

(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
14. Januar 2016 (14.01.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/005101 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 5/458 (2006.01) H02M 3/158 (2006.01)
H02M 7/25 (2006.01) H02M 1/00 (2007.01)
H02M 7/5387 (2007.01) H02M 1/32 (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/061932

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Mai 2015 (29.05.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 213 307.6 9. Juli 2014 (09.07.2014) DE
10 2015 207 117.0
20. April 2015 (20.04.2015) DE

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

(72) Erfinder: LUTZE, Marcel; Brosamerstraße 4, 90459 Nürnberg (DE). PFEIFER, Markus; An der Radrunde 11, 90455 Nürnberg (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

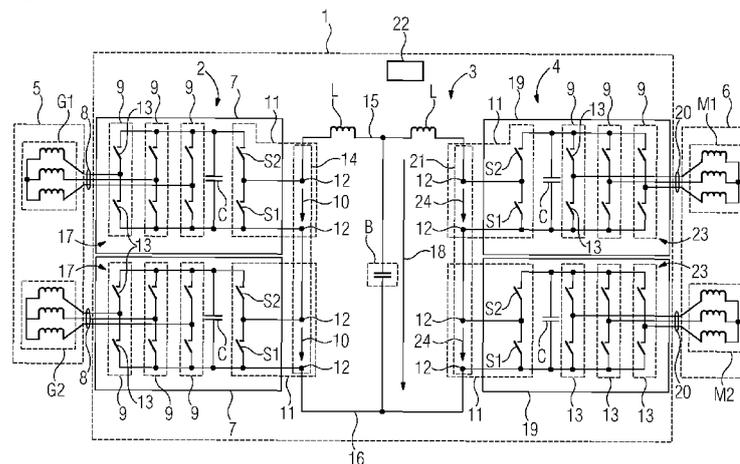
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: CONVERTER WITH REDUNDANT CIRCUIT TOPOLOGY

(54) Bezeichnung : UMRICHTER MIT REDUNDANTER SCHALTUNGSTOPOLOGIE

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a converter (1) for an aeroplane, comprising an intermediate circuit (3) for providing a DC voltage (18) between a positive line (15) and a negative line (16), at least two rectifiers (7) connected to the intermediate circuit (3) to produce the DC voltage (18) from the AC input voltages and at least two inverters (19) connected to the intermediate circuit (3) to produce AC output voltages from the DC voltage (18). The converter should be configured in a compact manner for aircraft construction. For this purpose, the DC voltage terminals (11) of the rectifiers (7) are connected to a first series circuit (14) and DC voltage terminals (11) of the inverters (19) are connected to a second series circuit (21). The positive line (15) and the negative line (16) of the intermediate circuit (3) are connected on the input side via the first series circuit (14) and on the output side via the second series circuit (21). At least one of the DC voltage terminals (11) comprises a shorting circuit (S1, 9) for short-circuiting terminal contacts (12) via which the DC voltage terminal (11) is connected to the respective series circuit (14, 21).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/005101 A1

Die Erfindung betrifft einen Umrichter (1) für ein Flugzeug, mit einem Zwischenkreis (3) zum Bereitstellen einer Gleichspannung (18) zwischen einer Plusleitung (15) und einer Minusleitung (16), mindestens zwei am Zwischenkreis (3) angeschlossenen Gleichrichtern (7) zum Erzeugen der Gleichspannung (18) aus Eingangs-Wechselspannungen und mindestens zwei am Zwischenkreis (3) angeschlossenen Wechselrichtern (19) zum Erzeugen von Ausgangs-Wechselspannungen aus der Gleichspannung (18). Der Umrichter soll für den Flugzeugbau kompakt ausgestaltet sein. Hierzu sind die Gleichspannungsanschlüsse (11) der Gleichrichter (7) zu einer ersten Reihenschaltung (14) und Gleichspannungsanschlüsse (11) der Wechselrichter (19) zu einer zweiten Reihenschaltung (21) verschaltet. Die Plusleitung (15) und die Minusleitung (16) des Zwischenkreises (3) sind eingangsseitig über die erste Reihenschaltung (14) und ausgangseitig über die zweite Reihenschaltung (21) miteinander verbunden. Zumindest einer der Gleichspannungsanschlüsse (11) weist eine Kurzschlusschaltung (S1, 9) zum Kurzschließen von Anschlusskontakten (12) auf, über welche der Gleichspannungsanschluss (11) in die jeweilige Reihenschaltung (14, 21) geschaltet ist.

Beschreibung

Umrichter mit redundanter Schaltungstopologie

5 Die Erfindung betrifft einen Umrichter für ein Flugzeug. Der Umrichter weist einen Zwischenkreis auf, über welchen mehrere Gleichrichter mit mehreren Wechselrichtern gekoppelt sind. Zu der Erfindung gehört auch ein Flugzeug mit dem erfindungsgemäßen Umrichter.

10

Umrichter in elektrisch angetriebenen Flugzeugen benötigen ein Redundanzkonzept. Die Redundanz kann durch eine Parallelschaltung von mehreren Wechselrichtern und aktiven Gleichrichtern erzeugt werden. In einer Parallelschaltung muss der Leistungsfluss aber über Schütze gesteuert werden. Denn im Fehlerfall wird die fehlerhafte Baugruppe über die Schütze aus dem Antriebssystem weggeschaltet. Die Schütze sind aufgrund der hohen zu schaltenden Ströme in ihrer Bauform jedoch sehr groß. Das Gewicht der Schütze ist für die Anwendung im Flugzeug unvorteilhaft.

20

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für ein Flugzeug einen redundanten Umrichter bereitzustellen, der eine kompakte Bauform aufweist.

25

Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die Merkmale der abhängigen Patentansprüche gegeben.

30

Die Erfindung umfasst einen Flugzeug-Umrichter, d.h. einen Umrichter für ein Flugzeug. Der Umrichter weist einen Zwischenkreis zum Bereitstellen einer Gleichspannung zwischen einer Plusleitung und einer Minusleitung auf. Eingangsseitig sind am Zwischenkreis mindestens zwei Gleichrichter angeschlossen, die zum Erzeugen der Gleichspannung aus Eingangswechselspannungen ausgelegt sind. Die Eingangswechselspannungen können aus einem mehrphasigen, beispiels-

35

weise einem dreiphasigen, Versorgungssystem empfangen werden, beispielsweise einem Generator. Bei den Gleichrichtern kann es sich um passive oder aktive Gleichrichter handeln. Ausgangsseitig sind am Zwischenkreis mindestens zwei Wechselrichter angeschlossen, die zum Erzeugen von Ausgangs-
5 Wechselspannungen aus der Gleichspannung ausgelegt sind. Die Ausgangs-Wechselspannungen eines Wechselrichters können ein mehrphasiges Spannungssystem bilden, insbesondere ein dreiphasiges Spannungssystem.

10

Um nun den Umrichter kompakt ausgestalten zu können, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass Gleichspannungsanschlüsse der Gleichrichter zu einer ersten Reihenschaltung verschaltet sind. Der Gleichspannungsanschluss eines Gleichrichters ist
15 sein Gleichspannungsausgang. Des Weiteren sind Gleichspannungsanschlüsse der Wechselrichter zu einer zweiten Reihenschaltung verschaltet. Der Gleichspannungsanschluss eines Wechselrichters ist sein Gleichspannungseingang. Die Gleichrichter und die Wechselrichter sind somit jeweils nicht parallel zueinander an den Zwischenkreis angeschlossen, sondern
20 in einer Reihenschaltung. Die Plusleitung und die Minusleitung des Zwischenkreises sind eingangsseitig über die erste Reihenschaltung, d. h. über die Gleichrichter, und ausgangsseitig über die zweite Reihenschaltung, d. h. über die Wechselrichter, miteinander verbunden. Zumindest einer der
25 Gleichspannungsanschlüsse weist eine Kurzschlusschaltung zum Kurzschließen von Anschlusskontakten des Gleichspannungsanschlusses auf. Über die Anschlusskontakte ist der Gleichspannungsanschluss in die jeweilige Reihenschaltung geschaltet.
30 Durch Schließen der Kurzschlusschaltung werden die Anschlusskontakte kurzgeschlossen. Mit anderen Worten ist der jeweilige Gleichrichter oder Wechselrichter dann in der Reihenschaltung wirkungslos. Durch Öffnen der Kurzschlusschaltung wird der durch die Reihenschaltung fließende Strom über
35 den Gleichrichter oder den Wechselrichter geführt.

Durch die Erfindung ergibt sich der Vorteil, dass zum Umschalten oder Wegschalten eines Gleichrichters oder Wechsel-

richters im Gleichspannungs-Zwischenkreis lediglich eine einfache Kurzschlusschaltung nötig ist anstelle von Schützen, die mehrphasige Wechselspannungs-Leitungen und Gleichspannungsleitungen schalten können müssen, wie es bei der Parallelschaltung von Gleichrichtern und Wechselrichtern der Fall ist.

Zu der Erfindung gehören auch Weiterbildungen, durch deren Merkmale sich zusätzliche Vorteile ergeben.

10

Gemäß einer Weiterbildung ist bei mindestens einem Gleichspannungsanschluss, der in einem Wechselrichter oder in einem Gleichrichter bereitgestellt sein kann, die Kurzschlusschaltung durch einen die Anschlusskontakte des Gleichspannungsanschlusses verbindenden Halbleiterschalter S1 gebildet. Im Zusammenhang mit der Erfindung ist unter einem Halbleiterschalter allgemein insbesondere ein IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) oder ein MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) zu verstehen. Durch die Weiterbildung ergibt sich der Vorteil, dass ein einzelner Halbleiterschalter genügt, um den Gleichrichter oder Wechselrichter aus der Reihenschaltung auszukoppeln.

20

Eine andere Weiterbildung sieht vor, dass bei mindestens einem der Wechselrichter die Kurzschlusschaltung durch eine Halbbrücke gebildet ist, die auch zum Erzeugen der Ausgangs-Wechselspannungen vorgesehen ist. Es wird also kein separater Halbleiterschalter verwendet. Die Halbbrücke ist zwischen die Anschlusskontakte des Gleichspannungsanschlusses geschaltet und kann ebenfalls zum Kurzschließen der Anschlusskontakte dienen. Hierbei ist aber zusätzlich vorgesehen, dass Wechselspannungsausgänge des Wechselrichters, über welche die Ausgangs-Wechselspannung an einen elektrischen Verbraucher übertragen werden kann ebenfalls für den Kurzschluss gerüstet sind. Hierzu ist vorgesehen, dass zusätzlich an den Wechselspannungsausgängen jeweils ein Halbleiterschalter zum Blockieren eines Stromes bei geschlossener Kurzschlusschaltung bereitgestellt ist. Mit anderen Worten ist bei der Halbbrücke

30

35

der Kontaktpunkt zwischen den Halbleiterschaltern der Halbbrücke über einen weiteren Halbleiterschalter mit dem angeschlossenen Verbraucher gekoppelt. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass bei geschlossener Kurzschlusschaltung, wenn
5 also die Halbbrücke vollständig in einen elektrisch leitenden Zustand geschaltet ist und hierdurch die Anschlusskontakte kurzgeschlossen sind, kein Strom in den elektrischen Verbraucher abfließen kann. Hierdurch wird beispielsweise vermieden, dass ein elektrischer Verbraucher mit dem Wechselrichter weiterhin elektrisch verbunden ist.
10

Eine Weiterbildung nutzt das gezielte oder steuerbare Zuschalten und Abschalten eines Wechselrichters oder eines Gleichrichters über die Kurzschlusschaltung. Bei einer defekten Halbbrücke wird der zugehörige Gleichrichter oder Wechselrichter im Betrieb des Umrichters vom Zwischenkreis entkoppelt. Bei dieser Weiterbildung weist mindestens einer der Gleichrichter und/oder mindestens einer der Wechselrichter jeweils mehrere Halbbrücken auf, die jeweils mindestens
15 zwei Halbleiterschalter aufweisen. Eine Überwachungseinrichtung ist dazu ausgelegt, in den Halbbrücken einen defekten Halbleiterschalter zu detektieren, der dauerhaft in einen elektrisch leitenden Zustand geschaltet ist, d.h. in dem elektrisch leitenden Zustand verharrt. Bei einem Halbleiterschalter kann dies bei einer Zerstörung der Sperrschicht der Fall sein. Dies wird als Durchlegieren bezeichnet. Die Überwachungseinrichtung ist des Weiteren dazu ausgelegt, die Kurzschlusseinrichtung desjenigen Gleichspannungsanschlusses, über welchen dieser defekte Halbleiterschalter in die Reihenschaltung geschaltet ist, kurz zu schließen. Dann kann aus
20 dem Zwischenkreis kein Strom über den defekten Halbleiterschalter beispielsweise in einen angeschlossenen elektrischen Verbraucher fließen.
30

35 Zum Detektieren des defekten Halbleiterschalters kann beispielsweise eine Treiberschaltung genutzt werden, die im Stand der Technik auch als Gate-Treiber bezeichnet wird. Mittels der Treiberschaltung kann eine über dem Halbleiterschalter

ter abfallende elektrische Spannung erfasst werden. Ist ein Spannungswert dieser Spannung kleiner als ein vorbestimmter Schwellenwert, obwohl ein Schaltsignal den Halbleiterschalter in einen sperrenden Zustand schalten soll, so ist davon aus-
5 zugehen, dass der Halbleiterschalter unkontrollierbar oder unsteuerbar dauerhaft in einem elektrisch leitenden Zustand verharret. Alternativ dazu kann über die Schalterspannungen der nicht-defekten Halbleiterschalter ebenfalls ein dauerhaft leitender Halbleiterschalter erkannt werden, da der entstehende Kurzschlussstrom eine Spannungserhöhung bewirkt.
10

Gemäß einer Weiterbildung sind in dem Zwischenkreis die Plusleitung und die Minusleitung über eine Batterie verbunden. Mit Batterie ist hier ein elektrischer Akkumulator gemeint,
15 der elektrische Energie aufnehmen und abgeben kann und die Energie zwischenspeichern kann. Diese Weiterbildung weist den Vorteil auf, dass ein und dieselbe Batterie ohne Umschaltmechanismen, wie beispielsweise einem Schütz, von allen Gleichrichtern und allen Wechselrichtern zum Speichern von Energie genutzt werden kann.
20

Die Gleichrichter und/oder die Wechselrichter weisen bevorzugt jeweils einen eigenen Glättungskondensator auf. Hierdurch wird die Spannung des Zwischenkreises auf die Gleichrichter bzw. Wechselrichter aufgeteilt und lokale Zwischenkreise gebildet.
25

Eine Weiterbildung verhindert, dass beim Kurzschließen der Gleichspannungsanschlüsse auch z.B. der Glättungskondensator oder Halbbrücken im Inneren des Gleichrichters oder Wechselrichters ebenfalls kurzgeschlossen werden. Diese Weiterbildung sieht vor, dass mindestens einer der Gleichspannungsanschlüsse eine Entkopplungsschaltung aufweist. Die Entkopplungsschaltung kann durch einen Halbleiterschalter S2 bereit-
30 gestellt sein. Die Entkopplungsschaltung ist dazu ausgelegt, einen Strom zwischen dem Gleichspannungsanschluss und Halbbrücken des Gleichrichters oder Wechselrichters zumindest unidirektional zu blockieren. Unidirektional ist die Blockade
35

bei einem Halbleiterschalter mit Diode. Die Entkopplungsschaltung kann auch dazu ausgelegt sein, einen Strom zwischen einem Glättungskondensator und dem Gleichspannungsanschluss zumindest unidirektional zu blockieren.

5

Eine Weiterbildung nutzt aus, dass bei einem Gleichrichter oder bei einem Wechselrichter der Gleichspannungsanschluss sowohl eine Kurzschlusschaltung als auch eine Entkopplungsschaltung aufweisen kann. Bei dieser Weiterbildung ist eine
10 Steuereinrichtung dazu ausgelegt, durch abwechselndes Schalten der Entkopplungsschaltung und der Kurzschlusschaltung einen Hochsetzstellerbetrieb oder einen Tiefsetzstellerbetrieb des jeweiligen Gleichrichters oder Wechselrichters, der den Gleichspannungsanschluss aufweist,
15 zu bewirken. Hierdurch kann in vorteilhafter Weise die von einem Gleichrichter bereitgestellte Teilspannung an die Gleichspannung im Zwischenkreis angepasst werden. Genauso kann eine über dem Glättungskondensator abfallende Spannung unabhängig von der Gleichspannung des Zwischenkreises einge-
20 stellt werden.

Zu der Erfindung gehört auch ein Flugzeug. Bei dem Flugzeug handelt es sich insbesondere um ein Starrflügelflugzeug. Das
25 Flugzeug ist ein elektrisch angetriebenes Flugzeug, d. h. ein ePlane. Das Flugzeug weist einen elektrischen Antriebsmodus zum Antreiben eines Propellers des Flugzeugs auf. Der Antriebsmotor ist über einen Umrichter mit einem elektrischen Generator gekoppelt. Der Umrichter stellt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Umrichters dar. Der Generator kann
30 beispielsweise durch eine Brennkraftmaschine, d.h. einen Ottomotor oder einen Dieselmotor oder eine Turbine, angetrieben sein. Für den Fall, dass das Flugzeug als Drehflügler ausgestattet ist, stellt der Rotor des Flugzeugs den Propeller dar. Durch das erfindungsgemäße Flugzeug ergibt sich der Vor-
35 teil, dass keine aufwendige Verschaltung der Gleichrichter und Wechselrichter des Umrichters über Schütze nötig ist, um einen redundanten Umrichter bereitzustellen. Das Flugzeug

kann hierdurch besonders leicht und kompakt ausgestaltet sein.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der Generator mindestens
5 zwei unabhängige Mehrphasen-Spulenordnungen, beispielsweise
mindestens zwei unabhängige Dreiphasen-Spulenordnungen,
aufweist. Jede der Mehrphasen-Spulenordnungen ist dabei an
einem anderen Gleichrichter des Umrichters angeschlossen. Bei
dieser Weiterbildung sind die Mehrphasen-Spulenordnungen in
10 demselben Generator, d. h. im selben Stator des Generators,
angeordnet. Jede Spulenordnung ist dabei dazu ausgelegt, in
mehreren Wechselspannungs-Leitungen eine jeweilige Eingangs-
Wechselspannung für den jeweiligen Gleichrichter bereitzu-
stellen oder zu erzeugen. Diese Weiterbildung weist den Vor-
15 teil auf, dass das Flugzeug auch generatorseitig redundant
ausgelegt ist, ohne dass hierzu mehrere Generatoren nötig
sind.

Eine Weiterbildung sieht entsprechend vor, dass der Antriebs-
20 motor mindestens zwei unabhängige Mehrphasen-
Spulenordnungen aufweist und jede der Mehrphasen-
Spulenordnungen an einem anderen Wechselrichter des Umrich-
ters angeschlossen ist. Mit anderen Worten weist ein Stator
des Antriebsmotors mehrere unabhängige Mehrphasen-
25 Spulenordnungen, beispielsweise Dreiphasen-
Spulenordnungen, auf. Durch diese Weiterbildung ergibt sich
der Vorteil, dass mit nur einem einzelnen Antriebsmotors den-
noch ein redundanter Antrieb für den Propeller bereitgestellt
ist.

30 Falls eine Spulenordnung des Generators oder des Antriebs-
motors defekt ist, kann der entsprechende Gleichrichter oder
Wechselrichter durch Aktivieren der Kurzschlusschaltung des
Umrichters für diesen Gleichrichter oder Wechselrichter vom
35 Umrichter entkoppelt werden.

Im Folgenden sind Ausführungsbeispiele der Erfindung be-
schrieben. Hierzu zeigt:

- FIG 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Umrichters;
- 5 FIG 2 eine schematische Darstellung einer Kurzschluss-schaltung gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Umrichters;
- 10 FIG 3 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Umrichters;
- FIG 4 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Umrichters mit passiven Gleichrichtern;
- 15 FIG 5 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Flugzeugs.

Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiter-

20 bilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

30 In den Figuren sind funktionsgleiche Elemente jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

FIG 1 zeigt einen Umrichter 1 mit einer Gleichrichteranordnung 2, einen Zwischenkreis 3 und einer Wechselrichteran-

35 ordnung 4. Über den Umrichter 1 können ein elektrischer Generator 5 und ein elektrischer Antriebsmotor 6 miteinander gekoppelt oder verschaltet sein. Die in FIG 1 gezeigte Anordnung

kann beispielsweise in einem elektrisch angetriebenen Flugzeug bereitgestellt sein. Mittels des Antriebsmotors 6 kann ein Propeller des Flugzeugs angetrieben werden. Der Generator 5 kann beispielsweise durch eine (nicht dargestellte) Brennkraftmaschine angetrieben werden.

Die Gleichrichteranordnung 2 des Umrichters 1 weist in dem in FIG 1 gezeigten Beispiel zwei Gleichrichter 7 auf, die die gleiche Bauweise aufweisen können. Jeder Gleichrichter 7 kann mit einem Generatorspulensystem G1, G2 des Generators 5 elektrisch über Wechselspannungsleitungen 8 gekoppelt sein. Die Generatorspulensysteme G1, G2 sind zwei voneinander isolierte Wicklungssysteme zum jeweiligen Erzeugen eines Mehrphasen-Drehstroms, beispielsweise eines Dreiphasen-Drehstroms. Die Generatorspulensysteme G1, G2 stellen jeweils eine Mehrphasen-Spulenordnung dar. Die beiden Generatorwicklungssysteme G1, G2 können auch durch zwei unterschiedliche Generatoren bereitgestellt sein.

Jeder Gleichrichter 7 kann in an sich bekannter Weise Halbbrücken 9 aufweisen, um mit einer jeweiligen Halbbrücke 9 die über eine der Wechselspannungsleitungen 8 empfangene Eingangsspannung in an sich bekannter Weise in eine Teilspannung 10 umzuwandeln. Die Teilspannung 10 ist eine Gleichspannung. Die Teilspannung 10 kann an einem Gleichspannungsanschluss 11 Anschlusskontakten 12 erzeugt oder bereitgestellt werden. In FIG 1 sind die Gleichrichter 7 als aktive Gleichrichter ausgebildet. Die Halbbrücken 9 der aktiven Gleichrichter 7 weisen Halbleiterschalter 13 auf, von denen in FIG 1 der Übersichtlichkeit halber nur einige mit einem Bezugszeichen versehen sind. Jeder Gleichrichter 7 kann des Weiteren den Glättungskondensator C aufweisen, über welchem eine Teilspannung des Zwischenkreises 3 abfällt.

Bei der Gleichrichteranordnung 2 sind die Gleichspannungsanschlüsse 11 zu einer Reihenschaltung 14 zusammengeschaltet. Durch die Reihenschaltung 14 sind eine Plusleitung 15 und ei-

ne Minusleitung 16 des Zwischenkreises 3 miteinander verbunden.

Bei jedem Gleichrichter 7 ist ein Halbleiterschalter S1 bereitgestellt, über welchen der jeweilige Gleichrichter 7 in Abhängigkeit von einem Steuersignal in die Reihenschaltung 14 zugeschaltet werden kann oder in der Reihenschaltung 14 wirkungslos geschaltet werden kann. Hierzu sind die Anschlusskontakte 12 über den Halbleiterschalter S1 verschaltet.

10

Der Halbleiterschalter S1 stellt eine Kurzschlusschaltung des Gleichspannungsanschlusses 11 dar. Durch Schließen des Halbleiterschalters S1 werden die Anschlusskontakte 12 des Gleichspannungsanschlusses 11 kurzgeschlossen. Damit ist der Gleichrichter 7 in der Reihenschaltung 14 wirkungslos. Durch Öffnen des Halbleiterschalters S1 kann die Teilspannung 10 zwischen den Anschlusskontakten 12 bereitgestellt werden.

Der Gleichspannungsanschluss 11 kann des Weiteren einen Halbleiterschalter S2 aufweisen, der eine Entkopplungsschaltung darstellt. Der Halbleiterschalter S2 verbindet einen der Anschlusskontakte 12 mit den Halbbrücken 9. Des Weiteren ist über den Halbleiterschalter S2 der Glättungskondensator C mit einem der Anschlusskontakte 12 verschaltet. Durch Öffnen des Halbleiterschalters S2 wird ein Stromfluss zwischen den Halbbrücken 9 und dem Anschlusskontakt 12 blockiert bzw. bei Vorhandensein einer Diode unidirektional blockiert. Genauso ist ein Stromfluss zwischen dem Glättungskondensator C und dem Anschlusskontakt 12 blockiert. Durch Schließen des Halbleiterschalters S2 sind die Halbbrücken mit dem Anschlusskontakt 12 verbunden. Entsprechendes gilt für den Glättungskondensator C.

Die Halbleiterschalter 13 und die Halbleiterschalter S1, S2 können jeweils als IGBT oder als MOSFET ausgestaltet sein. Die Halbleiterschalter S1, S2 müssen insbesondere keine Schütze sein. Die Halbleiterschalter 13, S1, S2 können als Halbleitermodule oder kurz Submodule 17 bereitgestellt sein,

so beispielsweise auf einem gemeinsamen Halbleitersubstrat eingeordnet sein.

Durch die Reihenschaltung 14 werden die Teilspannungen 10 zu
5 einer Gleichspannung 18 aufsummiert, die im Zwischenkreis 3
zwischen dem Plusleiter 15 und dem Minusleiter 16 bereitge-
stellt wird. Der Plusleiter 15 und der Minusleiter 16 können
jeweils beispielsweise durch einen Draht oder eine Strom-
schiene bereitgestellt sein. Zum Speichern von elektrischer
10 Energie kann der Zwischenkreis 3 eine Batterie B, beispiels-
weise einen elektrochemischen Akkumulator mit galvanischen
Zellen aufweisen. Die Batterie B muss keine Spannungsglättung
der Gleichspannung 18 durchführen, da die Gleichrichter 7 ei-
gene Glättungskondensatoren C aufweisen. In dem Zwischenkreis
15 3 können des Weiteren Drosseln L bereitgestellt sein, bei-
spielsweise elektrische Spulen.

Der Antriebsmotor 6 kann ebenfalls zwei voneinander getrennte
Motorspulensysteme M1, M2 aufweisen. Die Motorspulensysteme
20 M1, M2 stellen jeweils eine Mehrphasen-Spulenanordnung dar.
Die Motorspulensysteme M1, M2 können auch in unterschiedli-
chen Antriebsmotoren bereitgestellt sein.

Die Wechselrichteranordnung 4 weist in dem in FIG 1 gezeigten
25 Beispiel zwei Wechselrichter 19 auf, von denen jeder jeweils
über Wechselspannungsleitungen 20 mit einem anderen der Mo-
torspulensysteme M1, M2 verschaltet ist. Die Wechselrichter
19 können baugleich zu den Gleichrichtern 7 sein. Die Wech-
selrichter 19 können als Pulswechselrichter betrieben werden.
30 Sie weisen dazu Halbbrücken 9 mit Halbleiterschaltern 13 auf.
Von den Halbleiterschaltern 13 der Wechselrichter 9 sind der
Übersichtlichkeit halber nur einige mit einem Bezugszeichen
versehen. Jeder Wechselrichter 19 kann einen Glättungskonden-
sator C aufweisen.

35

Die Wechselrichter 19 sind über einen jeweiligen Gleichspan-
nungsanschluss 11 mit dem Zwischenkreis 13 verschaltet, wobei
Anschlusskontakte 12 der Gleichspannungsanschlüsse 11 zu ei-

ner Reihenschaltung 21 verschaltet sind. Zwischen den Anschlusskontakten 12 der Wechselrichter 19 fällt jeweils eine Teilspannung 24 der Gleichspannung 18 ab.

5 Die Gleichspannungsanschlüsse 11 der Wechselrichter 19 können jeweils einen Halbleiterschalter S1 aufweisen, durch welchen eine Kurzschlusschaltung für die Anschlusskontakte 12 gebildet ist. Des Weiteren kann ein Halbleiterschalter S2 bereitgestellt sein, durch welchen eine Entkopplungschaltung bereitgestellt ist, durch welche ein Stromfluss zwischen einen der Anschlusskontakte 12 und den Halbbrücken 13 und/oder der Glättungskondensator C durch Schließen des Halbleiterschalters S2 bewirkt werden kann. Hierzu sind der Anschlusskontakt 12 und die Halbbrücken 13 und/oder der Glättungskondensator C über den Halbleiterschalter S2 verschaltet.

Die Glättungskondensatoren C stellen jeweils einen lokalen Zwischenkreiskondensator dar.

20 Der Umrichter 1 kann eine Steuereinrichtung 22 aufweisen, durch welche Halbleiterschalter 13, S1, S2 geschaltet werden können, sodass sie zwischen einem elektrisch leitenden Zustand und einem elektrisch sperrenden Zustand wechseln. Die Halbleiterschalter 13, S1, S2 der Wechselrichter 19 können jeweils in einem Wechselrichter 19 durch ein Submodul 23 bereitgestellt sein, das beispielsweise auf der Grundlage eines gemeinsamen Halbleitersubstrats gebildet sein kann. Die Steuereinrichtung 22 kann beispielsweise auf der Grundlage eines Mikroprozessors oder Mikrocontrollers gebildet sein. Die Steuereinrichtung 22 kann zumindest teilweise auf die Halbbrücken 9 verteilt sein. Beispielsweise kann sie Treiberschaltungen der Halbleiterschalter 13 der Halbbrücken 9 umfassen.

35 Durch die Reihenschaltung 14 sind die Gleichrichter 7 in Reihe geschaltet. Über die aktiven Gleichrichter 7 werden die Glättungskondensatoren C geladen. Die Teilspannung 10 eines Glättungskondensators C kann über die Generatorwicklungen der

Generatorspulensysteme G1, G2 und entsprechendes Takten der aktiven Gleichrichter 7 eingestellt werden. Über die Schalter S1, S2 können die Gleichrichter 7 parallel zur Batterie geschaltet werden. Damit lässt sich die Batterie laden. Hierbei
5 ergeben sich folgende Schaltkombinationen:

Bei jedem Wechselrichter 7 kann durch Öffnen von S1 und Schließen von S2 das jeweilige Generatorspulensystem G1 oder G2 mit der Batterie B verbunden werden. Durch Schließen von
10 S1 und Öffnen von S2 kann das jeweilige Generatorspulensystem G1, G2 von der Batterie B getrennt werden. Die Teilspannungen 10 in den Gleichrichtern 7 können in der Summe größer sein als die Batteriespannung der Batterie B. Ohne Tiefsetzstellerbetrieb müssen sie jedoch in der Summe mindestens der Batteriespannung entsprechen. Sollten beide Gleich-
15 richter 7 in Betrieb sein, so ist die Teilspannung 10 der beiden Gleichrichter vorzugsweise gleich groß.

Auch bei den Wechselrichtern 19 ergeben sich mehrere Schaltmöglichkeiten auf der Grundlage der Halbleiterschalter S1, S2 der Gleichspannungsanschlüsse 11 der Wechselrichter 19. Die Motorspulensysteme M1, M2 werden jeweils über einen der Wechselrichter 19 angetrieben. Jeder Wechselrichter 19 stellt dabei einen Pulswechselrichter dar. Über die Halbleiterschalter
20 S1, S2 können die Wechselrichter 19 mit der Batterie B verbunden oder von dieser getrennt werden. Die Batteriespannung entspricht der Gleichspannung 18.

Die Teilspannungen 24 der Rettungskondensatoren C in den Wechselrichtern 19 können in Summe größer sein als die Batteriespannung. Sie müssen jedoch in der Summe mindestens der Batteriespannung entsprechen, wenn kein Hochsetzsteller im Betrieb vorgesehen ist.
30

Sollten beide Wechselrichter 19 in Betrieb sein, dann ist die jeweilige Teilspannung 24 der beiden Wechselrichter vorzugsweise gleich groß.
35

Mit den beschriebenen Schaltmöglichkeiten ergeben sich folgende Betriebsweisen des Umrichters, die beispielsweise durch die Steuereinrichtung 22 eingestellt werden können.

5 In einer Betriebsweise ist ein Betrieb nur eines Gleichrichters 7 und nur eines Wechselrichters 19 möglich. Die anderen Gleichrichter 7 und Wechselrichter 19 sind von den Stromkreisen durch Schließen der Halbleiterschalter S1 getrennt. Dies ergibt eine kalte Redundanz im Umrichter 1. Das heißt im Fehlerfall wird der Schalter S1 geöffnet und S2 geschlossen, womit die bis dahin nicht versorgten Rettungskondensatoren C geladen werden. Mit anderen Worten werden die übrigen Gleichrichter oder Wechselrichter in die Reihenschaltung 14, 21 geschaltet.

15

Bei einer weiteren Betriebsweise sind alle Gleichrichter 7 und alle Wechselrichter 19 über offene Halbleiterschalter S1 und geschlossene Halbleiterschalter S2 in den Stromkreis geschaltet, das heißt in die jeweilige Reihenschaltung 14, 21 (heiße Redundanz).

20

Zwischen der kalten Redundanz und der heißen Redundanz sind bei mehr als zwei Gleichrichtern/Wechselrichtern auch Zwischenformen möglich.

25

Bei einer weiteren Betriebsweise sind alle Gleichrichter 7 und alle Wechselrichter 19 in Betrieb, wobei eine Taktung der Halbleiterschalter S1, S2 durchgeführt wird. Alle Gleichrichter und Wechselrichter sind über jeweils geöffneten Halbleiterschalter S1 und geschlossene Halbleiterschalter S2 mit einer abwechselnden Taktung von S1 und S2 in einem Hochsetzstellerbetrieb oder einen Tiefsetzstellerbetrieb in den Stromkreis geschaltet. Die einzelnen Gleichrichter 7 werden vorzugsweise in ihren Halbbrücken 9 versetzt getaktet, um einen Stromrippel in den Drossel L zu reduzieren.

35

Im Fehlerfall eines der Gleichrichter 7 oder Wechselrichter 19 kann beispielsweise durch die Steuereinrichtung folgendes

Verfahren durchgeführt werden. Im Fehlerfall eines Gleichrichters oder eines Wechselrichters kann dessen Halbleiterschalter S1 geschlossen werden, womit der fehlerhafte Schaltungsteil vom Versorgungsstromkreis, d. h. dem Zwischenkreis 3, getrennt ist. Des Weiteren können im Falle eines defekten Wechselrichters 19 nach dem Entladen des Glättungskondensators C die Halbleiterschalter 13 der Halbbrücken 9 geöffnet werden. Der Versorgungsstromkreis ist bei ihrem Verfahren für die anderen Gleichrichter und Wechselrichter nicht unterbrochen.

Alternativ zum Halbleiterschalter S1 kann auch der Halbleiterschalter S2 zusammen mit einer Halbbrücke 9 eines Wechselrichters 19 diesen Wechselrichter eingangsseitig kurzschließen, d. h. die Anschlusskontakte 12 kurzschließen. Dann stellt die geschlossene Halbbrücke 9 die Kurzschlusschaltung dieses Wechselrichters dar.

Weitere Schaltelemente können zusätzlichen Schutz im Fehlerfall bieten. FIG 2 zeigt hierzu eine Lösung für das Problem, dass aufgrund der neben einem IGBT parallel geschalteten Dioden (in FIG 2 nicht dargestellt) bei einem dauerhaften Kurzschluss eines IGBTs die unmittelbar angeschlossene Wicklung eines Motorspulensystems kurzgeschlossen ist. Hierdurch entstehen Verluste in dem Antriebsmotor. Das Gleiche gilt für einen Generator. In FIG 2 ist lediglich für einen Wechselrichter 19 die Lösung gezeigt. Analog kann dieses auch bei einem Gleichrichter 7 erfolgen.

Falls der dauerhafte Kurzschluss über einen der Halbleiterschalter 13 unerwünscht ist, kann das Motorspulensystem M1 über zwei zusätzliche Halbleiterschalter S3 pro Wechselrichter oder Gleichrichter durch Schalten im Strom Nulldurchgang vom Wechselrichter 19 bzw. aktiven Gleichrichter 7 getrennt werden. Die zusätzlichen Halbleiterschalter S3 sind im Betrieb des Umrichters 1 geschlossen („normally on“ genannt). Die Halbleiterschalter S3 dienen zur Verhinderung einer kurzgeschlossenen Wicklung im Fehlerfall einer der Halbbrücken 9,

wenn einer der Halbleiterschalter 13 durchgehend im elektrisch leitenden Zustand ist.

Durch den Umrichter 1 ergibt sich insgesamt eine Schaltungstopologie für einen modularen hochfrequenten Umrichter zur Erfüllung von Redundanzanforderungen in einem elektrisch angetriebenen Flugzeug. Es können baugleiche Submodule 17, 23 für die Anbindung des Generators und des Motors an die Batterie B verwendet werden. In FIG 1 ist gezeigt, wie eine zweifache Redundanz ohne Schütze bereitgestellt werden kann.

FIG 3 zeigt hierzu, wie die Topologie auf eine beliebige Anzahl von Submodulen erweitert werden kann, indem die Gleichrichteranordnung 2 und die Wechselrichteranordnung 4 insgesamt N Gleichrichter 7 bzw. N Wechselrichter 19 aufweisen. N ist hierbei eine ganze Zahl größer 1.

FIG 4 veranschaulicht, wie durch Abwandeln des Umrichters 1 die Gleichrichter 7 auf jeweils einen passiven Gleichrichter reduziert werden können, bei welchem anstelle der Halbleiterschalter 13 in den Halbbrücken 9 Dioden 25 bereitgestellt sind. Der Übersichtlichkeit halber sind in FIG 4 nur einige Dioden 25 mit einem Bezugszeichen versehen. Die Halbbrücken 9 selbst stellen hierbei jeweils eine Kurzschlusschaltung zum Überbrücken der jeweiligen Generatorspulensysteme $G1$, $G2$, G_N dar. Die Generatorspulensysteme $G1$, $G2$, G_N können hierbei jeweils, wie in FIG 2 veranschaulicht, über Schalter $S3$ mit den Diodengleichrichtern verschaltet sein.

FIG 5 veranschaulicht, wie der Umrichter 1 beispielhaft in einem Flugzeug 26 bereitgestellt sein kann. FIG 4 zeigt ein Starrflügelflugzeug 26, bei welchem ein Propeller 27 durch den Antriebsmotor 6 angetrieben werden kann. Der Propeller 27 wird über eine Welle 28 durch den Antriebsmotor 6 rotiert. Der Antriebsmotor 6 ist in dem Beispiel eine elektrische Maschine, die im Motorbetrieb betrieben wird. Die Energie für den Antrieb des Propellers 27 kann durch eine Brennkraftmaschine 29 gewonnen werden, bei der es sich beispielsweise um

einen Ottomotor oder einen Dieselmotor oder eine Turbine handeln kann. Die Brennkraftmaschine 29 kann über eine Welle 30 den Generator 5 antreiben. Als elektrischer Generator kann eine elektrische Maschine im Generatorbetrieb bereitgestellt
5 sein. Eine Drehzahl der Welle 30 ist dabei unabhängig von einer Drehzahl der Welle 28. Hierzu wird die von dem Generator 5 erzeugte Wechselspannung in der beschriebenen Weise über den Umrichter 1 in Wechselspannung umgewandelt, die über die Wechselspannungs-Phasenleiter 9 in den Antriebsmotor 6 einge-
10 speist werden kann. Eine Schaltfrequenz der Wechselrichter 7 wird hierbei durch die Steuereinrichtung 22 in Abhängigkeit von einer Solldrehzahl des Propellers 27 eingestellt. Die Solldrehzahl kann hierbei beispielsweise durch einen Piloten mittels eines (nicht dargestellten) Bedienelements einge-
15 stellt oder vorgegeben werden.

Insgesamt zeigt das Beispiel, wie durch die Erfindung eine redundante Schaltungstopologie für einen ePlane-Umrichter ohne Schütze bereitgestellt werden kann.

20

Patentansprüche

1. Umrichter (1) für ein Flugzeug, mit
- einem Zwischenkreis (3) zum Bereitstellen einer Gleichspannung (18) zwischen einer Plusleitung (15) und einer Minusleitung (16),
- mindestens zwei am Zwischenkreis (3) angeschlossenen Gleichrichtern (7) zum Erzeugen der Gleichspannung (18) aus Eingangs-Wechselspannungen,
- mindestens zwei am Zwischenkreis (3) angeschlossenen Wechselrichtern (19) zum Erzeugen von Ausgangs-Wechselspannungen aus der Gleichspannung (18),
dadurch gekennzeichnet, dass
Gleichspannungsanschlüsse (11) der Gleichrichter (7) zu einer ersten Reihenschaltung (14) und Gleichspannungsanschlüsse (11) der Wechselrichter (19) zu einer zweiten Reihenschaltung (21) verschaltet sind und die Plusleitung (15) und die Minusleitung (16) des Zwischenkreises (3) eingangsseitig über die erste Reihenschaltung (14) und ausgangseitig über die zweite Reihenschaltung (21) miteinander verbunden sind und zumindest einer der Gleichspannungsanschlüsse (11) eine Kurzschluss-schaltung (S1, 9) zum Kurzschließen von Anschlusskontakten (12), über welche der Gleichspannungsanschluss (11) in die jeweilige Reihenschaltung (14, 21) geschaltet ist, aufweist.
2. Umrichter (1) nach Anspruch 1, wobei bei mindestens einem Gleichspannungsanschluss (11) die Kurzschluss-schaltung (S1) durch einen die jeweiligen Anschlusskontakte (12) verbindenden Halbleiterschalter (S1) gebildet ist.
3. Umrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei mindestens einem der Wechselrichter (19) die Kurzschluss-schaltung (9) durch eine die Anschlusskontakte (12) verbindende und zum Erzeugen einer der Ausgangs-Wechselspannungen vorgesehene Halbbrücke (9) mit Halbleiterschaltern (13) gebildet ist, wobei zusätzlich Wechselspannungsausgänge (20) des Wechselrichters (19) jeweils einen

Halbleiterschalter (S3) zum Blockieren eines Stromes bei geschlossener Kurzschlusschaltung (9) aufweisen.

4. Umrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei jeder Halbleiterschalter (13, S1, S2, S3) jeweils durch einen IGBT oder einen MOSFET gebildet ist.

5. Umrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens einer der Gleichrichter (7) und/oder mindestens einer der Wechselrichter (19) jeweils Halbbrücken (9) mit Halbleiterschaltern (13) aufweist und eine Überwachungseinrichtung (22) dazu ausgelegt ist, in den Halbbrücken (9) einen defekten Halbleiterschalter (13), der dauerhaft in einem elektrisch leitenden Zustand verharrt, zu detektieren und die Kurzschlusschaltung (S1, 9) desjenigen Gleichspannungsanschlusses (11), über welchen der defekte Halbleiterschalter (13) in eine der Reihenschaltungen (14, 21) geschaltet ist, zu aktivieren.

6. Umrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Zwischenkreis (3) die Plusleitung (15) und die Minusleitung (16) durch eine Batterie (B) verbunden sind.

7. Umrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Gleichrichter (7) und/oder die Wechselrichter (19) jeweils einen eigenen Glättungskondensator (C) aufweisen.

8. Umrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens einer der Gleichspannungsanschlüsse (11) eine Entkopplungsschaltung (S2), die zum Blockieren eines Stromes zwischen einem der Anschlusskontakte (12) des Gleichspannungsanschlusses (11) und Halbbrücken (9) des jeweiligen Gleichrichters (7) oder Wechselrichters (19) verschaltet ist, aufweist.

35

9. Umrichter (1) nach Anspruch 8, wobei eine Steuereinrichtung (22) dazu ausgelegt ist, bei einem Gleichspannungsanschluss (11), der sowohl eine Kurzschlusschaltung (S1) als

auch eine Entkopplungsschaltung (S2) aufweist, durch abwechselndes Schalten der Entkopplungsschaltung (S2) und der Kurzschlusschaltung (S1) einen Hochsetzstellerbetrieb oder einen Tiefsetzstellerbetrieb zu bewirken.

5

10. Flugzeug (26), insbesondere Starrflügelflugzeug, mit einem elektrischen Antriebsmotor (6) zum Antreiben eines Propellers (27) des Flugzeugs (26), wobei der Antriebsmotor (6) über einen Umrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem elektrischen Generator (5) gekoppelt ist.

10

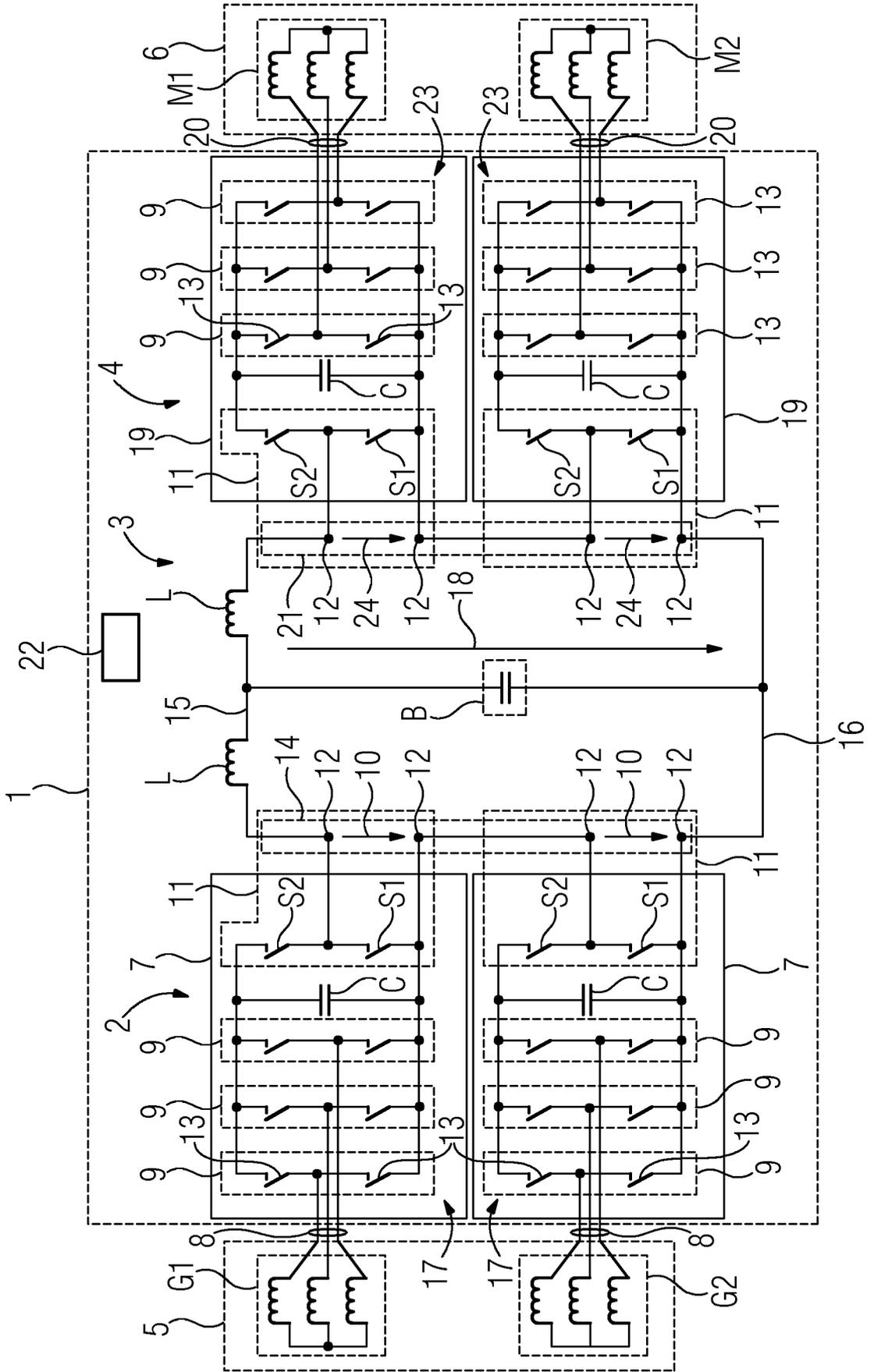
11. Flugzeug (26) nach Anspruch 10, wobei der Generator (5) mindestens zwei unabhängige Mehrphasen-Spulenordnungen (G1, G2) aufweist und jede der Mehrphasen-Spulenordnungen (G1, G2) an einem anderen Gleichrichter (7) des Umrichters (1) angeschlossen ist.

15

12. Flugzeug (26) nach Anspruch 10 oder 11, wobei der Antriebsmotor (6) mindestens zwei unabhängige Mehrphasen-Spulenordnungen (M1, M2) aufweist und jede der Mehrphasen-Spulenordnungen (M1, M2) an einem anderen Wechselrichter (19) des Umrichters (1) angeschlossen ist.

20

FIG 1



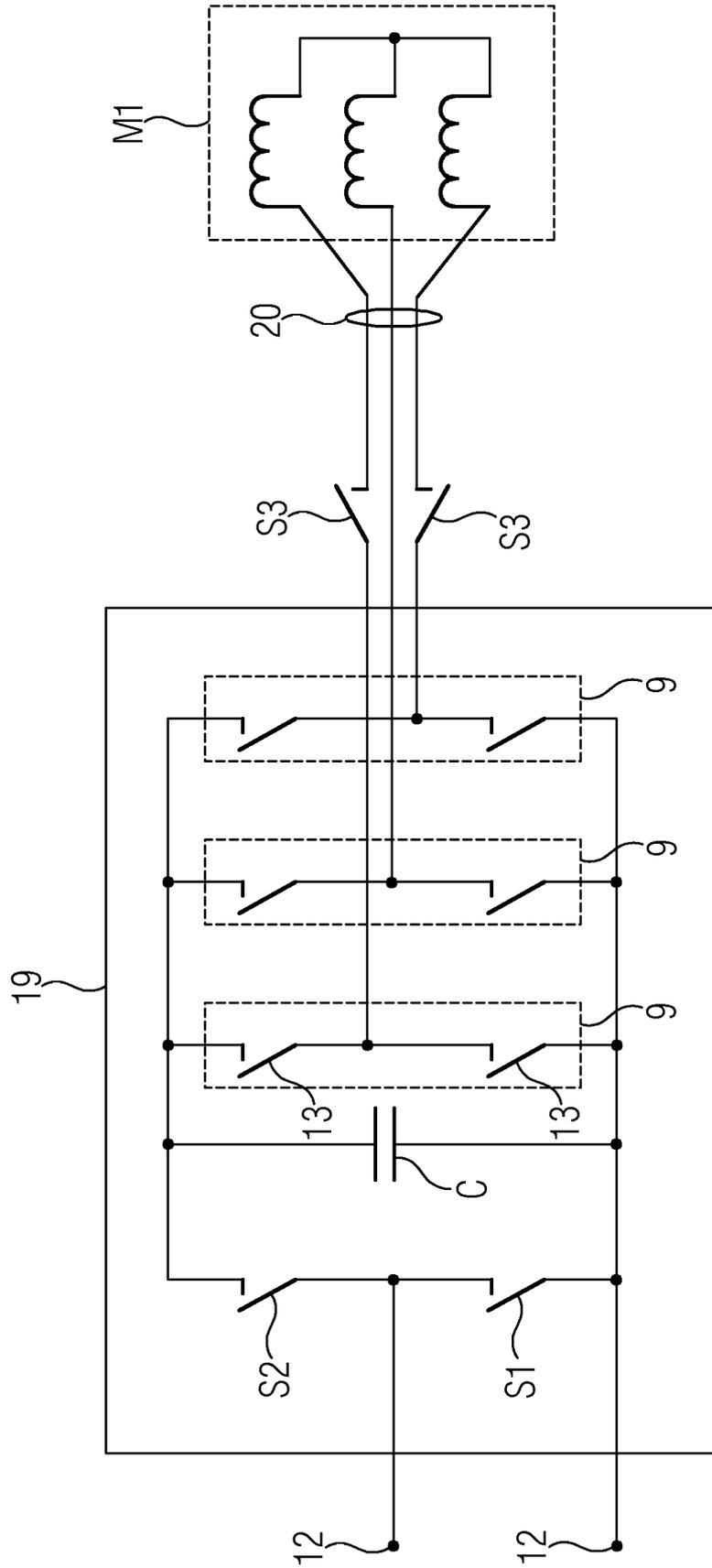


FIG 2

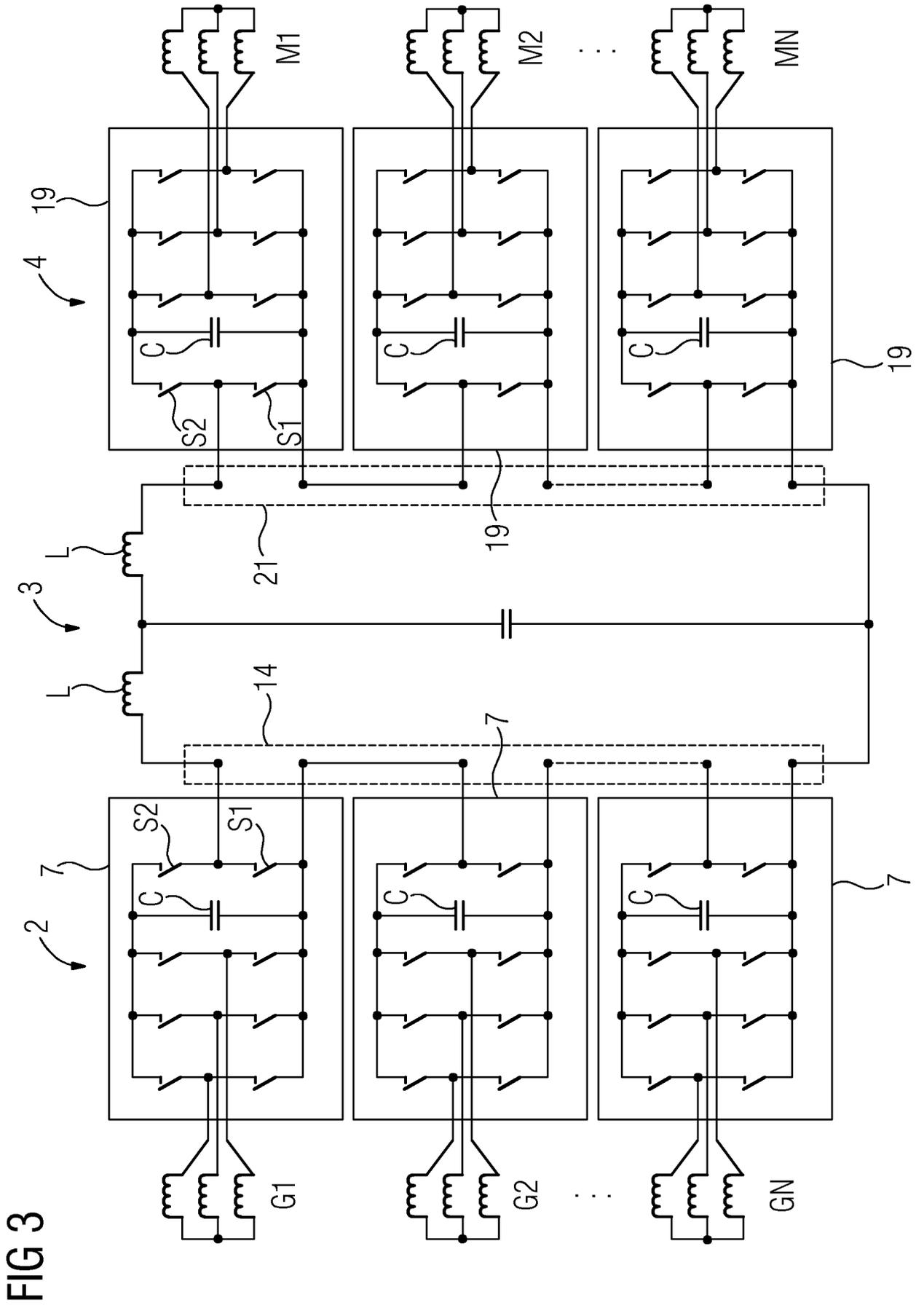


FIG 3

FIG 4

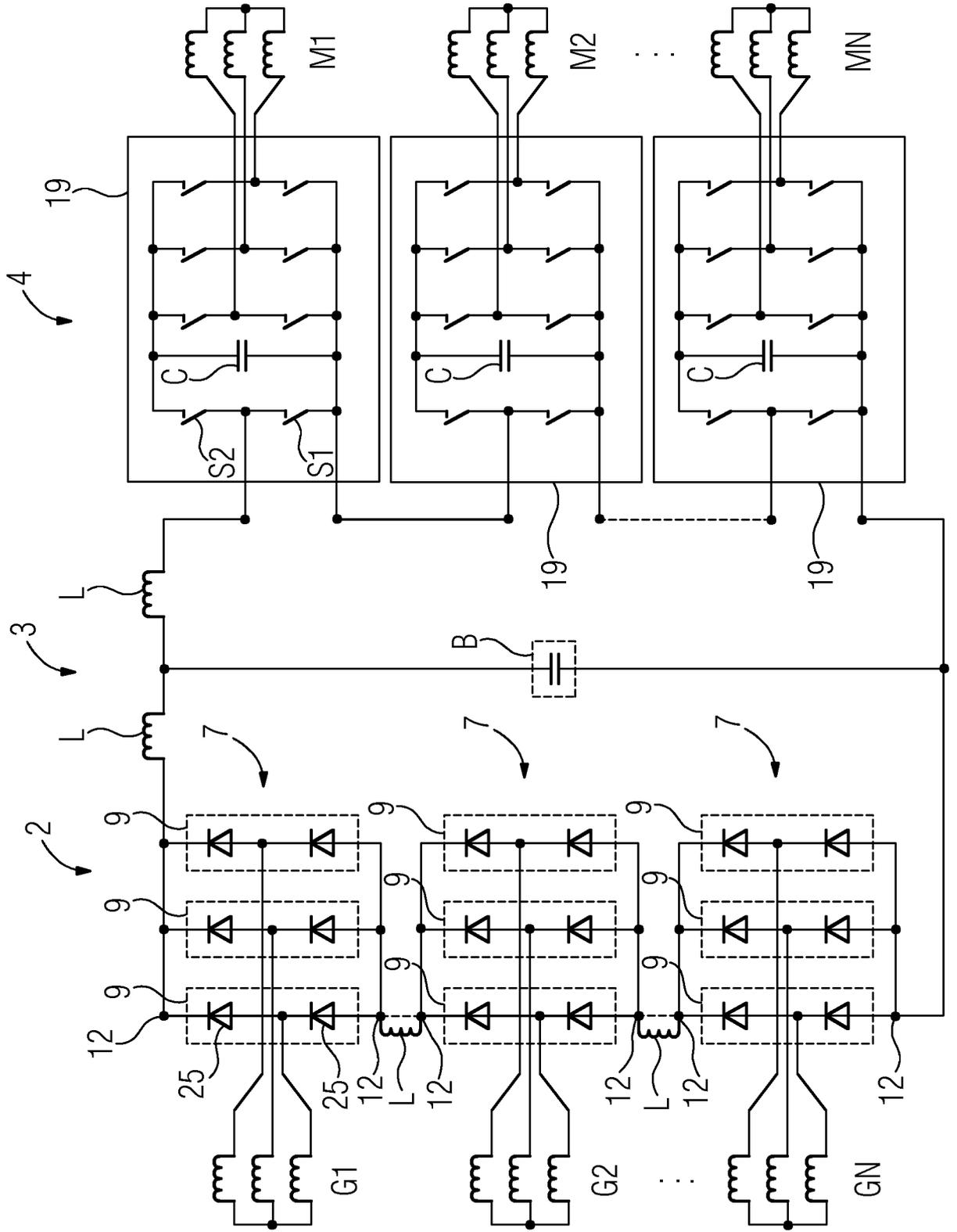
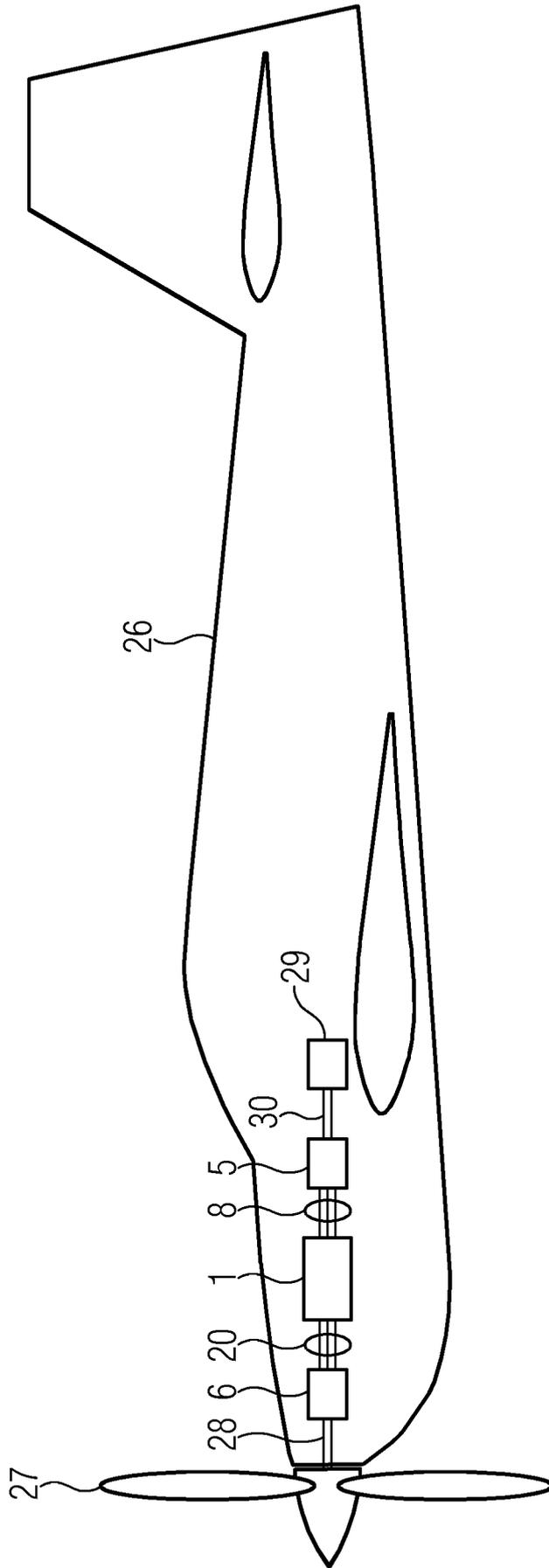


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/061932

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02M5/458 H02M7/25 H02M7/5387
 ADD. H02M3/158 H02M1/00 H02M1/32

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)
 H02M F01D

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	EP 1 876 696 A2 (SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH [DE]) 9 January 2008 (2008-01-09) paragraph [0001]; figure 1 paragraph [0006] paragraph [0009] - paragraph [0010] paragraph [0012] - paragraph [0024] paragraph [0033]	1-4,7,8, 10-12 9
X	EP 2 608 397 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26 June 2013 (2013-06-26) paragraph [0002]; figures 1,2 paragraph [0015] - paragraph [0024]	1-12
A	WO 2007/084041 A1 (ABB TECHNOLOGY LTD [CH]; BJOERKLUND HANS [SE]; LJUNGQVIST ROLF [SE]) 26 July 2007 (2007-07-26) the whole document	1-12
	----- -/--	

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 31 August 2015	Date of mailing of the international search report 16/09/2015
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Lochhead, Steven
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/061932

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 2 608 383 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26 June 2013 (2013-06-26) paragraph [0003] - paragraph [0005] paragraph [0018] - paragraph [0026] figures 1,2 -----	9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/061932

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1876696	A2	09-01-2008	CN 101102085 A	09-01-2008
			DE 102006031662 A1	10-01-2008
			EP 1876696 A2	09-01-2008
			US 2008007973 A1	10-01-2008
			US 2012212983 A1	23-08-2012

EP 2608397	A1	26-06-2013	EP 2608397 A1	26-06-2013
			WO 2013092046 A2	27-06-2013

WO 2007084041	A1	26-07-2007	BR PI0621419 A2	06-12-2011
			CN 101297469 A	29-10-2008
			EP 1974454 A1	01-10-2008
			RU 2384932 C1	20-03-2010
			US 2009219737 A1	03-09-2009
			WO 2007084041 A1	26-07-2007
			ZA 200805668 A	29-04-2009

EP 2608383	A1	26-06-2013	EP 2608383 A1	26-06-2013
			EP 2774258 A2	10-09-2014
			WO 2013092038 A2	27-06-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H02M5/458	H02M7/25
ADD.	H02M3/158	H02M1/00
		H02M7/5387
		H02M1/32
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
H02M F01D		
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	EP 1 876 696 A2 (SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH [DE]) 9. Januar 2008 (2008-01-09)	1-4,7,8, 10-12
Y	Absatz [0001]; Abbildung 1 Absatz [0006] Absatz [0009] - Absatz [0010] Absatz [0012] - Absatz [0024] Absatz [0033]	9
X	EP 2 608 397 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26. Juni 2013 (2013-06-26) Absatz [0002]; Abbildungen 1,2 Absatz [0015] - Absatz [0024]	1-12
A	WO 2007/084041 A1 (ABB TECHNOLOGY LTD [CH]; BJOERKLUND HANS [SE]; LJUNGQVIST ROLF [SE]) 26. Juli 2007 (2007-07-26) das ganze Dokument	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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
31. August 2015		16/09/2015
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Lochhead, Steven

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 2 608 383 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26. Juni 2013 (2013-06-26) Absatz [0003] - Absatz [0005] Absatz [0018] - Absatz [0026] Abbildungen 1,2 -----	9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/061932

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1876696	A2	09-01-2008	CN 101102085 A 09-01-2008
			DE 102006031662 A1 10-01-2008
			EP 1876696 A2 09-01-2008
			US 2008007973 A1 10-01-2008
			US 2012212983 A1 23-08-2012

EP 2608397	A1	26-06-2013	EP 2608397 A1 26-06-2013
			WO 2013092046 A2 27-06-2013

WO 2007084041	A1	26-07-2007	BR PI0621419 A2 06-12-2011
			CN 101297469 A 29-10-2008
			EP 1974454 A1 01-10-2008
			RU 2384932 C1 20-03-2010
			US 2009219737 A1 03-09-2009
			WO 2007084041 A1 26-07-2007
EP 2608383	A1	26-06-2013	ZA 200805668 A 29-04-2009
			EP 2608383 A1 26-06-2013
			EP 2774258 A2 10-09-2014
			WO 2013092038 A2 27-06-2013
