortriebsmittel 200 in die zweite elektrische Maschine 120 eingespeist, so dass diese elektrische Energie bereitstellt. Die bereitgestellte elektrische Energie wird in die Batterie 161 eingespeist und dort zur weiteren Verwendung gespeichert.

Einerseits wird durch die Verwendung des Freilaufs 130 der ersten elektrischen Maschine 110 erreicht, dass der entsprechende Elektromotor 110 mechanisch vom gemeinsamen Getriebe 150 entkoppelt werden kann, so dass bspw. ein Blockieren dieser elektrischen Maschine 110 bzw. dieses Motors 110 die Funktion des oder der anderen elektrischen Maschinen 120 nicht beeinflusst, da im Fall des Blockierens der jeweilige Freilauf 130 die mechanische Verbindung zwischen dem jeweiligen Elektromotor 110 und dem gemeinsamen Getriebe 150 löst. Der über den Freilauf 130 an das Getriebe 150 gekoppelte erste Motor wird in dieser Ausführungsform idealerweise als Hauptmotor zum Antrieb des Vortriebsmittels verwendet, während die zweite elektrische Maschine 120, die insbesondere ohne Freilauf an das Getriebe 150 gekoppelt ist, bspw. nur dann zum Einsatz kommt, wenn der Rekuperationsbetrieb gewünscht ist und/oder wenn für den über den Freilauf 130 an

das Getriebe 150 gekoppelte erste Motor 110 ein Fehlerfall eingetreten ist. Damit ist die Redundanz weiterhin gewährleistet, da bei einem Ausfall des Hauptmotors 110 die eigentlich zum Rekuperationsbetrieb gedachte zweite elektrische Maschine 120 als Elektromotor konfiguriert werden kann.

Die Elektromotoren 110, 120 können in verschiedenen Positionen in dem im Luftfahrzeug vorhandenen Bauraum angeordnet werden. Damit erhält man zusätzliche Freiheitsgrade im Design und kann das Antriebskonzept für verschiedene andere Luftfahrzeugtypen variabel anpassen. Ebenfalls ist es in Abweichung von den FIG 1, 2, 3 dargestellten, einfachen Ausführungen auch denkbar, mehr als 2 Elektromotoren vorzusehen. Idealerweise bleibt es jedoch dabei, dass für jeden Elektromotor ein separater Stromumwandler vorgesehen ist, d.h. die Anzahl der Stromumwandler entspricht der Anzahl der Elektromotoren.

Die FIG 5-9 zeigen jeweils im linken Teil der Abbildung eine Seitenansicht sowie im rechten Teil der Abbildung eine Rückansicht auf das Antriebssystem 100 und das Vortriebsmittel 200, wobei im Falle der Rückansicht die Blickrichtung jeweils entlang der Welle 230 in einer Richtung vom Antriebssystem 100 zum Propeller 210 orientiert ist. In der Rückansicht sind einige Komponenten durch andere verdeckt, bspw. sind die Freiläufe 130, 140 und das Propellerlager 220 nicht sichtbar. Dementsprechend ist in der Seitenansicht bspw. jeweils der erste Elektromotor 110 nicht sichtbar. Darüber hinaus wurde in den FIG 5-9 der Übersichtlichkeit wegen auf Darstellungen von Details wie bspw. Lagern und Wellen verzichtet. Ebenso werden die übrigen Komponenten der Energiequelle 160 in den FIG 5-9 nicht dargestellt.

In den FIG 5-9 sind die jeweils dargestellten Elektromotoren in axialer Richtung an gleicher Position angeordnet. In einer zur axialen Richtung senkrechten Richtung liegen sie nebeneinander bzw. zueinander benachbart.

Die in der FIG 5 dargestellte Anordnung entspricht weitestgehend der in den FIG 1, 2, 3, 4 angedeuteten Situation. Leistungselektronikeinheit 162, Elektromotoren 110, 120, Freiläufe 130, 140, Getriebe 150 und Propeller 210 sind in axialer
5 Richtung hintereinander angeordnet, so dass in radialer Richtung ein vergleichsweise geringer Bauraum benötigt wird, während die Erstreckung in axialer Richtung vergleichsweise groß ist.

10 Die FIG 6 zeigt eine Anordnung, bei der die den Elektromotoren 110, 120 zugeordneten Stromumwandler 163, 164 nicht in einem gemeinsamen Gehäuse der Leistungselektronikeinheit 162 angeordnet sind, sondern in unmittelbarer Nähe des jeweiligen Elektromotors 110, 120. Diese Ausführungsform beinhaltet
15 auch, dass die Stromumwandler 163, 164 in entsprechende Motorgehäuse der Elektromotoren 110, 120 integriert sind.

Die FIG 7 zeigt eine Anordnung, bei der die Elektromotoren 110, 120 bspw. gegenüber der Anordnung der FIG 5, 6 in radialer Richtung versetzt sind, bspw. vertikal nach unten, so
20 dass oberhalb der Motoren 110, 120 zusätzlicher Raum für die Leistungselektronikeinheit 162 bzw. für die Stromumwandler 163, 164 geschaffen wird. Dies ermöglicht eine kompakte Anordnung der Komponenten des Antriebssystems 100.

25 Die FIG 8, 9 zeigen ein Antriebssystem 100, bei dem zur weiteren Verbesserung der Redundanz eine dritte, als Elektromotor konfigurierte elektrische Maschine 170 vorgesehen ist, die über einen dritten Freilauf 180 an das gemeinsame Getriebe 150 angekoppelt ist. Wie bereits erwähnt sind die Motoren
30 110, 120, 170 in axialer Richtung an gleicher Position angeordnet, während sie in einer zur axialen Richtung senkrechten Richtung nebeneinander bzw. zueinander benachbart liegen. Dabei können die Elektromotoren 110, 120, 170 in einer symmetrischen Anordnung bspw. auf dem Umfang eines gedachten Kreises
35 in Umfangsrichtung des Kreises zueinander gleichen Abständen angeordnet sein, wobei der Mittelpunkt des Kreises auf einer Verlängerung der Welle 230 liegt.

Wie oben angedeutet, weist die Energiequelle 160 bzw. deren Leistungselektronik 162 für den dritten Elektromotor idealerweise einen separaten, dritten Stromumwandler 166 auf, der in
5 FIG 8 jedoch nicht dargestellt ist, da er in den gezeigten Ansichten der FIG 8 durch andere Komponenten des Antriebssystems 100 verdeckt ist. Durch den Einsatz des dritten Motors 170 zusätzlich zu den beiden Motoren 110, 120 wird die Redundanz und somit die Gesamtsicherheit des Antriebssystems 100
10 weiter erhöht, da bei einem Ausfall eines der Motoren 110, 120, 170 noch zwei weitere Motoren einen Flugbetrieb ermöglichen.

In der FIG 9 sind die den Elektromotoren 110, 120, 170 zugeordneten Stromumwandler 163, 164, 166 nicht in einem gemeinsamen Gehäuse der Leistungselektronikeinheit 162 angeordnet
15 sind, sondern in größtmöglicher Nähe des jeweiligen Elektromotors 110, 120, 170.

Die in den FIG 5-9 dargestellten Anordnungen sind lediglich beispielhaft und es ist natürlich möglich, die einzelnen Komponenten des Antriebssystems 100 je nach Bedarf und individuellen Gegebenheiten anzuordnen. Bspw. können die einzelnen Stromumwandler 163, 164 bzw. 166 anstatt räumlich gemeinsam
20 bspw. in einem Gehäuse der Leistungselektronikeinheit 162 zusammengefasst zu sein, jeweils in der Nähe desjenigen Elektromotors 110, 120, 170 angeordnet sein, den sie mit elektrischer Energie versorgen. Dies ist in den FIG 6 und 9 angedeutet, wobei in der FIG 9 der dritte Stromumwandler 166 den
25 dritten Elektromotor 170 mit elektrischer Energie in Form einer Wechselspannung versorgt.

Generell ist anzumerken, dass sämtliche im Zusammenhang mit den Figuren eingeführten Komponenten des Antriebssystems 100
35 über eigene Gehäuse verfügen können. Es ist jedoch denkbar, dass mehrere Komponenten in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind, wenn dies bspw. aufgrund der jeweiligen räumlichen Bedingungen notwendig und/oder vorteilhaft ist. Bspw.

kann jeder der Stromumwandler 163, 164, 166 ein eigenes Gehäuse aufweisen. Alternativ können die Stromumwandler 163, 164, 166 in einem gemeinsamen Gehäuse der Leistungselektronikeinheit 162 untergebracht sein. Auch kann jeder der
5 Stromumwandler 163, 164, 166 in einem Motorgehäuse des dem jeweiligen Stromumwandler 163, 164, 166 zugeordneten Motors 110, 120, 170 untergebracht sein. Weiterhin können je nach Anordnung der Motoren 110, 120, 170 und des Getriebes 150 diese Komponenten 110, 120, 170, 150 ein gemeinsamen Gehäuse
10 teilen. Auch das Propellerlager 220 kann bspw. mit dem Getriebegehäuse kombiniert bzw. in dieses integriert werden.

In den Figuren weist das Antriebssystem 100 zum Antreiben des Vortriebsmittels 200 bzw. des Propellers 210 exemplarisch jeweils nur zwei 110, 120 bzw. drei Elektromotoren 110, 120, 170 auf. Generell kann das vorgestellte Konzept natürlich auf eine weitestgehend beliebige Vielzahl von Elektromotoren aus-
15 geweitet werden. Konsequenterweise würde dabei auch die Leistungselektronikeinheit 162 derart ausgelegt, dass für jeden einzelnen Elektromotor ein separater Umrichter bzw. Wechsel-
20 richter vorgesehen ist, um maximale Redundanz zu erzielen.

Patentansprüche

1. Elektrisches, redundantes Antriebssystem (100) zum Antreiben eines Vortriebsmittels (200), insbesondere eines Propellers (210), eines Luftfahrzeugs, aufweisend eine Vielzahl von elektrischen Maschinen (110, 120, 170) zum Antreiben des Vortriebsmittels (200) und ein gemeinsames Getriebe (15), wobei jede der elektrischen Maschinen (110, 120, 170) derart über das gemeinsame Getriebe (150) mechanisch mit dem Vortriebsmittel (200) verbunden ist, dass eine von der jeweiligen elektrischen Maschine (110, 120, 170) bereitgestellte kinetische Energie durch das gemeinsame Getriebe (150) an das Vortriebsmittel (200) übertragbar ist.

2. Antriebssystem (100) nach Anspruch 1, mit einer Energiequelle (160) zur Versorgung der elektrischen Maschinen (110, 120, 170) mit elektrischer Energie zum Betreiben der elektrischen Maschinen (110, 120, 170), wobei die Energiequelle (160) eine Stromquelle (161) zur Bereitstellung der elektrischen Energie und eine Leistungselektronikeinheit (162) zur Versorgung der elektrischen Maschinen (110, 120, 170) mit einer zum Betreiben der elektrischen Maschinen (110, 120, 170) geeigneten elektrischen Spannung aufweist, wobei die Leistungselektronikeinheit (162) die von der Stromquelle (161) bereitgestellte elektrische Energie in die zum Betreiben der elektrischen Maschinen (110, 120, 170) geeignete elektrische Spannung verarbeitet.

3. Antriebssystem (100) nach Anspruch 2, wobei die Leistungselektronikeinheit (162) für jede elektrische Maschine (110, 120, 170) jeweils einen separaten Stromumwandler (163, 164, 166) aufweist, wobei jeder der Stromumwandler (163, 164, 166) eingerichtet ist, um die von der Stromquelle (161) zur Verfügung gestellte elektrische Energie in die für den jeweiligen, dem Stromumwandler (163, 164, 166) zugeordneten Elektromotor (110, 120, 170) geeignete elektrische Spannung zu verarbeiten.

4. Antriebssystem (100) nach Anspruch 3, wobei die Stromumwandler (163, 164, 166) voneinander unabhängig sind.

5 5. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 4, wobei die Stromumwandler (163, 164, 166) räumlich voneinander getrennt und in größtmöglicher Nähe zu der jeweils zugeordneten elektrischen Maschine (110, 120, 179) angeordnet sind.

10 6. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei das Antriebssystem ein hybrides, insbesondere ein seriell-hybrides Antriebssystem ist, wobei die Energiequelle (160) einen Verbrennungsmotor (165) aufweist und die Stromquelle (161) ein von dem Verbrennungsmotor (165) antreibbarer
15 Generator zur Bereitstellung der elektrischen Energie insbesondere in Form einer Wechselspannung ist.

7. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Stromquelle (161) eine Batterie oder eine Brennstoffzelle ist, welche die elektrische Energie in Form einer
20 Gleichspannung bereitstellt.

8. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei jede der elektrischen Maschinen (110, 120, 170) jeweils
25 mit Hilfe eines Freilaufs (130, 140, 180) an das gemeinsame Getriebe (150) gekoppelt ist.

9. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei
30 - zumindest eine erste elektrische Maschine (110) der Vielzahl von elektrischen Maschinen (110, 120, 170) mit Hilfe eines Freilaufs (130) an das gemeinsame Getriebe (150) gekoppelt ist,
- zumindest eine zweite elektrische Maschine (120) der Vielzahl von elektrischen Maschinen (110, 120, 170) derart eingerichtet und an das Getriebe gekoppelt ist, insbesondere ohne Freilauf, dass sie wahlweise in einem Generatorbetrieb oder
35 in einem Elektromotorbetrieb verwendbar ist, so dass das An-

triebssystem mit der zweiten elektrischen Maschine als Generator im Rekuperationsbetrieb betreibbar ist.

10. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
5 wobei die elektrischen Maschinen (110, 120, 170) in einer axialen Richtung des Antriebssystems (100) an der gleichen Position und in einer zur axialen Richtung senkrechten Richtung zueinander benachbart angeordnet sind.

10 11. Verfahren zum Antreiben eines Vortriebsmittels (200) eines Luftfahrzeugs mit Hilfe eines elektrischen, redundanten Antriebssystems (100), wobei das Antriebssystem (100) eine Vielzahl von elektrischen Maschinen (110, 120, 170) zum Antreiben des Vortriebsmittels (200) und ein gemeinsames Ge-
15 triebe (15) aufweist, wobei jede der elektrischen Maschinen (110, 120, 170) über das gemeinsame Getriebe (150) mechanisch mit dem Vortriebsmittel (200) verbunden ist, wobei eine von der jeweiligen elektrischen Maschine (110, 120, 170) bereitgestellte kinetische Energie durch das gemeinsame Getriebe
20 (150) an das Vortriebsmittel (200) übertragen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei eine Stromquelle elektrische Energie bereitstellt und eine Leistungselektronikeinheit die bereitgestellte elektrische Energie in zum Betreiben
25 der elektrischen Maschinen geeignete elektrische Spannungen verarbeitet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Leistungselektronikeinheit (162) für jede elektrische Maschine (110, 120,
30 179) jeweils einen separaten Stromumwandler (163, 164, 166) aufweist, wobei jeder der Stromumwandler (163, 164, 166) die von der Stromquelle (161) zur Verfügung gestellte elektrische Energie in die für die jeweilige, dem Stromumwandler (163, 164, 166) zugeordnete elektrische Maschine (110, 120, 170)
35 geeignete elektrische Spannung verarbeitet.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Antriebssystem ein hybrides, insbesondere ein seriell-

hybrides Antriebssystem ist, wobei die Stromquelle ein Generator ist, der zum Bereitstellen der elektrischen Energie von einem Verbrennungsmotor angetrieben wird.

5 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei zu-
mindest eine erste elektrische Maschine (110) der Vielzahl
von elektrischen Maschinen (110, 120, 170) mit Hilfe eines
Freilaufs (130) an das gemeinsame Getriebe (150) gekoppelt
ist und zumindest eine zweite elektrische Maschine (120) der
10 Vielzahl von elektrischen Maschinen (110, 120, 170) wahlweise
in einem Generatorbetrieb oder in einem Elektromotorbetrieb
verwendet wird, so dass das Antriebssystem mit der zweiten
elektrischen Maschine als Generator im Rekuperationsbetrieb
betrieben werden kann.

15

FIG 1

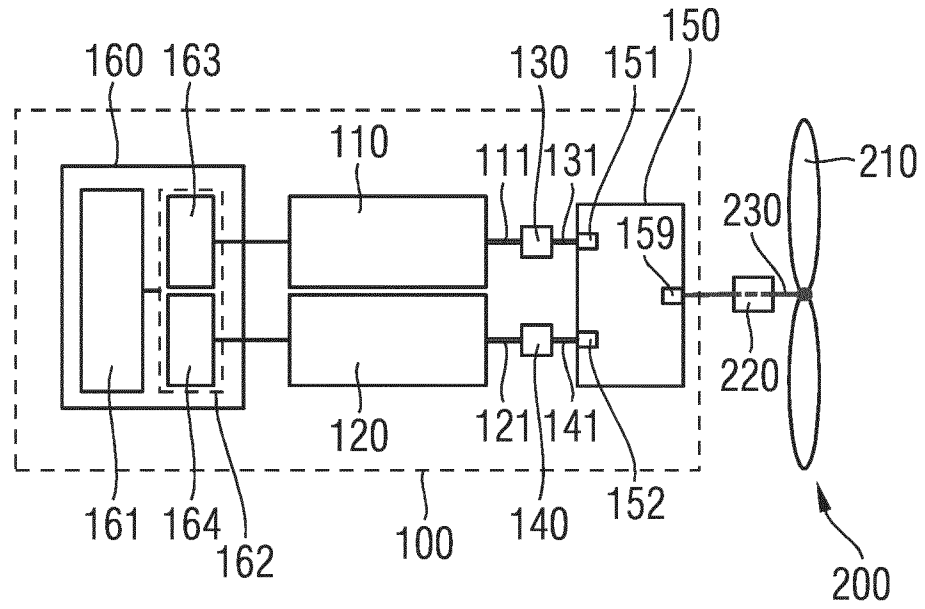


FIG 2

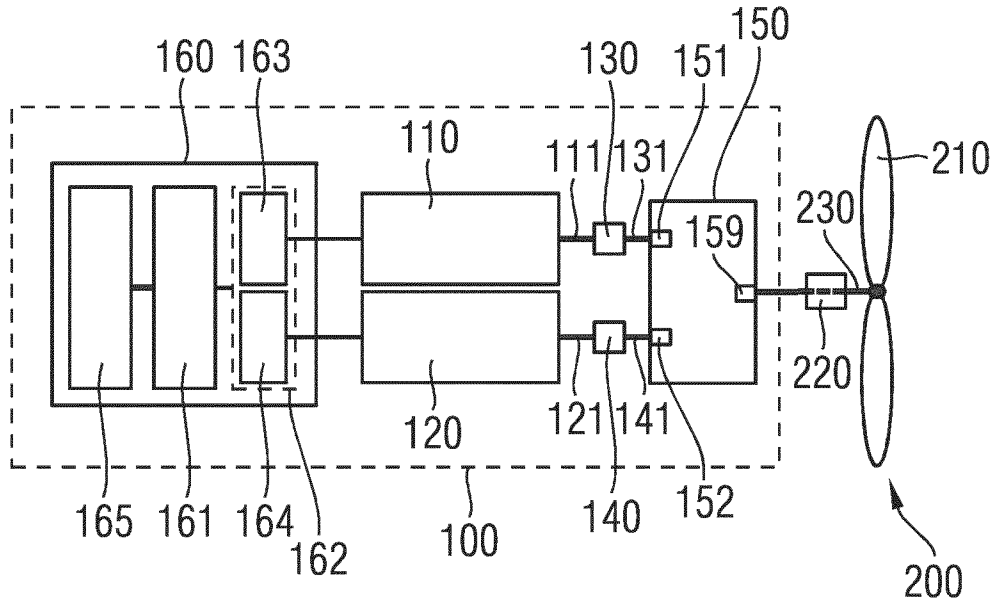


FIG 3

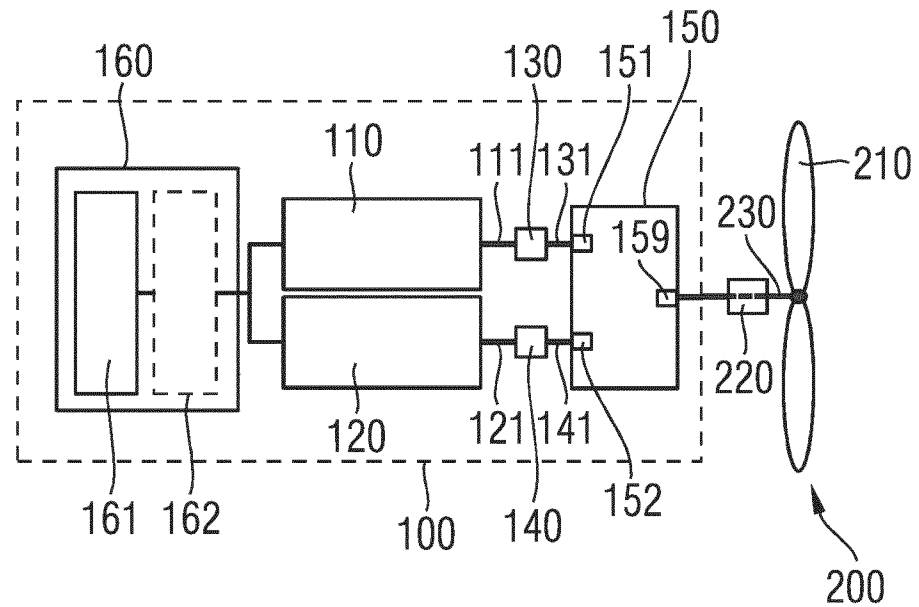


FIG 4

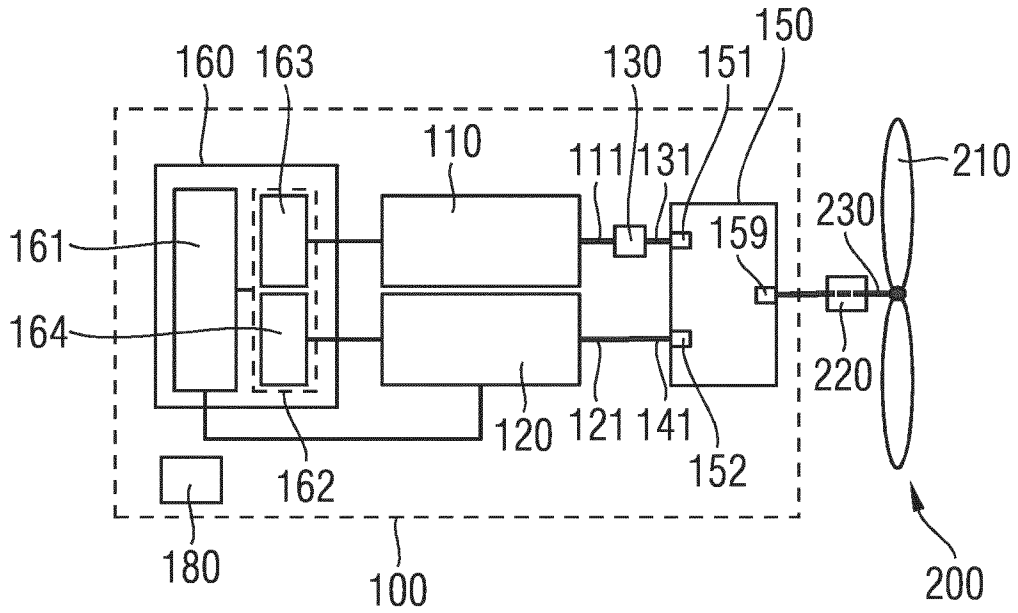


FIG 5

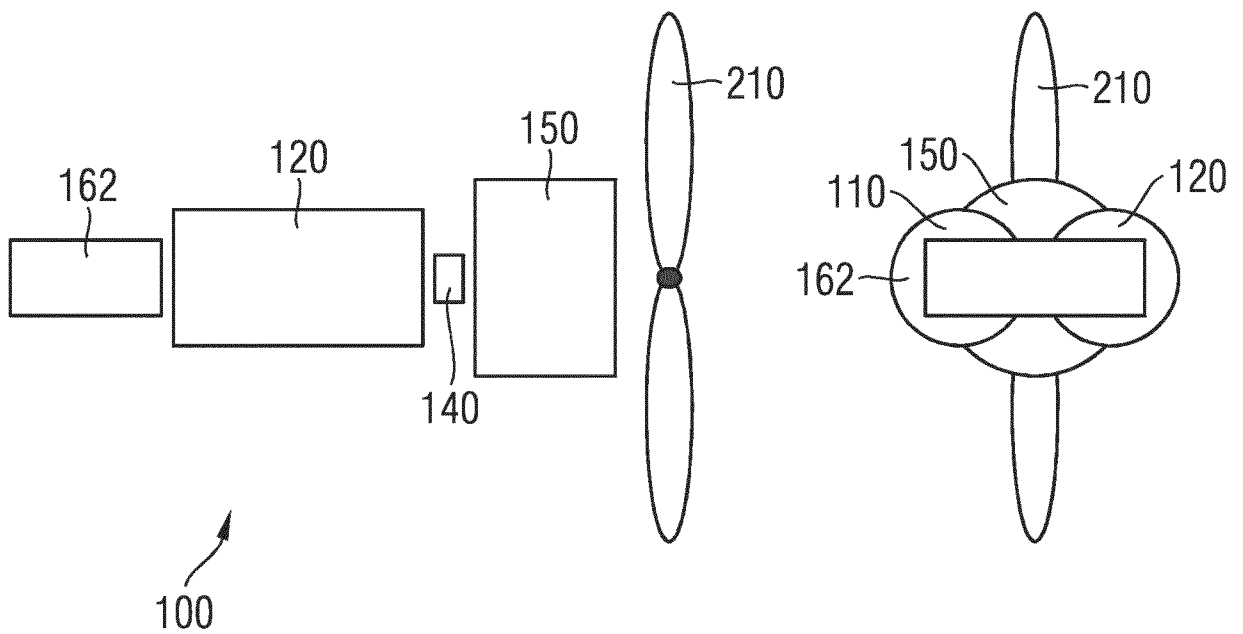


FIG 6

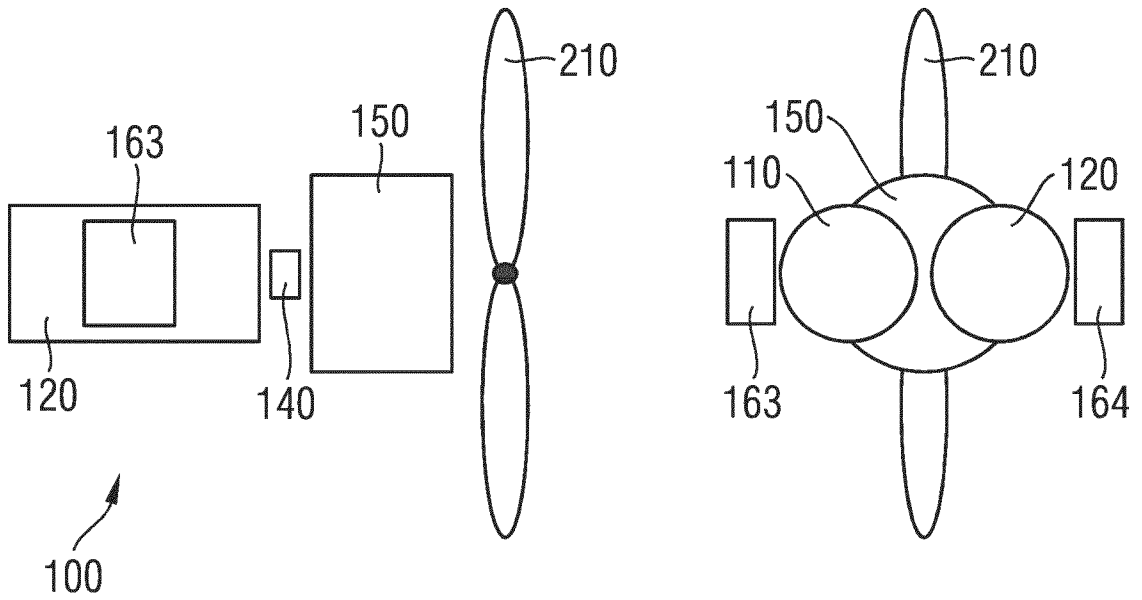


FIG 7

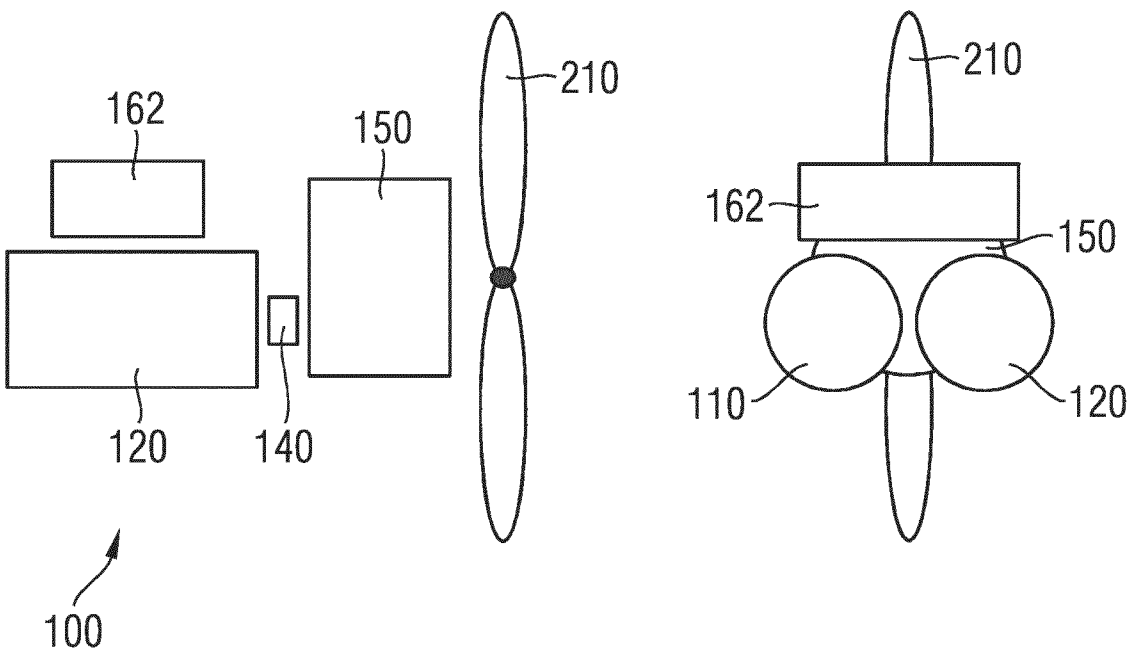


FIG 8

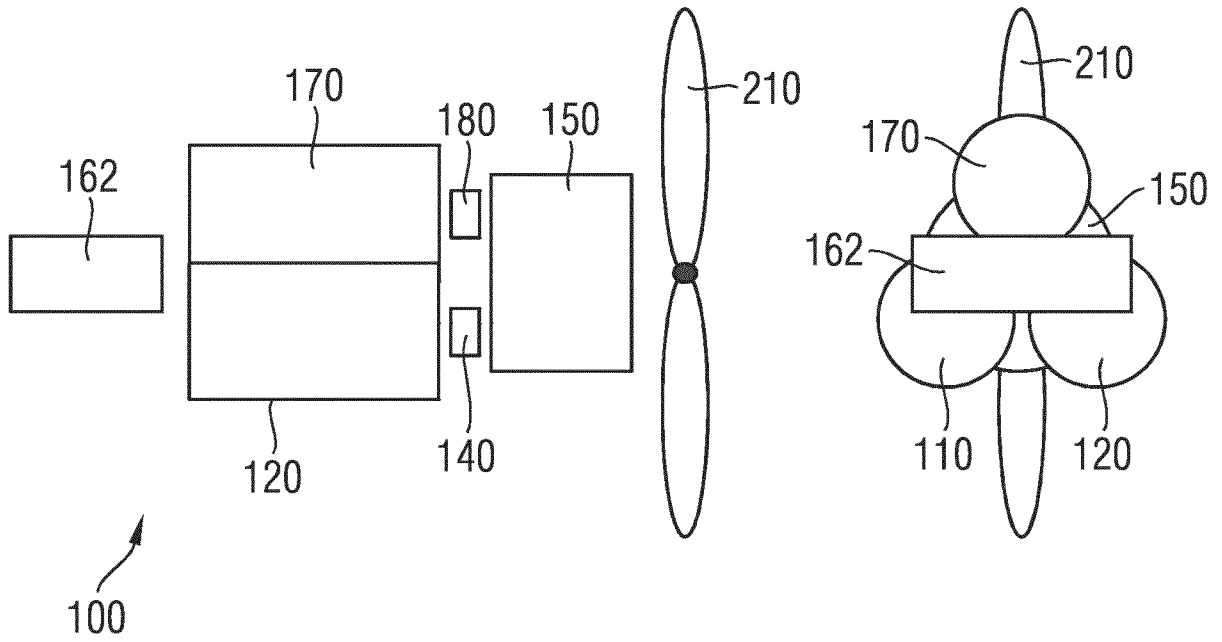
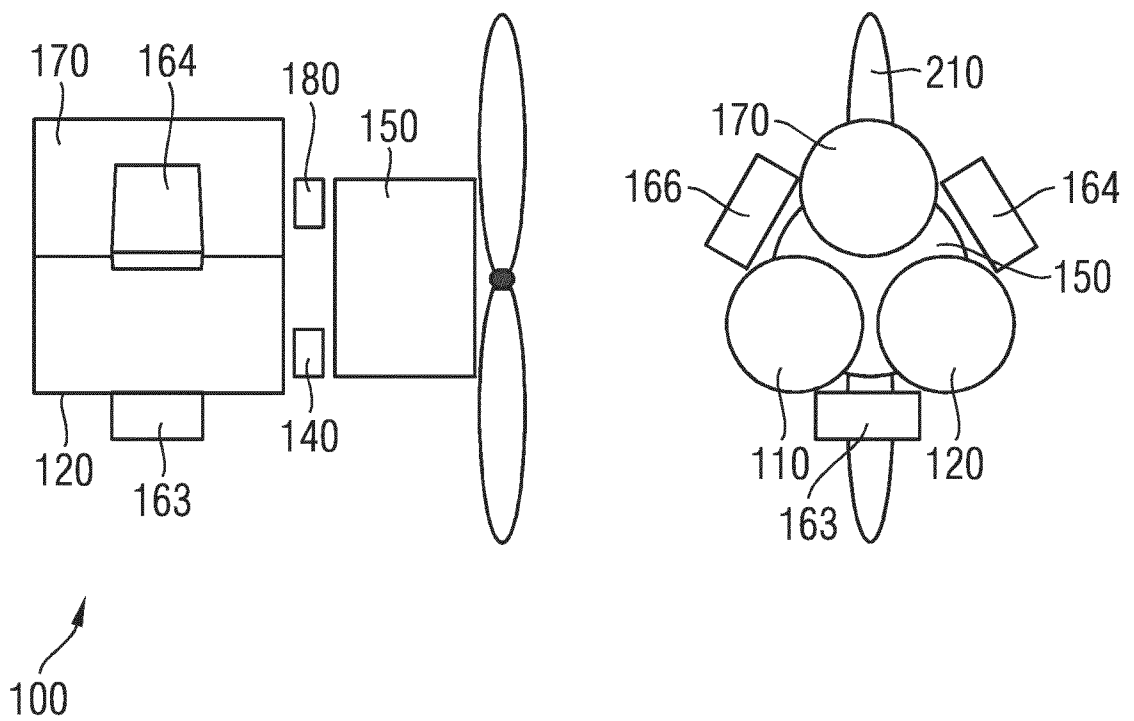


FIG 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/080065

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B64D27/24 B64D35/08
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)
B64D 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 Y A	DE 10 2011 103572 A1 (GAHWILER EUGEN [CH]) 8 December 2011 (2011-12-08) figure 1	1,2,6-8, 10-12,14 3-5,13 9,15
X Y	----- US 4 554 989 A (GRUICH PETER [US] ET AL) 26 November 1985 (1985-11-26) figure 6	1,2,6, 10-12,14 3-5,13
Y	----- US 2013/092789 A1 (BOTTI JEAN [DE] ET AL) 18 April 2013 (2013-04-18) figure 5	3-5,13
Y	----- EP 2 896 532 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22 July 2015 (2015-07-22) figure 5	3-5,13
	----- -/--	

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 10 February 2017	Date of mailing of the international search report 23/02/2017
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 Pedersen, Kenneth

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/080065

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/308685 A1 (DECKER DARWIN KENT [US]) 18 December 2008 (2008-12-18) figure 2	3-5,13
A	----- US 2008/006739 A1 (MOCHIDA KAZUHIKO [US] ET AL) 10 January 2008 (2008-01-10) figure 9F paragraph [0065]	1,8,10, 11
A	----- US 4 177 693 A (IVANKO THEODORE [US] ET AL) 11 December 1979 (1979-12-11) figure 1	10
X,P	----- WO 2016/009824 A1 (JAPAN AEROSPACE EXPLORATION [JP]) 21 January 2016 (2016-01-21) figure 8 paragraph [0061] - paragraph [0069] -----	1-4, 7-13,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/080065

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011103572 A1	08-12-2011	CH 703300 A2 DE 102011103572 A1 FR 2960853 A1	15-12-2011 08-12-2011 09-12-2011

US 4554989	A	26-11-1985	NONE

US 2013092789	A1	18-04-2013	CN 102933461 A DE 102010021025 A1 EP 2571764 A1 KR 20130027508 A US 2013092789 A1 WO 2011144690 A1

EP 2896532	A1	22-07-2015	CA 2936680 A1 CN 105916721 A EP 2896532 A1 EP 3068657 A1 US 2016347180 A1 WO 2015106993 A1

US 2008308685	A1	18-12-2008	NONE

US 2008006739	A1	10-01-2008	NONE

US 4177693	A	11-12-1979	NONE

WO 2016009824	A1	21-01-2016	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B64D27/24 B64D35/08
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B64D 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 Y A	DE 10 2011 103572 A1 (GAHWILER EUGEN [CH]) 8. Dezember 2011 (2011-12-08) Abbildung 1 -----	1,2,6-8, 10-12,14 3-5,13 9,15
X Y	US 4 554 989 A (GRUICH PETER [US] ET AL) 26. November 1985 (1985-11-26) Abbildung 6 -----	1,2,6, 10-12,14 3-5,13
Y	US 2013/092789 A1 (BOTTI JEAN [DE] ET AL) 18. April 2013 (2013-04-18) Abbildung 5 -----	3-5,13
Y	EP 2 896 532 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22. Juli 2015 (2015-07-22) Abbildung 5 -----	3-5,13
	----- -/--	



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

10. Februar 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/02/2017

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

Pedersen, Kenneth

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2008/308685 A1 (DECKER DARWIN KENT [US]) 18. Dezember 2008 (2008-12-18) Abbildung 2 -----	3-5,13
A	US 2008/006739 A1 (MOCHIDA KAZUHIKO [US] ET AL) 10. Januar 2008 (2008-01-10) Abbildung 9F Absatz [0065] -----	1,8,10, 11
A	US 4 177 693 A (IVANKO THEODORE [US] ET AL) 11. Dezember 1979 (1979-12-11) Abbildung 1 -----	10
X,P	WO 2016/009824 A1 (JAPAN AEROSPACE EXPLORATION [JP]) 21. Januar 2016 (2016-01-21) Abbildung 8 Absatz [0061] - Absatz [0069] -----	1-4, 7-13,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/080065

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011103572 A1	08-12-2011	CH 703300 A2	15-12-2011
		DE 102011103572 A1	08-12-2011
		FR 2960853 A1	09-12-2011

US 4554989 A	26-11-1985	KEINE	

US 2013092789 A1	18-04-2013	CN 102933461 A	13-02-2013
		DE 102010021025 A1	24-11-2011
		EP 2571764 A1	27-03-2013
		KR 20130027508 A	15-03-2013
		US 2013092789 A1	18-04-2013
		WO 2011144690 A1	24-11-2011

EP 2896532 A1	22-07-2015	CA 2936680 A1	23-07-2015
		CN 105916721 A	31-08-2016
		EP 2896532 A1	22-07-2015
		EP 3068657 A1	21-09-2016
		US 2016347180 A1	01-12-2016
		WO 2015106993 A1	23-07-2015

US 2008308685 A1	18-12-2008	KEINE	

US 2008006739 A1	10-01-2008	KEINE	

US 4177693 A	11-12-1979	KEINE	

WO 2016009824 A1	21-01-2016	KEINE	
