

(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
03. September 2020 (03.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/173755 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02P 29/62 (2016.01) H02P 21/00 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/054194

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Februar 2020 (18.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 104 984.9
27. Februar 2019 (27.02.2019) DE

(71) Anmelder: MAHLE INTERNATIONAL GMBH
[DE/DE]; Pragstraße 26-46, 70376 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: STOJAN, David; Zice 91, 3215 Loce pri Poljcanah (SI). WEIMANN, Benjamin; Schloßstr. 98a, 70176 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: BRP RENAUD UND PARTNER MBB; Königsstraße 28, 70173 Stuttgart (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.

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A THREE-PHASE ELECTRIC MOTOR, AND THREE-PHASE ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES DREIPHASIGEN ELEKTRISCHEN MOTORS UND DREIPHASIGER ELEKTRISCHER MOTOR

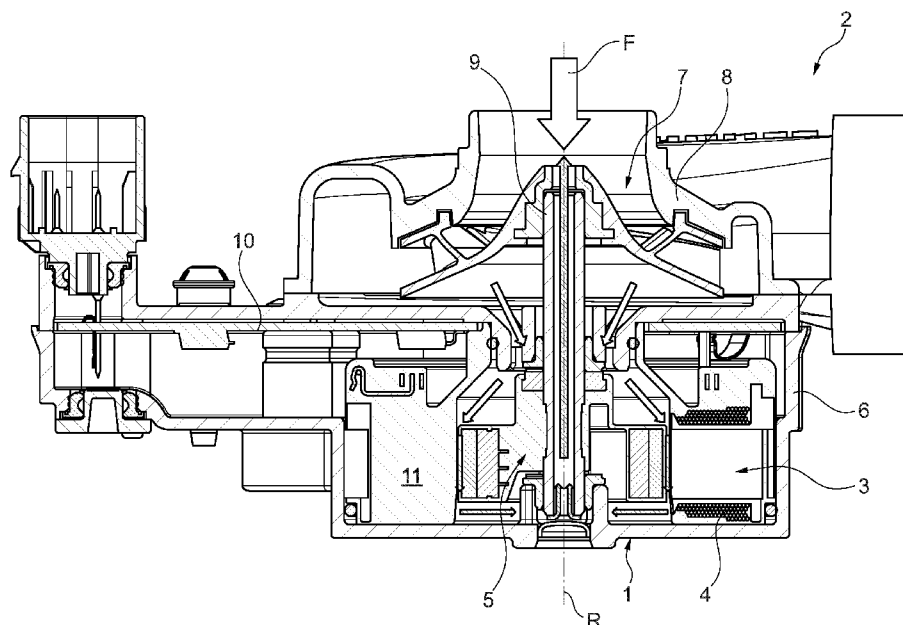


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a three-phase electric motor (1) which comprises a non-rotatable stator (3), a rotor (5), which is rotatable about an axis of rotation (R), and a control device (10) and through which a cooling fluid (F) can flow. The control device (10) applies a current vector to the stator (3), and the rotor (5) is thereby rotated as a result of electromagnetic interaction with the stator (3). The control device (10) controls torque produced by the rotor (5) by means of vector control which relates to a rotor-related system having a d-axis and a q-axis. The q-axis relates to the torque produced by the rotor (5), and the d-axis relates to the magnetic flux density of the magnetic excitation in the rotor (5). A current vector is transformed into a transformed current vector in the rotor-related system. The transformed current vector is formed by a scalar q part, which relates to the q-axis, and by a scalar d



WO 2020/173755 A1

(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)

part which relates to the d-axis. During normal operation of the electric motor (1), the control device sets the q part and/or the d part of the transformed current vector to values that are required to produce the necessary torque and to reduce losses in the electric motor (1). According to the invention, during heating operation of the electric motor (1), the control device (10) sets the q part to a value that is required to produce the necessary torque; the control device (10) sets the d part to a value that lies between a value required to produce the necessary torque and a maximum value of the d part in order to increase losses in the electric motor (1); the maximum value of the d part is dependent on a maximum current vector of the current vector transformed by means of the given q part in the electric motor (1); and the produced losses generate waste heat which is transferred to the cooling fluid (F) flowing through the electric motor (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines dreiphasigen elektrischen Motors (1), der einen nicht drehbaren Stator (3), einen um eine Drehachse (R) drehbaren Rotor (5) und eine Steuervorrichtung (10) umfasst und der von einem Kühlfluid (F) durchströmbar ist. Die Steuervorrichtung (10) legt einen Stromvektor an den Stator (3) an, und der Rotor (5) dreht sich dadurch durch eine elektromagnetische Wechselwirkung mit dem Stator (3). Die Steuervorrichtung (10) steuert ein durch den Rotor (5) erzeugtes Drehmoment durch eine Vektorsteuerung, die sich auf ein rotorbezogenes System mit einer d-Achse und einer q-Achse bezieht. Die q-Achse bezieht sich auf das durch den Rotor (5) erzeugte Drehmoment, und die d-Achse bezieht sich auf eine magnetische Flussdichte der magnetischen Erregung in dem Rotor (5). Ein Stromvektor wird zu einem transformierten Stromvektor in dem rotorbezogenen System transformiert. Der transformierte Stromvektor wird durch einen skalaren q-Teil, der sich auf die q-Achse bezieht, und durch einen skalaren d-Teil, der sich auf die d-Achse bezieht, gebildet. Die Steuervorrichtung stellt bei Normalbetrieb des elektrischen Motors (1) den q-Teil und/oder den d-Teil des transformierten Stromvektors auf Werte ein, die zum Erzeugen des benötigten Drehmoments und zum Reduzieren von Verlusten in dem elektrischen Motor (1) erforderlich sind. Gemäß der Erfindung stellt bei Heizbetrieb des elektrischen Motors (1) die Steuervorrichtung (10) den q-Teil auf einen Wert ein, der zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlich ist; die Steuervorrichtung (10) stellt den d-Teil auf einen Wert ein, der zwischen einem zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlichen Wert und einem Maximalwert des d-Teils liegt, um Verluste im elektrischen Motor (1) zu erhöhen; der Maximalwert des d-Teils ist von einem Maximalstromvektor des durch den gegebenen q-Teil in dem elektrischen Motor (1) transformierten Stromvektors abhängig; und die erzeugten Verluste generieren Abwärme, die auf das den elektrischen Motor (1) durchströmende Kühlfluid (F) übertragen wird.

- 1 -

Verfahren zum Betreiben eines dreiphasigen elektrischen Motors und
dreiphasiger elektrischer Motor

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines dreiphasigen elektrischen Motors gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und einen
5 durch das Verfahren betriebenen dreiphasigen elektrischen Motor.

Ein elektrischer Motor enthält einen nicht drehbaren Stator und einen um eine Drehachse drehbaren Rotor. Der Stator und der Rotor sind in einem
10 Gehäuse des elektrischen Motors, durch das ein Kühlfluid strömen kann, angeordnet. Das Kühlfluid kann dadurch zum Kühlen des elektrischen Motors verwendet werden, und das Kühlfluid kann anschließend anderen Komponenten zugeführt werden. Der elektrische Motor kann in einer Fluidpumpe zum Zirkulieren des Kühlfluids in einem Verbrennungsmotor
15 oder in Batteriezellen in einem Elektrofahrzeug verwendet werden. Elektrische Motoren werden in der Regel durch eine Vektorsteuerung mit einem Rotorreferenzrahmen gesteuert. In diesem Fall wird das durch den Rotor erzeugte Drehmoment durch eine Steuervorrichtung gesteuert. Um ein Überhitzen des elektrischen Motors zu verhindern, wird die in dem elektrischen Motor erzeugte Abwärme auf ein Minimum reduziert. Bei
20 kalten Temperaturen und beim Starten der Verbrennungsmotoren oder Batterien ist das Kühlmittel oftmals zu kalt. Das kalte zirkulierende Kühlmittel in dem System verhindert ein schnelles Erwärmen des Verbrennungsmotors oder der Batterien auf eine optimale
25 Arbeitstemperatur.

Deshalb besteht die Aufgabe der Erfindung in der Bereitstellung einer verbesserten oder zumindest alternativen Ausführungsform eines elektrischen Motors und eines Verfahrens, das zum Betreiben desselben
30 zum Überwinden der beschriebenen Nachteile geeignet ist.

- 2 -

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände unabhängiger Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

- 5 Ein beschriebenes Verfahren ist zum Betreiben eines dreiphasigen elektrischen Motors, der einen nicht drehbaren Stator, einen um eine Drehachse drehbaren Rotor und eine Steuervorrichtung enthält, geeignet. Der elektrische Motor kann dabei von einem Kühlfluid durchströmt werden. Die Steuervorrichtung legt einen Stromvektor an den Stator an, und
10 dadurch dreht sich der Rotor durch eine elektromagnetische Wechselwirkung mit dem Stator. Die Steuervorrichtung steuert ein durch den Rotor erzeugtes Drehmoment durch eine Vektorsteuerung, die sich auf ein rotorbezogenes System mit einer d-Achse und einer q-Achse bezieht. Die q-Achse bezieht sich auf das durch den Rotor erzeugte Drehmoment,
15 und die d-Achse bezieht sich auf eine magnetische Flussdichte der magnetischen Erregung in dem Rotor. Ein Stromvektor wird zu einem transformierten Stromvektor in dem rotorbezogenen System transformiert. Der transformierte Stromvektor wird durch einen skalaren q-Teil, der sich auf die q-Achse bezieht, und durch einen skalaren d-Teil, der sich auf
20 die d-Achse bezieht, gebildet. Bei Normalbetrieb des elektrischen Motors stellt die Steuervorrichtung den q-Teil und/oder den d-Teil des transformierten Stromvektors auf Werte ein, die zum Erzeugen des benötigten Drehmoments und zum Reduzieren von Verlusten in dem elektrischen Motor erforderlich sind.

- 25
Gemäß der Erfindung stellt die Steuervorrichtung bei Heizbetrieb des elektrischen Motors den q-Teil auf einen Wert ein, der zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlich ist. Ferner stellt die Steuervorrichtung bei Heizbetrieb des elektrischen Motors den d-Teil auf einen Wert ein, der
30 zwischen einem zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlichen Wert und einem Maximalwert des d-Teils liegt, um Verluste

- 3 -

im elektrischen Motor zu erhöhen. Der Maximalwert des d-Teils hängt von einem Maximalstromvektor des bei dem vorgegebenen q-Teil in dem elektrischen Motor transformierten Stromvektors ab. Die erzeugten Verluste generieren Abwärme, die auf das den elektrischen Motor durchströmende Kühlfluid übertragen wird. Der Maximalstromvektor des elektrischen Motors wird durch die mechanischen Eigenschaften des elektrischen Motors bestimmt. Das Quadrat der Länge des transformierten Stromvektors ist dabei die Summe des Quadrats des q-Teils und des Quadrats des d-Teils. Bei dem dreiphasigen elektrischen Motor ist die Länge des transformierten Stromvektors in dem rotorbezogenen System gleich der Länge des Stromvektors in dem dreiphasigen Stromsystem. Somit wird der transformierte Stromvektor indirekt durch drei in dem Stator des elektrischen Motors fließende Motorströme vorgegeben.

Bei Heizbetrieb erhöhen sich die Verluste in dem elektrischen Motor, so dass die erzeugte Abwärme auf das den elektrischen Motor durchströmende Kühlfluid übertragen werden kann. Deshalb kann bei Verwendung des elektrischen Motors zum Zirkulieren des Kühlfluids in einem Verbrennungsmotor oder in Batteriezellen in einem Elektrofahrzeug das Vorwärmen des Kühlfluids dazu verwendet werden, eine optimale Betriebstemperatur eines Verbrennungsmotors oder von Batteriezellen in einem Elektrofahrzeug schneller zu erreichen. Die Abwärme wird dabei durch Wicklungsverluste und Verluste in dem Stahleisen des Stators aufgrund von Wirbelströmen und Hystereseverlusten erzeugt. Beide werden bei Heizbetrieb des elektrischen Motors erhöht. Die in dem elektrischen Motor erzeugte Abwärme kann mittels einer thermischen Verbindung zwischen dem Stator und dem Rotor mit dem Kühlfluid auf das Kühlfluid übertragen werden. Zum Übertragen der erzeugten Abwärme auf das Kühlfluid können Wicklungen des Stators durch einen Kunststoff mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit elektrisch isoliert werden.

- 4 -

Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass der elektrische Motor ein Permanentmagnetsynchronmotor mit oberflächenmontierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, ist. Bei Heizbetrieb stellt die Steuervorrichtung dann den d-Teil auf einen negativen Wert ein, der kleiner als null und größer oder gleich dem maximalen negativen Wert des d-Teils ist. Bei Normalbetrieb wird der Wert des d-Teils im Permanentmagnetsynchronmotor dieser Art auf null eingestellt. Zum Erzeugen von Abwärme in dem elektrischen Motor dieser Art kann der Wert des d-Teils auch auf der negativen d-Achse liegen und kann zwischen null und dem maximalen negativen Wert des d-Teils variiert werden.

Alternativ kann der elektrische Motor ein Permanentmagnetsynchronmotor mit innen montierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, sein. Bei Heizbetrieb stellt die Steuervorrichtung dann den d-Teil auf einen negativen Wert ein, der kleiner als erforderlich ist, um das benötigte Drehmoment zu erzeugen, und größer oder gleich dem maximalen negativen Wert des d-Teils ist. Bei Normalbetrieb liegt der Wert des d-Teils in dem Permanentmagnetsynchronmotor dieser Art auf der negativen d-Achse, um den Reluktanzteil des Drehmoments zu erzeugen. Zum Erzeugen von Abwärme in dem elektrischen Motor dieser Art kann der Wert des d-Teils auf der negativen d-Achse liegen und kann zwischen dem maximalen negativen Wert des d-Teils und dem negativen Wert des d-Teils, der zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlich ist, variiert werden.

Auf diese Weise kann die durch den elektrischen Motor erzeugte Abwärme bei beiden Arten elektrischer Motoren an die erforderlichen Bedingungen angepasst werden. Um die in dem elektrischen Motor bei Heizbetrieb erzeugte Abwärme zu maximieren, kann die Steuervorrichtung den d-Teil auf einen Maximalwert des d-Teils einstellen. Im Allgemeinen kann der

- 5 -

elektrische Motor eine andere Art von elektrischem Motor sein, die für die Steuerung durch das erfindungsgemäße Verfahren geeignet ist.

5 Ferner betrifft die Erfindung einen dreiphasigen elektrischen Motor mit einem nicht drehbaren Stator und einen um eine Drehachse drehbaren Rotor. Der Stator und der Rotor sind in einem Gehäuse des elektrischen Motors angeordnet und können von einem Kühlfluid umströmt werden. Der elektrische Motor enthält eine Steuervorrichtung zum Steuern des elektrischen Motors durch eine sich auf ein rotorbezogenes System mit
10 einer d-Achse und mit einer q-Achse beziehende Vektorsteuerung, wobei sich die q-Achse auf das durch den Rotor erzeugte Drehmoment bezieht und sich die d-Achse auf eine magnetische Flussdichte der magnetischen Erregung in dem Rotor bezieht. Die Steuervorrichtung kann einen Stromvektor an den Stator anlegen, und der Rotor kann dadurch durch
15 eine elektromagnetische Wechselwirkung mit dem Stator gedreht werden. Ein Stromvektor wird zu einem transformierten Stromvektor in dem rotorbezogenen System transformiert, wobei der transformierte Stromvektor durch einen skalaren q-Teil, der sich auf die q-Achse bezieht, und durch einen skalaren d-Teil, der sich auf die d-Achse bezieht, gebildet
20 wird. Bei Normalbetrieb des elektrischen Motors kann die Steuervorrichtung den q-Teil und/oder den d-Teil des transformierten Stromvektors auf Werte einstellen, die zum Erzeugen des benötigten Drehmoments und zum Reduzieren von Verlusten in dem elektrischen Motor erforderlich sind.

25 Gemäß der Erfindung wird der elektrische Motor vorübergehend in einem Heizbetrieb betrieben. Im Heizbetrieb stellt die Steuervorrichtung den q-Teil auf einen Wert ein, der zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlich ist, und stellt den d-Teil auf einen Wert ein, der zwischen einem
30 zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlichen Wert und einem Maximalwert des d-Teils liegt, um Verluste im elektrischen Motor zu

- 6 -

erhöhen. Der Maximalwert des d-Teils hängt von einem Maximalstromvektor des transformierten Stromvektors ab. Der elektrische Motor ist zur Steuerung durch das erfindungsgemäße Verfahren konzipiert.

- 5 Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass der elektrische Motor ein Permanentmagnetsynchronmotor mit oberflächenmontierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, ist. Bei Heizbetrieb wird der d-Teil durch die Steuervorrichtung auf einen negativen Wert eingestellt, der kleiner als null und größer als der maximale negative Wert des d-Teils ist. Bei Normalbetrieb wird der Wert des d-Teils in dem Permanentmagnetsynchronmotor dieser Art auf null eingestellt. Zum Erzeugen von Abwärme in dem elektrischen Motor ist der Wert des d-Teils negativ und kann zwischen null und dem maximalen negativen Wert des d-Teils variiert werden. Alternativ kann vorgesehen sein, dass der elektrische Motor ein Permanentmagnetsynchronmotor mit innen montierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, ist. Bei Heizbetrieb wird der d-Teil dann durch die Steuervorrichtung auf einen negativen Wert eingestellt, der kleiner als null und kleiner als erforderlich ist, um das benötigte Drehmoment zu erzeugen, aber größer als der maximale negative Wert des d-Teils ist. Bei Normalbetrieb liegt der Wert des d-Teils in dem Permanentmagnetsynchronmotor dieser Art auf der negativen d-Achse, um den Reluktanzteil des Drehmoments zu erzeugen. Zum Erzeugen von Abwärme in dem elektrischen Motor dieser Art ist der Wert des d-Teils negativ und kann zwischen dem maximalen negativen Wert des d-Teils und dem negativen Wert des d-Teils, der zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlich ist, variiert werden. Alternativ kann der Elektromotor ein Asynchronmotor, vorzugsweise ein Induktionsmotor, sein. Bei Heizbetrieb wird der d-Teil durch die Steuervorrichtung auf einen positiven Wert eingestellt, der größer als null und kleiner als der maximale

- 7 -

positive Wert des d-Teils ist, um Abwärme in dem elektrischen Motor dieser Art zu erzeugen.

5 Es kann vorgesehen sein, dass der Rotor innen von dem Stator aufgenommen ist oder der Stator innen von dem Rotor aufgenommen ist, so dass zwischen dem Rotor und dem Stator ein Umfangsspalt gebildet ist, der von dem Kühlfluid durchströmt werden kann. Alternativ können der Rotor und der Stator axial nebeneinander angeordnet sein, so dass zwischen dem Rotor und dem Stator ein axialer Spalt senkrecht zu der
10 Drehachse gebildet ist, der von dem Kühlfluid durchströmt werden kann.

Vorteilhafterweise kann der Stator eine konzentrierte Wicklung oder eine verteilte Wicklung enthalten. Der Stator kann ein segmentierter Stator oder ein nicht segmentierter Stator sein. Der Stator kann mehrere Spulen
15 enthalten, wobei die Spulen des Stators durch eine Sternschaltung oder durch eine Dreieckschaltung miteinander verschaltet sind. Der Rotor kann ein Rotorpaket enthalten, das durch Eisenblech gebildet ist, und/oder der Stator enthält ein Statorpaket, das durch Eisenblech gebildet ist.

20 Die Erfindung betrifft auch eine Fluidpumpe mit dem oben beschriebenen elektrischen Motor. Die Fluidpumpe ist dabei vorzugsweise zum Zirkulieren eines Kühlfluids in einem Verbrennungsmotor oder in Batteriezellen in einem Elektrofahrzeug vorgesehen. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird an dieser Stelle auf die obigen Ausführungen verwiesen.

25 Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus den abhängigen Ansprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung über die Zeichnungen erhalten.

30 Es versteht sich, dass die oben erwähnten Merkmale, die nachfolgend noch zu erläutern sind, nicht nur in der angeführten jeweiligen Kombination

- 8 -

verwendet werden können, sondern auch in anderen Kombinationen oder alleine, ohne den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

5 Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden in den Zeichnungen gezeigt und in der folgenden Beschreibung ausführlicher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszahlen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen.

Figur 1 zeigt eine Schnittansicht eines dreiphasigen elektrischen Motors 1
10 in einer Fluidpumpe 2. Der elektrische Motor 1 enthält einen nicht drehbaren Stator 3 mit Wicklungen 4 und einen um eine Drehachse R drehbaren Rotor 5 mit einer Rotorwelle 9. Der Stator 3 und der Rotor 5 sind in einem Gehäuse 6 des elektrischen Motors 1 angeordnet und können von einem Kühlfluid F, das hier durch Pfeile markiert ist, umströmt werden. Die
15 Fluidpumpe 2 enthält ein Rad 7 in einem Radgehäuse 8. Das Rad 7 ist dadurch mit der Rotorwelle 9 gekoppelt und dreht sich mit dem Rotor 5. Der elektrische Motor 1 enthält eine Steuervorrichtung 10 zum Steuern des elektrischen Motors 1 durch eine sich auf ein rotorbezogenes System beziehende Vektorsteuerung. Der elektrische Motor 1 kann vorübergehend
20 in einem Heizmodus betrieben werden, um die Abwärme in dem elektrischen Motor 1 zu erzeugen und um das den elektrische Motor 1 durchströmende Kühlfluid F zu erwärmen. Die Abwärme wird dabei durch Wirbelstrom- und Hystereseverluste von Stahleisen und Widerstandsverluste in den Wicklungen 4 des Stators 3 erzeugt. Die
25 Wicklungen 4 des Stators 3 sind daher in einem Kunststoffkörper 11 eingekapselt, der die Wicklungen 4 elektrisch isoliert und die in den Wicklungen 4 erzeugte Abwärme auf das Kühlfluid F überträgt. Dazu weist der Kunststoffkörper 11 eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf. Durch Verwendung der Fluidpumpe 2 zum Zirkulieren des Kühlfluids F in einem
30 Verbrennungsmotor oder in Batteriezellen in einem Elektrofahrzeug kann das Vorwärmen des Kühlfluids F dazu verwendet werden, einen

- 9 -

effizienteren Betriebspunkt des Verbrennungsmotors oder der Batteriezellen in dem Elektrofahrzeug zu erreichen.

5

- 10 -

Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines dreiphasigen elektrischen Motors (1), der einen nicht drehbaren Stator (3), einen um eine Drehachse (R) drehbaren Rotor (5) und eine Steuervorrichtung (10) umfasst und der von einem Kühlfluid (F) durchströmbar ist,
- 5
- wobei die Steuervorrichtung (10) einen Stromvektor an den Stator (3) anlegt und sich der Rotor (5) dadurch durch eine elektromagnetische Wechselwirkung mit dem Stator (3) dreht,
 - 10 - wobei die Steuervorrichtung (10) ein durch den Rotor (5) erzeugtes Drehmoment durch eine Vektorsteuerung steuert, die sich auf ein rotorbezogenes System mit einer d-Achse und einer q-Achse bezieht,
 - wobei sich die q-Achse auf das durch den Rotor (5) erzeugte Drehmoment bezieht und sich die d-Achse auf eine magnetische Flussdichte der magnetischen Erregung in dem Rotor (5) bezieht,
 - 15 - wobei der Stromvektor zu einem transformierten Stromvektor in dem rotorbezogenen System transformiert wird,
 - wobei der transformierte Stromvektor durch einen skalaren q-Teil, der sich auf die q-Achse bezieht, und durch einen skalaren d-Teil, der sich auf die d-Achse bezieht, gebildet wird,
 - 20 - wobei die Steuervorrichtung bei Normalbetrieb des elektrischen Motors (1) den q-Teil und/oder den d-Teil des transformierten Stromvektors auf Werte einstellt, die zum Erzeugen des benötigten Drehmoments und zum Reduzieren von Verlusten in dem elektrischen Motor (1) erforderlich sind,
 - 25
- dadurch gekennzeichnet,
- dass die Steuervorrichtung (10) bei Heizbetrieb des elektrischen Motors (1) den q-Teil auf einen Wert einstellt, der zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlich ist; und
 - 30

- 11 -

- dass die Steuervorrichtung (10) bei Heizbetrieb des elektrischen Motors (1) den d-Teil auf einen Wert einstellt, der zwischen einem zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlichen Wert und einem Maximalwert des d-Teils liegt, um Verluste im elektrischen Motor (1) zu erhöhen; und
- dass der Maximalwert des d-Teils von einem Maximalstromvektor des transformierten Stromvektors bei dem vorgegebenen q-Teil in dem elektrischen Motor (1) abhängig ist, und
- dass die erzeugten Verluste Abwärme generieren, die auf das den elektrischen Motor (1) durchströmende Kühlfluid (F) übertragen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

- dass der elektrische Motor (1) ein Permanentmagnetsynchronmotor mit oberflächenmontierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, ist und die Steuervorrichtung (10) bei Heizbetrieb den d-Teil auf einen negativen Wert einstellt, der kleiner als null und größer oder gleich dem maximalen negativen Wert des d-Teils ist, oder
- dass der elektrische Motor (1) ein Permanentmagnetsynchronmotor mit innen montierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, ist und die Steuervorrichtung (10) bei Heizbetrieb den d-Teil auf einen negativen Wert einstellt, der kleiner als null und kleiner als erforderlich ist, um das benötigte Drehmoment zu erzeugen, und größer oder gleich dem maximalen negativen Wert des d-Teils ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,

- dass die Steuervorrichtung (10) bei Heizbetrieb den d-Teil auf einen Maximalwert des d-Teils einstellt.

- 12 -

4. Dreiphasiger elektrischer Motor (1) mit einem nicht drehbaren Stator (3) und einem um eine Drehachse (R) drehbaren Rotor (5),
- 5 - wobei der Stator (3) und der Rotor (5) in einem Gehäuse (6) des elektrischen Motors (1) angeordnet sind und von einem Kühlfluid (F) umströmt werden können,
- wobei der elektrische Motor (1) eine Steuervorrichtung (10) zum Steuern des elektrischen Motors (1) durch eine sich auf ein rotorbezogenes System mit einer d-Achse und mit einer q-Achse
- 10 beziehende Vektorsteuerung enthält,
- wobei sich die q-Achse auf das durch den Rotor (5) erzeugte Drehmoment bezieht und sich die d-Achse auf eine magnetische Flussdichte der magnetischen Erregung in dem Rotor (5) bezieht,
- wobei die Steuervorrichtung (10) einen Stromvektor an den Stator
- 15 (3) anlegen kann und der Rotor (5) dadurch durch eine elektromagnetische Wechselwirkung mit dem Stator (3) gedreht werden kann,
- wobei der Stromvektor zu einem transformierten Stromvektor in dem rotorbezogenen System transformiert wird,
- 20 - wobei der transformierte Stromvektor durch einen skalaren q-Teil, der sich auf die q-Achse bezieht, und durch einen skalaren d-Teil, der sich auf die d-Achse bezieht, gebildet wird,
- wobei die Steuervorrichtung (10) bei Normalbetrieb des elektrischen Motors (1) den q-Teil und/oder den d-Teil des transformierten
- 25 Stromvektors auf Werte einstellen kann, die zum Erzeugen des benötigten Drehmoments und zum Reduzieren von Verlusten in dem elektrischen Motor (1) erforderlich sind,
- dadurch gekennzeichnet,
- 30 dass der elektrische Motor (1) vorübergehend in einem Heizbetrieb betrieben ist, wobei die Steuervorrichtung (10) bei Heizbetrieb den q-Teil auf einen Wert einstellt, der zum Erzeugen des benötigten Drehmoments

- 13 -

erforderlich ist, und den d-Teil auf einen Wert einstellt, der zwischen einem zum Erzeugen des benötigten Drehmoments erforderlichen Wert und einem Maximalwert des d-Teils liegt, um Verluste im elektrischen Motor (1) zu erhöhen, wobei der Maximalwert des d-Teils von einem
5 Maximalstromvektor des transformierten Stromvektors abhängig ist.

5. Elektrischer Motor nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

- 10 - dass der elektrische Motor (1) ein Permanentmagnetsynchronmotor mit oberflächenmontierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, ist und der d-Teil bei Heizbetrieb durch die Steuervorrichtung (10) auf einen negativen Wert eingestellt wird, der kleiner als null und größer als der maximale negative Wert des d-Teils ist, oder
- 15 - dass der elektrische Motor (1) ein Permanentmagnetsynchronmotor mit innen montierten Permanentmagneten, vorzugsweise ein bürstenloser Gleichstrommotor, ist und der d-Teil bei Heizbetrieb durch die Steuervorrichtung (10) auf einen negativen Wert eingestellt wird, der kleiner als null und kleiner als erforderlich ist,
20 um das benötigte Drehmoment zu erzeugen, aber größer als der maximale negative Wert des d-Teils ist.

6. Elektrischer Motor nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass

- 25 der Elektromotor (1) ein Asynchronmotor, vorzugsweise ein Induktionsmotor, ist und der d-Teil bei Heizbetrieb durch die Steuervorrichtung (10) auf einen positiven Wert eingestellt wird, der größer als der d-Teil bei Normalbetrieb ist.

- 30 7. Elektrischer Motor nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass

- 14 -

- der Rotor (5) innen von dem Stator (3) aufgenommen ist oder der Stator (3) innen von dem Rotor (5) aufgenommen ist, so dass zwischen dem Rotor (5) und dem Stator (3) ein Umfangsspalt gebildet wird, der von dem Kühlfluid (F) durchströmt werden kann, oder

- der Rotor (5) und der Stator (3) axial nebeneinander angeordnet sind, so dass zwischen dem Rotor (5) und dem Stator (3) ein axialer Spalt senkrecht zu der Drehachse (R) gebildet ist, der von dem Kühlfluid (F) durchströmt werden kann.

8. Elektrischer Motor nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (3) eine konzentrierte Wicklung (4) oder eine verteilte Wicklung (4) enthält.

9. Elektrischer Motor nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (3) ein segmentierter Stator oder ein nicht segmentierter Stator ist.

10. Elektrischer Motor nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (3) mehrere Spulen enthält, wobei die Spulen des Stators (3) durch eine Sternschaltung oder durch eine Dreieckschaltung miteinander verschaltet sind.

11. Elektrischer Motor nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (5) ein Rotorpaket enthält, das durch Eisenblech gebildet ist, und/oder der Stator ein Statorpaket enthält, das durch Eisenblech gebildet ist.

- 15 -

12. Fluidpumpe (2) mit einem elektrischen Motor (1),
dadurch gekennzeichnet,
dass der Motor (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 11 ausgestaltet ist.

5

13. Fluidpumpe nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Fluidpumpe (2) zum Zirkulieren eines Kühlfluids in einem
Verbrennungsmotor oder in Batteriezellen in einem Elektrofahrzeug
10 vorgesehen ist.

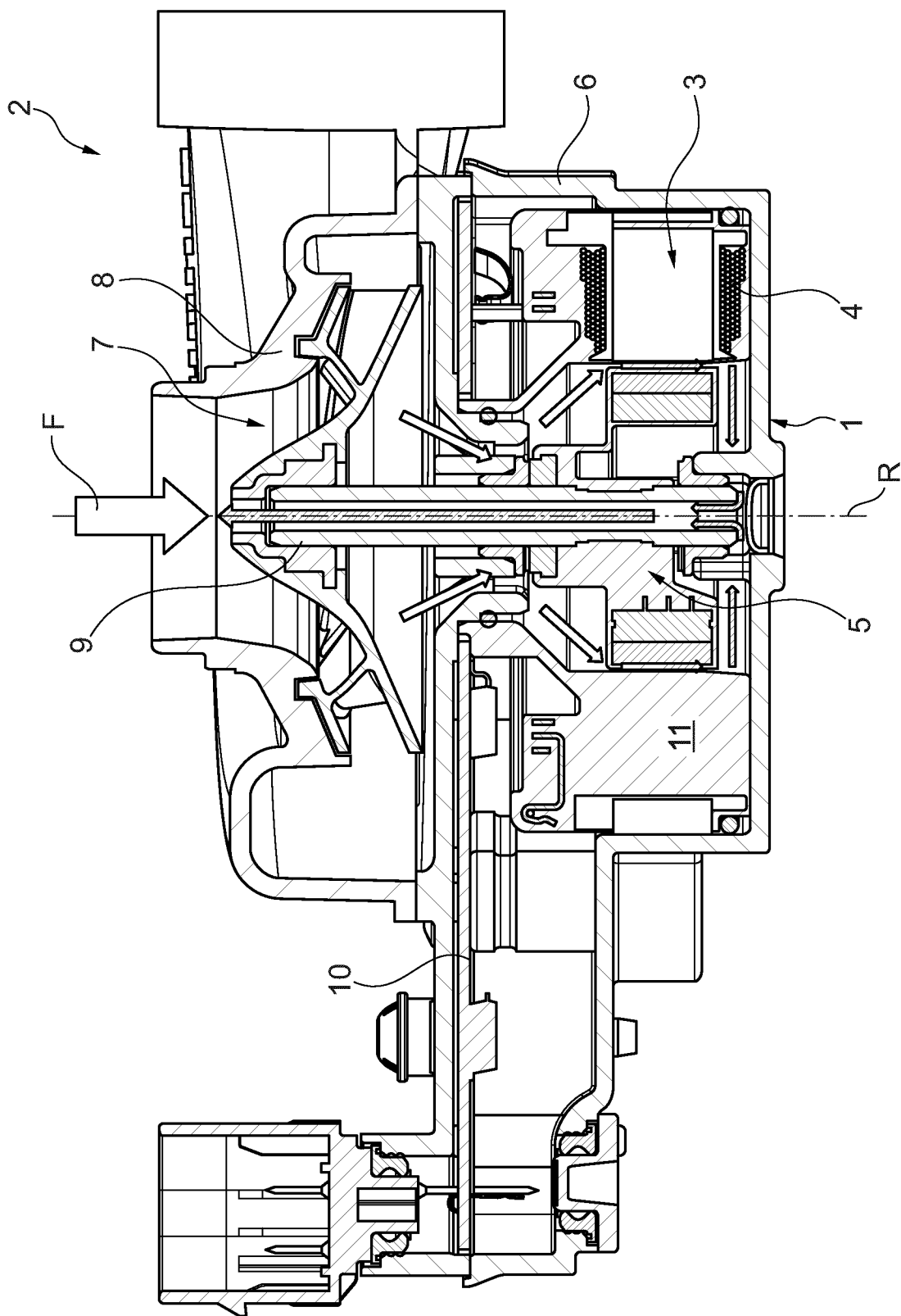


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/054194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 29/62**(2016.01)i; **H02P 21/00**(2016.01)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

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2018159341 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP]) 07 September 2018 (2018-09-07)	1,3,4,7-13
Y	paragraphs [0001] - [0003], [0058] - paragraph [0071]; figures 13-17	2,5,6
A	JP 2014023338 A (AIDA ENG LTD; HITACHI IND EQUIPMENT SYS) 03 February 2014 (2014-02-03) paragraph [0003]; figure 3	1-13
A	JP 2004352090 A (FAVESH CO LTD; TOYODA MACHINE WORKS LTD; KOYO SEIKO CO) 16 December 2004 (2004-12-16) paragraph [0089] - paragraph [0093]; figure 12	1-13
Y	US 2008272731 A1 (SCHULZ STEVEN E [US] ET AL) 06 November 2008 (2008-11-06) paragraph [0020]	2,5,6



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

29 April 2020

Date of mailing of the international search report

12 May 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

Kruip, Stephan

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/054194

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2018159341	A1	07 September 2018	CN	110366818	A	22 October 2019
				EP	3576298	A1	04 December 2019
				JP	WO2018159341	A1	19 December 2019
				US	2019375098	A1	12 December 2019
				WO	2018159341	A1	07 September 2018
JP	2014023338	A	03 February 2014	NONE			
JP	2004352090	A	16 December 2004	JP	4292871	B2	08 July 2009
				JP	2004352090	A	16 December 2004
US	2008272731	A1	06 November 2008	CN	101299585	A	05 November 2008
				DE	102008021425	A1	27 November 2008
				US	2008272731	A1	06 November 2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02P29/62 H02P21/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02P

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2018/159341 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP]) 7. September 2018 (2018-09-07)	1,3,4,7-13
Y	Absätze [0001] - [0003], [0058] - Absatz [0071]; Abbildungen 13-17	2,5,6
A	JP 2014 023338 A (AIDA ENG LTD; HITACHI IND EQUIPMENT SYS) 3. Februar 2014 (2014-02-03) Absatz [0003]; Abbildung 3	1-13
A	JP 2004 352090 A (FAVESS CO LTD; TOYODA MACHINE WORKS LTD; KOYO SEIKO CO) 16. Dezember 2004 (2004-12-16) Absatz [0089] - Absatz [0093]; Abbildung 12	1-13
Y	US 2008/272731 A1 (SCHULZ STEVEN E [US] ET AL) 6. November 2008 (2008-11-06) Absatz [0020]	2,5,6



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

29. April 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/05/2020

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

Kruip, Stephan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/054194

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2018159341 A1	07-09-2018	CN 110366818 A	22-10-2019
		EP 3576298 A1	04-12-2019
		JP W02018159341 A1	19-12-2019
		US 2019375098 A1	12-12-2019
		WO 2018159341 A1	07-09-2018

JP 2014023338 A	03-02-2014	KEINE	

JP 2004352090 A	16-12-2004	JP 4292871 B2	08-07-2009
		JP 2004352090 A	16-12-2004

US 2008272731 A1	06-11-2008	CN 101299585 A	05-11-2008
		DE 102008021425 A1	27-11-2008
		US 2008272731 A1	06-11-2008
