(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
17. Dezember 2020 (17.12.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/249557 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02P 6/30 (2016.01) *G05B 9/03* (2006.01)
H02P 6/18 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/065961

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. Juni 2020 (09.06.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 208 511.3
12. Juni 2019 (12.06.2019) DE

(71) Anmelder: **ROLLS-ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG** [DE/DE]; Eschenweg 11, OT Dahlewitz, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE).

(72) Erfinder: **BOHLLÄNDER, Marco**; c/o Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE).

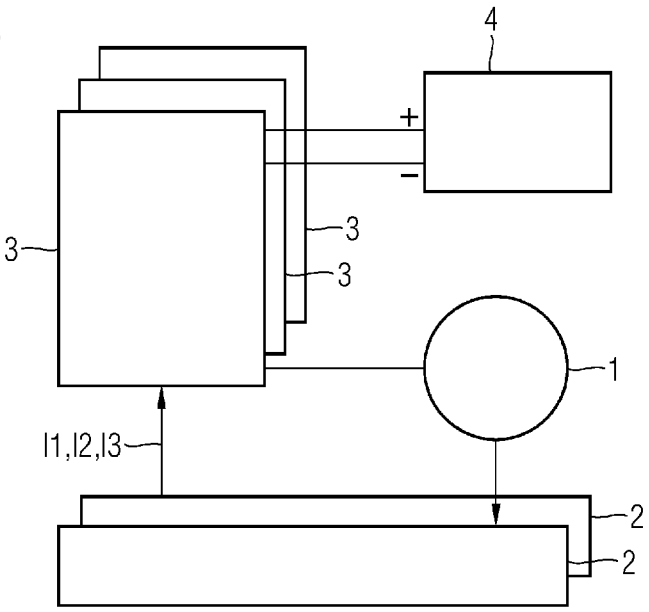
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) **Title:** DETECTING THE DIRECTION OF MOTOR ROTATION IN SINGLE-PHASE CONVERTERS

(54) **Bezeichnung:** MOTORDREHRICHTUNGSERKENNUNG BEI EINPHASIGEN UMRICHTERN

FIG 2



(57) **Abstract:** The invention relates to an assembly for detecting the direction of rotation of a multi-phase electric motor (1), comprising multiple single-phase converters (3), each supplying a phase of the electric motor (1) with current (1.1, 1.2, 1.3), two sensor units (2) which are designed to determine the actual values (I1, I2, I3) of the phase currents of the electric motor (1) and to transmit same to the converters (3), and a drive and control unit (3.2) in each converter (3), which is designed and programmed to determine the direction of rotation and the rotational speed of the electric motor (1) from the actual values (I1, I2, I3). The invention also relates to a vehicle comprising an assembly of this type.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung gibt eine Anordnung zur Drehrichtungserkennung eines mehrphasigen Elektromotors (1),

WO 2020/249557 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

aufweisend: mehrere einphasige Umrichter (3), die je eine Phase des Elektromotors (1) mit Strom (1.1, 1.2, 1.3) versorgen, zwei Sensoreinheiten (2), die ausgebildet sind, die Istwerte (I1, I2, I3) der Phasenströme des Elektromotors (1) zu ermitteln und an die Umrichter (3) zu übertragen, und eine Kontroll- und Steuereinheit (3.2) in jedem Umrichter (3), die ausgebildet und programmiert ist, aus den Istwerten (I1, I2,I3) die Drehrichtung und die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors (1) zu ermitteln. Ein Fahrzeug mit einer derartigen Anordnung wird ebenfalls angegeben.

Beschreibung

Motordrehrichtungserkennung bei einphasigen Umrichtern

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit mehreren einphasigen Umrichtern und Drehrichtungserkennung eines mehrphasigen Elektromotors. Die Erfindung betrifft auch ein Fahrzeug mit einer derartigen Anordnung.

Hintergrund der Erfindung

Ein gattungsgemäßer Umrichter besteht aus einer Leistungsendstufe (= Halbleiter, Zwischenkreiskondensator, Treiberschaltung sowie Stromschienen und Kühlung), einer die Leistungsendstufe ansteuernden Kontrolleinheit (µC, wandelt den Sollwert in Takte um), mehrere Sensoren (insbesondere zur Messung von Strom, Spannung, Temperatur), die den Zustand des Umrichters und des Elektromotors messen und der Kontrolleinheit zur Verfügung stellen, sowie eine Spannungsversorgung und ggf. einer Überwachungseinheiten zu Schutzzwecken. Der Umrichter regelt einen Wechselstrom, der die Wicklungen des mehrphasigen, üblicherweise dreiphasigen, Elektromotors durchfließt, damit dort ein Drehmoment erzeugt wird.

Die Strommessung der Phasen, sowie die Spannungsmessung am Zwischenkreis sind dabei die wichtigsten sensorbasierten Messgrößen, damit die Kontrolleinheit aus den Sollwerten die Takte derart berechnen kann, so dass der Elektromotor mit einem gewünschten Drehmoment in eine gewünschte Richtung eine gewünschte Drehzahl einnimmt.

Insbesondere die Drehzahl und die Rotorposition werden bei e-Autos bekannterweise mittels einem am Elektromotor befestigten Sensoreinheit, üblicherweise ein Resolver, ermittelt. Bei Anwendungen in der Luftfahrt wird dies durch sensorlose Regelung mittels DC-Spannungs- und AC-Strommessung realisiert.

Bei letzterem ist es prinzipbedingt wichtig, alle drei Phasenströme zu kennen.

Das zu lösende Problem ergibt sich aus dem architekturellen Ansatz, die Forderung nach Nichtausfall im Einfachfehlerfall, mittels eines Multilaneansatzes zu lösen. Multilane bedeutet, dass es keinen oder mehr als einen Sternpunkt gibt, die voneinander getrennt sind. Dies steht dem bekannten Ansatz gegenüber, dass eine dreiphasige Maschine einen Sternpunkt hat. Vorteil einer solchen Multilane-Topologie ist, dass der Ausfall eines Wicklungssystems - egal ob im Motor oder in dem das jeweilige Wicklungssystem speisenden Umrichter - keinen Ausfall der Antriebsleistung bedeutet, sondern maximal eine Reduktion der Maximalleistung. Mit anderen Worten, ein Einfachfehler führt nicht zum Totalausfall der Antriebsfunktion.

Zusammenfassung der Erfindung

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Lösung anzugeben, mit der mehrphasige Elektromotoren, insbesondere bei Anwendungen in der Luftfahrt, zuverlässig mit elektrischer Energie versorgt werden können.

Ein Ausführungsbeispiel des Multilane-Lösungsansatzes, auf das in dieser Anmeldung Bezug genommen wird, ist ein dreiphasiger Elektromotor, mit drei galvanisch getrennten, einphasigen Wicklungssystemen. Die Realisierung des Wicklungssystems in dem Elektromotor ist von untergeordneter Bedeutung für die Erfindung. Besondere Anforderung ist die Unabhängigkeit der drei speisenden Umrichter. Egal welcher Einfachfehler in dem Umrichter angenommen wird, er darf nicht zum Ausfall von mehr als einem Umrichter führen.

Die Anforderung hat zur Folge, dass die einphasigen Umrichter voneinander unabhängig agieren müssen. Das Problem, das sich dabei ergibt und Gegenstand der Erfindung ist, ist die Tatsache, dass für ein geregeltes Drehfeld im Falle eines Permanentmagnet-Synchronmotors die Rotorposition und dessen Dreh-

richtung bekannt sein müssen, dies jedoch unter Annahme eines Verzichts auf jedwede direkte Lage- und Rotationsmessung (z.B. mittels Resolver), nicht bestimmt werden kann. Denn dazu sind mindestens zwei Phasenstromsensoren, besser drei notwendig. Denn der einphasige Umrichter „kennt" nur sich selbst und seine eigene Phase.

Die Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

Ein erster Aspekt der Erfindung besteht darin, die Architektur eines gattungsgemäßen dreiphasigen Umrichters bei der Reduktion zu einphasigen Umrichtern aufzubrechen. Die Sensorik der Lastzustandsidentifikation wird nicht mehr dem Umrichter der jeweiligen Phase zugeordnet. Es wird vielmehr eine Sensoreinheit selektiv zu dem Elektromotor und den Umrichtern realisiert, wobei die Sensoreinheit in mehrfacher Ausführung realisiert ist (auch hier gilt: kein Einfachfehler darf zu Verlust der Antriebsleistung führen) und insbesondere die Motorströme (ggf. auch Spannungen) aller Phasen misst, und allen Umrichtern zur Verfügung stellt.

Als Umrichter, auch Inverter genannt, wird ein Stromrichter bezeichnet, der aus einer Wechselspannung oder Gleichspannung eine in der Frequenz und Amplitude veränderte Wechselspannung erzeugt. Häufig sind Umrichter als AC/DC-DC/AC-Umrichter oder DC/AC-Umrichter ausgebildet, wobei aus einer Eingangswechselspannung oder einer Eingangsgleichspannung über einen Gleichspannungszwischenkreis und getakteten Halbleitern eine Ausgangswechselspannung erzeugt wird.

Die Erfindung beansprucht eine Anordnung zur Drehrichtungserkennung eines mehrphasigen Elektromotors, aufweisend:

- mehrere einphasige Umrichter, die je eine Phase des Elektromotors mit Strom versorgen,

- zwei Sensoreinheiten, die ausgebildet sind, die Istwerte der Phasenströme des Elektromotors zu ermitteln und an die Umrichter zu übertragen, und
- eine Kontroll- und Steuereinheit in jedem Umrichter, die ausgebildet und programmiert ist, aus den Istwerten die Drehrichtung und die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors zu ermitteln.

Die Erfindung bietet den Vorteil einer hohen Toleranz gegenüber Teilausfällen einer elektrischen Antriebsanordnung.

In einer Weiterbildung können der Elektromotor dreiphasig ausgebildet und die Anzahl der Umrichter drei sein.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung werden die beiden Sensoreinheiten aus verschiedenen Batterien versorgt. Vorzugsweise sind die Batterien selektive HV -Batterien und die Sensoreinheiten werden mit selbstanlaufenden Netzteilen bestückt. Die Sensoreinheiten laufen an, sobald eine Mindestspannung überschritten ist, und stellen dann dauerhaft Messwerte zur Verfügung. Damit sind die einzelnen Sensoreinheiten autark.

In einer Weiterbildung kann die Anordnung daher zwei Gleichspannungsquellen aufweisen, die die Umrichter mit elektrischer Energie versorgen.

In einer weiteren Ausprägung kann jede Sensoreinheit jeweils von einer der zwei Gleichspannungsquellen mit elektrischer Energie versorgt werden.

In einer Weiterbildung kann die Gleichspannungsquelle bevorzugt eine Batterie, insbesondere eine HV-Batterie, sein.

In einer Weiterbildung kann ein selbstanlaufendes Netzteil in der Sensoreinheit ausgebildet sein, das die Sensoreinheit mit Spannung versorgt.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Kopplung der Sensoreinheiten zu den Umrichtern entweder mit selektiven galvanischen Trennelementen (z.B. in Coreless-Transformer Technologie) oder mit Hilfe von Lichtwellenleitern vorgenommen.

In einer Weiterbildung kann daher die Anordnung ein selektives galvanisches Trennelementen oder einen Lichtwellenleiter zur Datenverbindung der Sensoreinheit mit den Umrichtern aufweisen.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung können die Sensorwerte der Sensoreinheiten als digitaler Datenstrom, vorzugsweise als Delta-Sigma-Werte, zur Verfügung stehen.

Jeder Umrichter ist somit mit allen Phasenstromistwerten versorgt und kann eigenständig die Rotorlage und die Drehgeschwindigkeit berechnen. Falls ein Umrichter ausfällt, „sehen" dies die anderen Umrichter und können bei Bedarf selektiv reagieren. Fällt eine Sensoreinheit aus, werden die Umrichter von der anderen Sensoreinheit weiter mit Istwerten der Phasenströme versorgt. Fällt eine Gleichstromquelle aus, fällt nur jene Sensoreinheit aus, die mit der entsprechenden Gleichspannungsquelle versorgt wird.

In einem letzten Aspekt der Erfindung kann die Anordnung in einem Fahrzeug angeordnet sein.

Unter Fahrzeug wird jede Art von Fortbewegungs- oder Transportmittel, sei es bemannt oder unbemannt, verstanden. Ein Luftfahrzeug ist ein fliegendes Fahrzeug.

Die Erfindung beansprucht daher ein Fahrzeug, insbesondere ein Luftfahrzeug, mit einer erfindungsgemäßen Anordnung für einen elektrischen oder hybrid-elektrischen Antrieb.

In einer Weiterbildung kann das Luftfahrzeug ein Flugzeug sein und einen den Elektromotor in Rotation versetzbaren Propeller aufweisen.

Weitere Besonderheiten und Vorteile der Erfindung werden aus den nachfolgenden Erläuterungen von Ausführungsbeispielen anhand von schematischen Zeichnungen ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Anordnung mit einem dreiphasigen Umrichter gemäß Stand der Technik,

Fig. 2 ein stark vereinfachtes Blockschaltbild einer Anordnung mit drei einphasigen Umrichtern,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Anordnung mit drei einphasigen Umrichtern und

Fig. 4 ein Flugzeug mit einer Anordnung mit drei einphasigen Umrichtern.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer gattungsgemäßen Anordnung mit einem dreiphasigen Umrichter 7 und einem dreiphasigen Elektromotor 1. Der Umrichter 7 wird von einer Gleichspannungsquelle 4, beispielweise von einer 800 V Batterie, mit elektrischer Energie versorgt. Der Umrichter 7 weist ein Netzteil 7.4, eine Steuer- und Kontrolleinheit 7.2, eine Endstufe 7.3 mit den schaltbaren Leistungshalbleitern und eine Sensoreinheit 2 zur Bestimmung der Stromistwerte I1, I2, I3 des Elektromotors 1 auf.

Der Motorstromsollwert 7.1 wird der Steuer- und Kontrolleinheit 7.2 zugeführt. Der dreiphasige Umrichter 7 versorgt den

Elektromotor 1 mit dem Strom 1.1 der ersten Phase, dem Strom 1.2 der zweiten Phase und dem Strom 1.3 der dritten Phase.

Fig. 2 zeigt ein stark vereinfachtes Blockschaltbild einer Anordnung mit drei einphasigen Umrichtern 3 gemäß der Erfindung. Die Umrichter 3 speisen einen dreiphasigen Elektromotor 1 mit elektrischer Energie. Die elektrische Energie für die Umrichter 3 wird von einer oder mehreren Gleichspannungsquellen 4, bevorzugt eine Hochvolt Batterie, bereitgestellt. Die Istwerte der Motorströme I1, I2, I3 werden redundant mit den beiden Sensoreinheiten 2 ermittelt und zur Regelung an die Umrichter 3 weitergegeben.

Fig. 3 zeigt ein gegenüber **Fig. 2** detaillierteres Blockschaltbild einer Anordnung mit drei einphasigen Umrichtern 3. Als Vorgabe erhalten die Umrichter 3 den Motorsollwert 3.1, wie Drehzahl und Drehmoment. Jeder der drei Umrichter 3 versorgt eine Phase des Elektromotors 1 mit den Strömen 1.1, 1.2 und 1.3, entsprechend. Mit Hilfe der beiden Sensoreinheiten 2 wird der Istwert des Stroms der ersten Phase I1, des Stroms der zweiten Phase I2 und des Stroms der dritten Phase I3 ermittelt.

Die Istwerte der Ströme I1, I2, I3 werden an die Steuer- und Kontrolleinheiten 3.2 der Umrichter 3 weitergeleitet. Die Steuer- und Kontrolleinheiten 3.2 ermitteln aus der Frequenz und der Phasenlage von mindestens zwei der drei Istwerte I1, I2 und I3 die Drehrichtung und der Lagewinkel des Rotors des Elektromotors 1. Die galvanisch getrennte Verbindung zwischen den Sensoreinheiten 2 und den Umrichtern 3 wird mittels Lichtwellenleiter 2.2 sichergestellt.

Zum sicheren Betrieb der Sensoreinheiten 2 werden diese aus nicht dargestellten unterschiedlichen Gleichspannungsquellen versorgt und die Sensoreinheiten 2 haben ein selbstanlaufendes Netzteil 2.1, das in Betrieb geht, sobald eine Mindestspannung überschritten ist.

Fig. 4 zeigt ein elektrisches oder hybrid-elektrisches Luftfahrzeug 5, insbesondere ein Flugzeug, mit drei einphasigen Umrichtern 3 gemäß einer Anordnung nach **Fig. 3**, die den Elektromotor 1 mit elektrischer Energie versorgt. Der Elektromotor 1 treibt einen Propeller 6 an. Beide sind Teil einer elektrischen Schuberzeugungseinheit. Der Umrichter kann natürlich auch andere elektrische Bauteile versorgen.

Obwohl die Erfindung im Detail durch die Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung durch die offenbarten Beispiele nicht eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann daraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1	Elektromotor
1.1	Strom der ersten Phase
1.2	Strom der zweiten Phase
1.2	Strom der dritten Phase
2	Sensoreinheit
2.1	selbstanlaufendes Netzteil
2.2	Lichtwellenleiter
3	einphasiger Umrichter
3.1	Motorstromsollwert
3.2	Steuer- und Kontrolleinheit
4	Gleichspannungsquelle, z.B. Batterie
5	Luftfahrzeug
6	Propeller
7	dreiphasiger Umrichter
7.1	Motorsollwert
7.2	Steuer- und Kontrolleinheit
7.3	Endstufe
7.4	Netzteil (= elektrische Versorgung)

I1	Stromistwert erste Phase
I2	Stromistwert zweite Phase
I3	Stromistwert dritte Phase

Patentansprüche

1. Anordnung zur Drehrichtungserkennung eines mehrphasigen Elektromotors (1),
gekennzeichnet durch:
- mehrere einphasige Umrichter (3), die je eine Phase des Elektromotors (1) mit Strom (1.1, 1.2, 1.3) versorgen,
- zwei Sensoreinheiten (2), die ausgebildet sind, die Istwerte (I1, I2, I3) der Phasenströme des Elektromotors (1) zu ermitteln und an die Umrichter (3) zu übertragen, und
- eine Kontroll- und Steuereinheit (3.2) in jedem Umrichter (3), die ausgebildet und programmiert ist, aus den Istwerten (I1, I2, I3) die Drehrichtung und die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors (1) zu ermitteln.

2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Elektromotor (1) dreiphasig ausgebildet und die Anzahl der Umrichter (3) drei ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
gekennzeichnet durch:
- mindestens zwei Gleichspannungsquellen (4), die die Umrichter (3) mit elektrischer Energie versorgen.

4. Anordnung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass jede Sensoreinheit (2) von einer der zwei Gleichspannungsquellen (4) mit elektrischer Energie versorgt wird.

5. Anordnung nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Gleichspannungsquelle (4) eine Batterie ist.

6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch:

- ein selbstanlaufendes Netzteil (2.1) der Sensoreinheit (2), das ausgebildet ist, die Sensoreinheit (2) mit Spannung zu versorgen.

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch:
- ein selektives galvanisches Trennelementen oder ein Lichtwellenleiter (2.2) zur Datenverbindung der Sensoreinheit (2) mit den Umrichtern (3).

8. Fahrzeug mit einer Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche für einen elektrischen oder hybrid-elektrischen Antrieb.

9. Fahrzeug nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Fahrzeug ein Luftfahrzeug (5) ist.

10. Fahrzeug nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Luftfahrzeug (5) ein Flugzeug ist.

11. Fahrzeug (5) nach Anspruch 10,
gekennzeichnet durch:
- einen durch den Elektromotor (1) in Rotation versetzbaren Propeller (6).

FIG 1

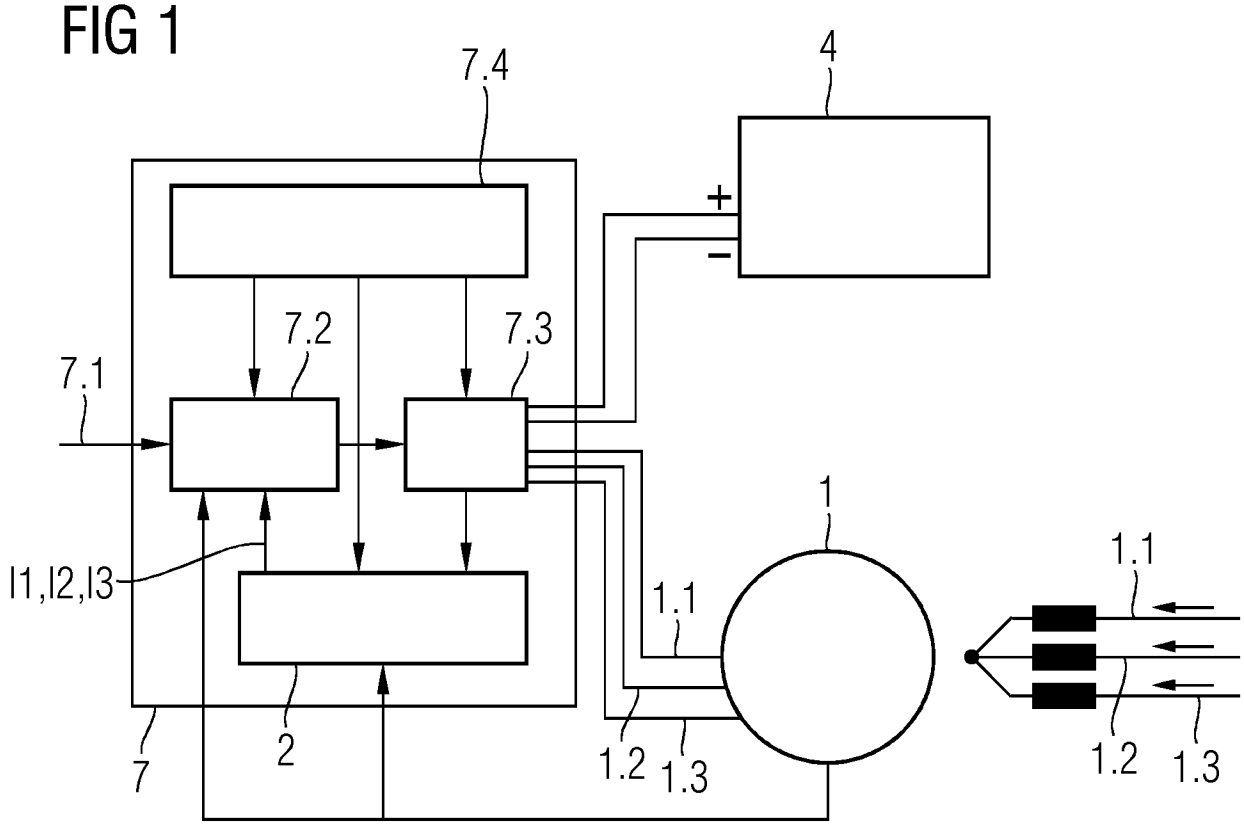


FIG 2

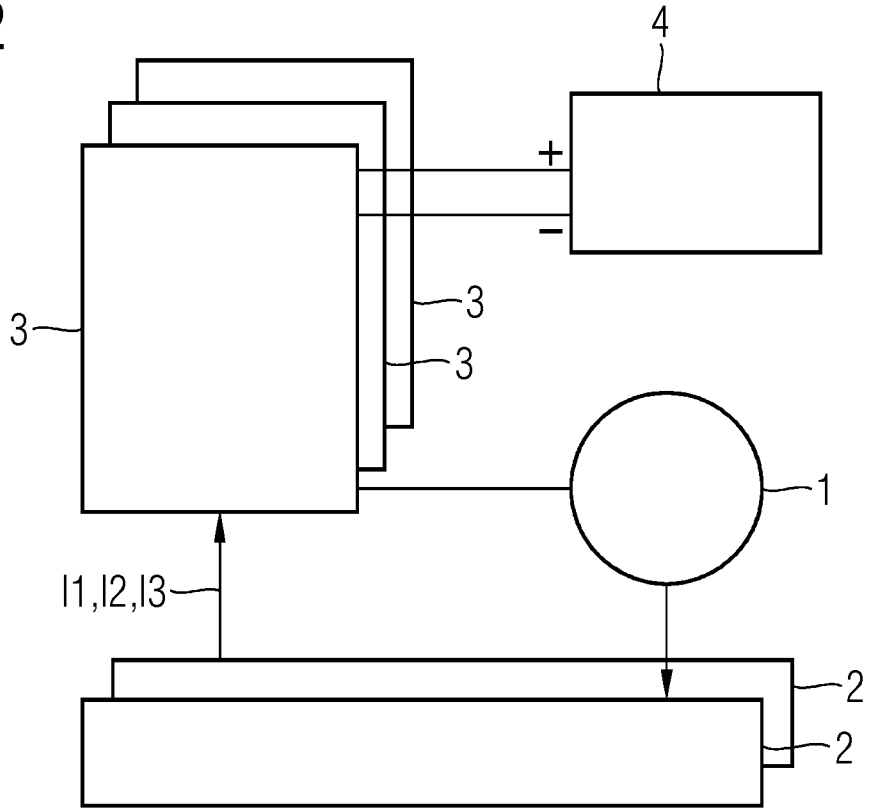


FIG 3

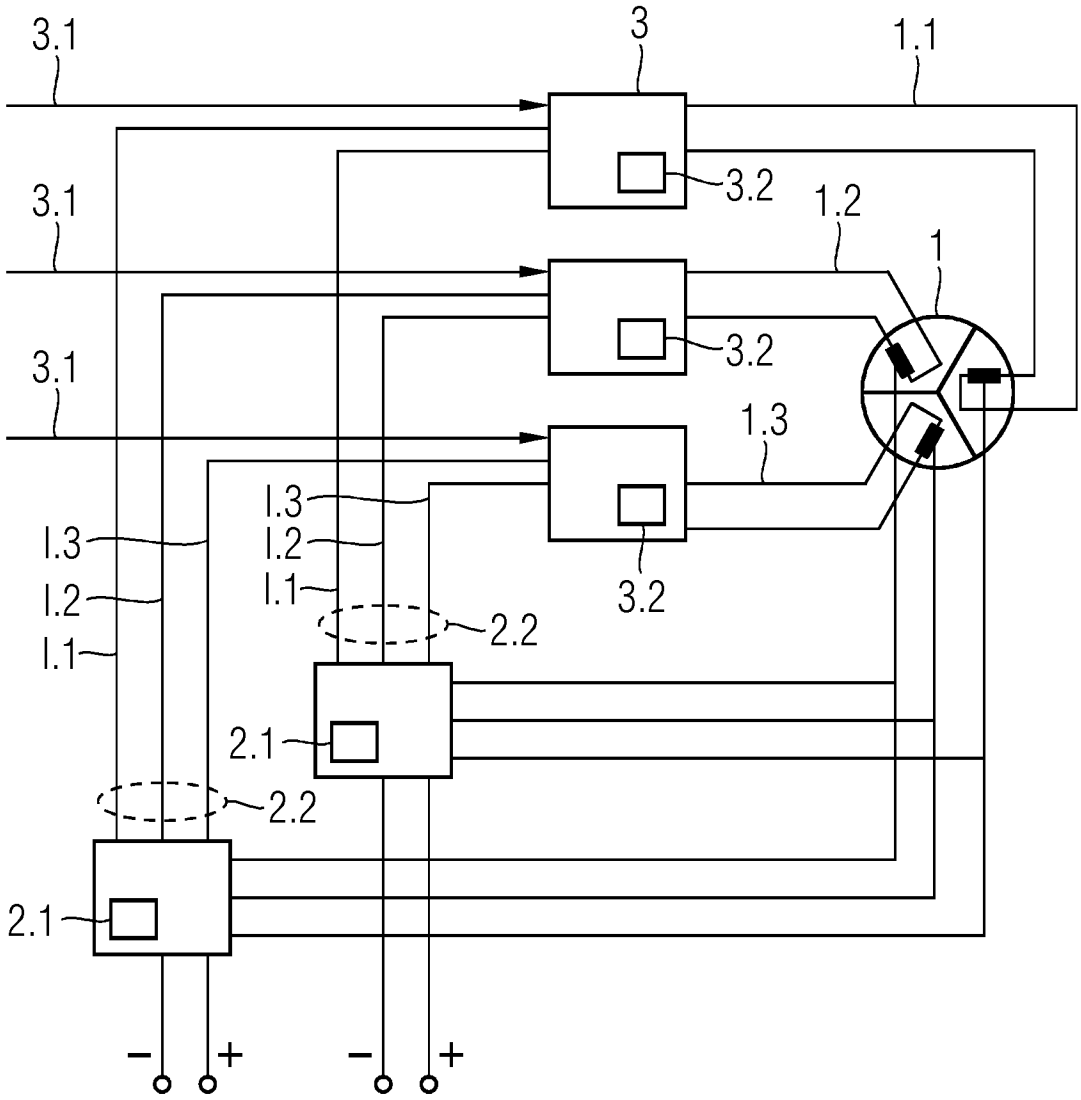
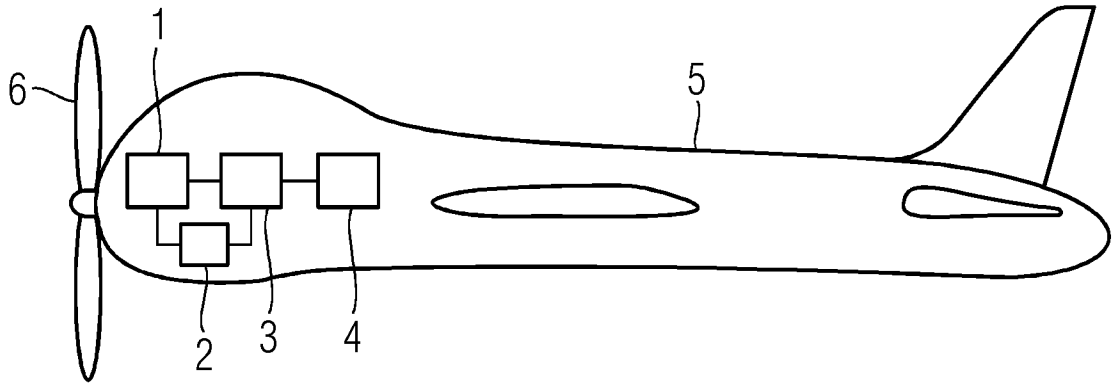


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/065961

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 6/30(2016.01)i; ***H02P 6/18***(2016.01)i; ***G05B 9/03***(2006.01)i

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)

H02P; G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102010029370 A1 (SIEMENS AG [DE]) 01 December 2011 (2011-12-01) paragraph [0025]; figure 2 paragraph [0032]; figure 3 paragraphs [0023], [0034]	1-3,5,7-11
Y	EP 3001271 A1 (SIEMENS AG [DE]) 30 March 2016 (2016-03-30) paragraphs [0012], [0024]	1,2,5,7,8
Y	DE 102014113542 A1 (BOSCH GMBH ROBERT AUTOMOTIVE STEERING [DE]) 24 March 2016 (2016-03-24) paragraph [0019]; figure 1	3
Y	DE 102015226836 A1 (SIEMENS AG [DE]) 06 July 2017 (2017-07-06) paragraph [0001] - paragraph [0002]	9-11

☐ 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	Date of mailing of the international search report
31 August 2020	**08 September 2020**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Schürle, Patrick** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/065961

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102010029370 A1	01 December 2011	DE 102010029370 A1	01 December 2011
		WO 2011147878 A2	01 December 2011
EP 3001271 A1	30 March 2016	NONE	
DE 102014113542 A1	24 March 2016	NONE	
DE 102015226836 A1	06 July 2017	DE 102015226836 A1	06 July 2017
		WO 2017114643 A1	06 July 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/065961

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02P6/30 H02P6/18 G05B9/03
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02P G05B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2010 029370 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. Dezember 2011 (2011-12-01) Absatz [0025]; Abbildung 2 Absatz [0032]; Abbildung 3 Absätze [0023], [0034]	1-3,5, 7-11
Y	EP 3 001 271 A1 (SIEMENS AG [DE]) 30. März 2016 (2016-03-30) Absätze [0012], [0024]	1,2,5,7, 8
Y	DE 10 2014 113542 A1 (BOSCH GMBH ROBERT AUTOMOTIVE STEERING [DE]) 24. März 2016 (2016-03-24) Absatz [0019]; Abbildung 1	3
Y	DE 10 2015 226836 A1 (SIEMENS AG [DE]) 6. Juli 2017 (2017-07-06) Absatz [0001] - Absatz [0002]	9-11

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
31. August 2020	08/09/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schürle, Patrick

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/065961

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010029370 A1	01-12-2011	DE 102010029370 A1	01-12-2011
		WO 2011147878 A2	01-12-2011
EP 3001271 A1	30-03-2016	KEINE	
DE 102014113542 A1	24-03-2016	KEINE	
DE 102015226836 A1	06-07-2017	DE 102015226836 A1	06-07-2017
		WO 2017114643 A1	06-07-2017