

(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
25. Juli 2024 (25.07.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/153301 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02P 21/08 (2016.01) H02P 21/28 (2016.01)
H02P 21/12 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2024/100041

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Januar 2024 (17.01.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 101 154.5
18. Januar 2023 (18.01.2023) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **VON BERTRAB, Florian**; Sophienstr. 123, 76135 Karlsruhe (DE). **EBERHARDT, Florian**; Stoßackerstr. 8a, 70563 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, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: VECTOR CONTROL METHOD FOR A SYNCHRONOUS MACHINE, AND CONTROL UNIT

(54) Bezeichnung: VEKTORSTEUERVERFAHREN FÜR EINE SYNCHRONMASCHINE UND STEUEREINHEIT

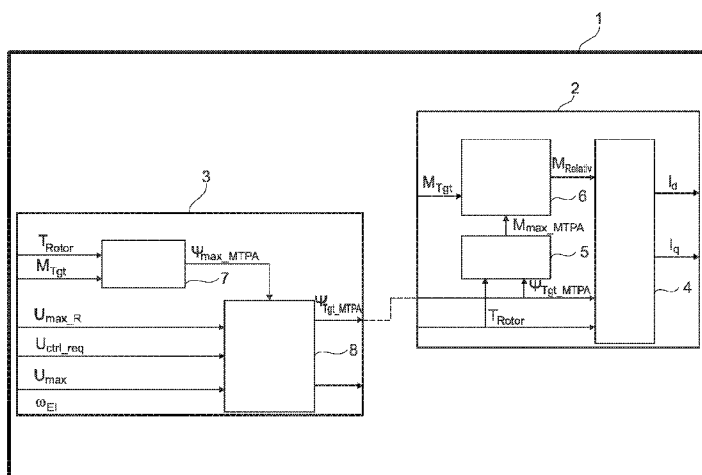


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a vector control method for a synchronous machine, in particular a permanent magnet synchronous machine, in which Q axis and D axis target currents (I_q , I_d) are determined by respective allocations (4) which link a target torque (M_{Tgt}) and a target flow rate (Ψ_{Tgt_MTPA}) to the Q axis target current (I_q) or the D axis target current (I_d), without taking into consideration a voltage variation of a voltage to be applied to stator windings of the synchronous machine. The voltage variation is adjusted or compensated for beforehand by adapting the target flow rate (Ψ_{Tgt_MTPA}). A voltage drop at the stator windings as part of the voltage variation is taken into consideration with feed-forward control (11). The invention also relates to a

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

control unit that is designed and programmed to carry out the method.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Vektorsteuerverfahren für eine Synchronmaschine, insbesondere eine Permanentmagnet-Synchronmaschine, bei dem Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme (I_q , I_d) durch jeweilige Zuordnungen (4), die ein Sollmoment (M_{Tgt}) und eine Sollflussstärke (Ψ_{Tgt_MTPA}) mit dem Q-Achsen-Sollstrom (I_q) bzw. dem D-Achsen-Sollstrom (I_d) ohne Berücksichtigung einer Spannungsvariation einer an Statorwicklungen der Synchronmaschine anzulegenden Spannung verknüpfen, bestimmt werden. Die Spannungsvariation wird vorhergehend durch Anpassung der Sollflussstärke (Ψ_{Tgt_MTPA}) ausgeregelt oder kompensiert. Ein Spannungsabfall an Statorwicklungen als Bestandteil der Spannungsvariation wird durch eine Vorsteuerung (11) berücksichtigt. Die Erfindung betrifft ferner eine Steuereinheit, die ausgebildet und programmiert ist, das Verfahren auszuführen.

Vektorsteuerverfahren für eine Synchronmaschine und Steuereinheit

Die Erfindung betrifft ein Vektorsteuerverfahren für eine Synchronmaschine, insbesondere eine Permanentmagnet-Synchronmaschine, und eine Steuereinheit, die ausgebildet und programmiert ist, das Vektorsteuerverfahren auszuführen.

Um bei einer Synchronmaschine, insbesondere einer Permanentmagnet-Synchronmaschinen, einen Betrieb bei hohen Drehzahlen über eine Basisdrehzahl, die aufgrund einer durch eine Leistungselektronikeinheit anlegbaren Maximalspannung vorgegeben ist, hinaus zu ermöglichen, muss ein Magnetfeld in der Synchronmaschine über eine Anpassung der angelegten Ströme, insbesondere eines Q-Achsen- und eines D-Achsen-Stroms, geschwächt werden. Ein Betrieb der Synchronmaschine kann sonst im schlimmsten Fall instabil und unkontrollierbar werden. Im Generatorbetrieb kann es bei Überschreiten der Maximalspannung zu Stromspitzen, die die Leistungselektronikeinheit beschädigen können, kommen. Außerdem können schwingende Momente, die drastisch vom geforderten Solldrehmoment abweichen, auftreten, wodurch bei Elektrofahrzeugen ein ungewolltes und unsicheres Fahrzeugverhalten verursacht werden kann.

Dabei wird eine Spannung, die das Magnetfeld in der Synchronmaschine erzeugt, von einer Spannungsvariation beeinflusst. Die Spannungsvariation wird aufgrund von Verlusten verursacht und somit in Wärme und nicht in mechanische Kraft zum Antreiben eines Rotors der Synchronmaschine umgewandelt.

Die Spannungsvariation wird konventionell über eine Anpassung von Sollstromtabellen, die zum Ermitteln eines Q-Achsen-Sollstroms bzw. eines D-Achsen-Sollstroms verwendet werden, berücksichtigt. Da die Spannungsvariation von einer Drehzahl, einem Spannungsniveau und einer Temperatur abhängt, erfordert eine entsprechende Berücksichtigung in den Stromtabellen einen hohen Speicherbedarf und eine manuelle Parametrierung der Stromtabellen ist aufgrund der großen Anzahl von Eingangsparameterkombinationen sehr aufwändig.

- 2 -

Bei einem schnellem Lastwechsel und bei einem Wechsel von einem Motorbetrieb zu einem Generatorbetrieb und umgekehrt kann sich die Spannungsvariation signifikant schnell ändern. Diese schnelle Änderung kann für eine vorgelagerte Spannungsregelung zu schnell sein, da sie zur Vermeidung einer Rückkopplung mit einer Stromregelung zum Regeln des Stroms in Statorwicklungen der Synchronmaschine nicht sehr schnell eingestellt werden kann.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Vektorsteuerverfahren für eine Synchronmaschine und eine Steuereinheit bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch das Vektorsteuerverfahren und die Steuereinheit mit den Merkmalen gemäß der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Bei einem erfindungsgemäßen Vektorsteuerverfahren für eine Synchronmaschine, insbesondere eine Permanentmagnet-Synchronmaschine, werden Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme durch jeweilige Zuordnungen, die ein Sollmoment und eine Sollflusstärke mit dem Q-Achsen-Sollstrom bzw. dem D-Achsen-Sollstrom ohne Berücksichtigung einer Spannungsvariation einer an Statorwicklungen der Synchronmaschine anzulegenden Spannung verknüpfen, bestimmt. Die Zuordnungen können insbesondere als Lookup-Tabelle hinterlegt sein. Die Spannungsvariation wird dabei durch einen Spannungsabfall an einem Widerstand der Statorwicklungen, durch Verluste in einer Leistungselektronikeinheit zum Ansteuern der Synchronmaschine und einen Spannungsabfall in den verwendeten Leitungen beeinflusst und sorgt somit für eine Variation der Flusstärke in der Synchronmaschine. Den Hauptbestandteil der Spannungsvariation bildet jedoch der Spannungsabfall an den Statorwicklungen. Die Spannungsvariation wird vorhergehend durch Anpassung der Sollflusstärke ausgeglichen oder kompensiert. Der Spannungsabfall an den Statorwicklungen als Bestandteil der Spannungsvariation wird durch eine Vorsteuerung berücksichtigt. Die Spannungsvariation kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren somit ohne Erweiterung der Zuordnung kompensiert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt zudem aus, dass die idealen Q-Achsen und D-Achsen-Ströme näherungsweise linear mit der Flusstärke zusammenhängen. Es ist anzumerken, dass die Flusstärke der Quotient

- 3 -

aus der Spannung und der elektrischen Frequenz ist. Durch diesen linearen Zusammenhang kann im Gegensatz zu konventionellen Lookup-Tabellen die Anzahl der Stützstellen deutlich verringert werden. Beispielsweise lässt sich ein Kurzschlussstrompunkt als ein Punkt mit der Flussstärke 0 Vs abbilden. Durch die Vorsteuerung des Spannungsabfalls an den Statorwicklungen stellt das erfindungsgemäße Verfahren zudem eine schnelle Steuerung bzw. Regelung der Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme bereit.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung können die jeweiligen Zuordnungen zusätzlich einen Eigenschaftsparameter, der eine Veränderlichkeit von magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Synchronmaschine betrifft, mit dem Q-Achsen-Sollstrom bzw. dem D-Achsen-Sollstrom verknüpfen. Der Eigenschaftsparameter kann dabei insbesondere eine Rotortemperatur sein. Demzufolge können die Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme genauer bestimmt werden.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung kann in der Vorsteuerung eine spannungsabfallkorrigierte Spannung bestimmt werden, die einem Betrag eines Spannungsvektors entspricht, der durch Subtraktion eines Vektors des Spannungsabfalls an den Statorwicklungen von einem auf eine Maximalspannung skalierten Vektor der gegenwärtig an den Statorwicklungen anliegenden Spannung erhalten wird. Demzufolge wird der Spannungsabfall genauer berücksichtigt, als wenn der Spannungsabfall nur durch lineare Berechnung, d.h. durch Produkt aus Widerstand der Statorwicklung mal Strom, ermittelt wird. Demzufolge kann auch eine genauere Vorsteuerung und somit eine schnellere Anpassung der Sollflussstärke erfolgen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Vektor des Spannungsabfalls anhand von Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströmen eines vorherigen Zeitschritts bestimmt werden. Demzufolge kann eine einfache Bestimmung des Vektors des Spannungsabfalls erfolgen, ohne dass zusätzliche Werte eingegeben werden müssen. Es ist lediglich erforderlich, die vorherigen Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme aus einem Speicher zu laden.

- 4 -

Gemäß einem alternativen Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Vektor des Spannungsabfalls anhand von gemessenen dreiphasigen Strömen in den Statorwicklungen der Synchronmaschine bestimmt werden. Es ist anzumerken, dass die dreiphasigen Ströme durch Park- und Clarke-Transformation in ein d/q-Koordinatensystem transformiert werden können. Demzufolge können aktuell gemessene Wert berücksichtigt werden und der Vektor des Spannungsabfalls kann somit genau bestimmt werden.

Gemäß einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Spannungsvariation anhand einer Flusstärkedifferenz zwischen einer Maximalflusstärke, die der Maximalspannung, die durch eine Leistungselektronikeinheit zum Ansteuern der Statorwicklungen der Synchronmaschine angelegt werden kann, entspricht, und einer gegenwärtigen Flusstärke, die der gegenwärtig an den Statorwicklungen anliegenden Spannung entspricht, ausgeregelt oder kompensiert werden. Demzufolge kann die Spannungsvariation angemessen ausgeregelt werden. Es ist anzumerken, dass die Maximalflusstärke als Quotient der maximal durch die Leistungselektronikeinheit an die Statorwicklungen anlegbaren Spannung und der elektrischen Frequenz bestimmt werden kann. Die gegenwärtige Flusstärke kann als der Quotient einer gegenwärtig an den Statorwicklungen anliegenden Spannung und der elektrischen Frequenz bestimmt werden.

Gemäß einem zusätzlichen Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Flusstärkedifferenz in einen I-Regler eingegeben werden, um eine Korrekturflusstärke zu ermitteln. Folglich kann die Korrekturflusstärke auf einfache Weise ermittelt werden.

Gemäß einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann eine Summe aus einer spannungsabfallkorrigierten Flusstärke, die der spannungsabfallkorrigierten Spannung entspricht, und der Korrekturflusstärke oder eine wirkungsgradoptimale Flusstärke für den Fall, dass die Summe die wirkungsgradoptimale Flusstärke überschreitet, als die Sollflusstärke verwendet werden. Es ist anzumerken, dass die spannungsabfallkorrigierte Flusstärke als der Quotient der spannungsabfallkorrigierten Spannung und der elektrischen Frequenz erhalten werden kann. Auf diese Weise

kann die in der Vorsteuerung bestimmte spannungsabfallkorrigierte Spannung angemessen berücksichtigt werden und die Sollflussstärke kann schnell und genau bestimmt werden. Zudem wird sichergestellt, dass die Sollflussstärke stets auf die wirkungsgradoptimale Flussstärke begrenzt ist.

5

Gemäß einem bevorzugten Aspekt der Erfindung kann die wirkungsgradoptimale Flussstärke unter Verwendung des Maximum Torque per Ampere (MTPA)-Verfahrens bestimmt werden. Demzufolge kann die wirkungsgradoptimale Flussstärke auf einfache Weise bestimmt werden.

10

Gemäß einem Aspekt der Erfindung kann das Sollmoment auf ein Maximalmoment, d.h. auf das bei der Sollflussstärke maximal erreichbare Moment, normiert werden und die jeweiligen Zuordnungen zum Bestimmen der Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme können das normierte Sollmoment als das Sollmoment empfangen. Bei konventionel-

15 len Lookup-Tabellen sind die Werte der Momente als Absolutwerte hinterlegt. D.h. es werden Flussstärkewerte im vorgegebenen Momentabständen, z.B. 10 Nm, bestimmt und in den Tabellen hinterlegt. Im Feldschwähebtrieb kann allerdings das maximal verfügbare Moment deutlich sinken. Demzufolge ist ein Teil der Lookup-Tabellen nicht nutzbar und die Auflösung in einem effektiv nutzbaren Bereich nimmt ab. Zudem kann

20 es bei Feldschwächung im Bereich eines Maximalmoments der Synchronmaschine zu starken Interpolationsfehlern kommen, die nur schwer korrigierbar sind. Durch Normierung des Sollmoments auf das Maximalmoment und die Bestimmung der Stromwerte in vorgegebenen Abständen des Anteils am Maximalmoment, z.B. 0,05 oder 0,1, können die Kennlinien der Ströme im Bereich eines maximalen Moments ausreichend genau interpoliert werden und es kann eine hohe Auflösung der Zuordnung im

25 gesamten Arbeitsbereich der Synchronmaschine sichergestellt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann das Maximalmoment auf Grundlage der Sollflussstärke und des Eigenschaftsparameters bestimmt werden. Demzufolge kann das Maximalmoment auf einfache Weise bestimmt werden.

30

Gemäß einem bevorzugten Aspekt der Erfindung können die jeweiligen Zuordnungen zum Bestimmen der Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme für einen Motorbetrieb der

Synchronmaschine parametrisiert sein und ein Generatorbetrieb der Synchronmaschine kann durch Invertieren des Q-Achsen-Stroms berücksichtigt werden. Demzufolge kann im Gegensatz zu einer Parametrierung für den Motorbetrieb und den Generatorbetrieb der Speicherplatz zum Speichern der jeweiligen Zuordnungen auf die Hälfte reduziert werden. Im Gegensatz zu konventionellen Lookup-Tabellen kann der erforderliche Speicherplatz sogar auf ungefähr ein Sechstel reduziert werden.

Eine erfindungsgemäße Steuereinheit ist ausgebildet und programmiert, das Vektorsteuerverfahren gemäß einem der vorhergehenden Aspekte auszuführen. Die Steuereinheit kann dazu die erforderlichen Eingangsgrößen entweder direkt z.B. von Sensoren oder indirekt von anderen Steuereinheiten empfangen und die eventuell erforderlichen Transformationen, z.B. Clarke- und Park-Transformation, durchführen. Die Steuereinheit kann außerdem Parameter zum Betreiben einer Leistungselektronikeinheit, die die Synchronmaschine antreibt, an die Leistungselektronikeinheit ausgeben.

Nachfolgend wird eine Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren im Detail beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Steuereinheit;

Fig. 2 ein Diagramm, das Strompunkte für Stromtabellen zum Bestimmen eines Q-Achsen-Sollstroms und eines D-Achsen-Sollstroms zeigt, wobei das Diagramm eine MTPA-Linie zeigt;

Fig. 3 ein Diagramm, das Strompunkte in Abhängigkeit einer Sollflussstärke und eines Sollmoments sowie die MTPA-Linie zeigt;

Fig. 4 ein Diagramm, das Strompunkte, die für auf das Maximalmoment normierte Werte des Sollmoments ermittelt wurden, in Abhängigkeit der Sollflussstärke und des Sollmoments sowie die MTPA-Linie zeigt;

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Sollflussstärkeanpassungsabschnitts der Steuereinheit;

Fig. 6 eine schematische Ansicht eines Spannungsregelungsabschnitts mit Vorsteuerung in dem Sollflusstärkeanpassungsabschnitt;

5 Fig. 7 eine schematische Ansicht der Vorsteuerung des Spannungsregelungsabschnitts; und

Fig. 8 ein Zeigerdiagramm, das die einzelnen Spannungen und Ströme, die in der Vorsteuerung verwendet und bestimmt werden, zeigt.

10

Die Figuren sind lediglich schematischer Natur und dienen ausschließlich dem Verständnis der Erfindung. Die gleichen Elemente sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

15 Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Steuereinheit 1 zum Steuern eines Betriebs einer Synchronmaschine bzw. einer Leistungselektronikeinheit, die wiederum die Synchronmaschine ansteuert, gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Steuereinheit 1 umfasst Funktionsabschnitte zum Ausführen von Verarbeitungen eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Funktionsabschnitte werden durch Ausfüh-

20 ren einer in der Steuereinheit 1 gespeicherten Software bzw. durch Aufrufen von in der Steuereinheit 1 gespeicherten Daten implementiert.

Wie in Fig. 1 gezeigt, weist die Steuereinheit 1 einen Strombestimmungsabschnitt 2 und einen Sollflusstärkeanpassungsabschnitt 3 auf. Der Strombestimmungsabschnitt

25 2 weist wiederum Stromtabellen 4 als Zuordnungen zum Bestimmen des Q-Achsen-Stroms I_q bzw. des D-Achsen-Stroms I_d auf. Die Stromtabellen 4 weisen mindestens eine Sollflusstärke Ψ_{Tgt_MTPA} und ein Sollmoment M_{Tgt} als Eingangsparameter auf. Das heißt, die Stromtabellen 4 verknüpfen jeweils die Sollflusstärke Ψ_{Tgt_MTPA} und das Sollmoment M_{Tgt} mit dem Q-Achsen-Strom I_q bzw. dem D-Achsen-Strom I_d . Die

30 Verknüpfungen können dabei in einer gemeinsamen Tabelle oder in unterschiedlichen Tabellen gespeichert sein. Bei Verwendung von unterschiedlichen Tabellen können die Tabellen eine unterschiedliche Auflösung aufweisen.

Besonders bevorzugt können die Stromtabellen 4 auch einen Eigenschaftsparameter, der eine Veränderlichkeit von elektrischen oder magnetischen Eigenschaften der Synchronmaschine bzw. ihrer Komponenten betrifft, als Eingangsparameter aufweisen. In der vorliegenden Ausführungsform weisen die Stromtabellen 4 eine Rotortemperatur T_{Rotor} als weiteren Eingangsparameter auf. Demzufolge können die Ströme I_q und I_d noch genauer bestimmt werden.

In den Stromtabellen 4 werden nur stationäre Arbeitspunkte der Synchronmaschine hinterlegt, so dass Terme hinsichtlich transienter Änderungen der Ströme I_q und I_d unberücksichtigt bleiben. Darüber hinaus wird in den Stromtabellen 4 nur die Flussstärke berücksichtigt, die für die Erzeugung des Statorfelds verantwortlich ist. Eine Spannungsvariation, die durch z.B. einen Spannungsabfall an Statorwicklungen, einen Verlust in der Leitungselektronikeinheit und einen Spannungsabfall in den verwendeten Leitungen beeinflusst wird, wird folglich in den Stromtabellen 4 vernachlässigt. Aufgrund dieses Vorgehens decken die Stromtabellen 4 alle Spannungsniveaus und Drehzahlen ab. Das Diagramm in Fig. 2 zeigt Strompunkte mit den dazugehörigen I_q - und I_d -Werten bei einer Rotortemperatur von 20 °C sowie die daraus resultierende Flussstärke und das erreichbare Moment. Das Diagramm aus Fig. 2 veranschaulicht folglich die in den Stromtabellen 4 hinterlegten Werte.

Es ist anzumerken, dass die Flussstärke dem Quotienten der an die Statorwicklungen angelegten Spannung und der elektrischen Frequenz entspricht. Die Spannungsvariation entspricht somit einer Schwächung der Flussstärke aufgrund von Verlusten. Die Spannungsvariation kann somit auch als Flussstärkevariation angesehen werden. Die elektrische Frequenz kann anhand der mechanischen Drehzahl eines Rotors der Synchronmaschine und der Polanzahl berechnet werden.

Darüber hinaus wurde als vorteilhaft herausgefunden, wenn, wie in Fig. 1 gezeigt, das Sollmoment M_{Tgt} nicht als Absolutwert in die Stromtabellen 4 eingegeben wird, sondern vorhergehend auf ein Maximalmoment $M_{\text{max\_MTPA}}$ normiert wird. Dies rührt daher, dass bei steigender Drehzahl und folglich bei verringerter anlegbarer Flussstärke, die sich aus der maximal im Feldschwächebetrieb anlegebaren Spannung ergibt, das maximal einstellbare Moment abnimmt. Demzufolge sind bei Verwendung von absoluten

Momentwerten für niedrige Flusstärken weniger Strompunkte entlang der Moment-Achse verwendbar, so dass nur ein reduzierter Teil der Stromtabellen 4 tatsächlich nutzbar ist.

- 5 Fig. 3 zeigt ein Diagramm, in dem Strompunkte für unterschiedliche Kombinationen von Sollflusstärke Ψ_{Tgt_MTPA} und Sollmoment M_{Tgt} aufgetragen sind. Die einzelnen Strompunkte werden dabei in einem vorgegebenen Momentabstand, z.B. 10 Nm, bestimmt. Zudem ist in dem Diagramm eine Maximum Torque per Ampere (MTPA)-Linie gezeichnet. Strompunkte, die zum Steuern der Synchronmaschine tatsächlich verwendet werden, sind in dem Diagramm mit einem x gekennzeichnet. Wie beschrieben, ist
- 10 zu erkennen, dass kaum Strompunkte für niedrige Flusstärken verwendbar sind, da das maximal erreichbare Moment deutlich reduziert ist.

- Um diesen Nachteil zu beheben, kann der Strombestimmungsabschnitt 2, wie in Fig. 1
- 15 gezeigt, bevorzugt einen Maximalmomentbestimmungsabschnitt 5 und einen Normierungsabschnitt 6 aufweisen. Der Maximalmomentbestimmungsabschnitt 5 kann als Lookup-Tabelle ausgestaltet sein und kann anhand der Sollflusstärke Ψ_{Tgt_MTPA} und der Rotortemperatur T_{Rotor} ein entsprechend erreichbares Maximalmoment M_{max_MTPA} bestimmen. Das Maximalmoment M_{max_MTPA} entspricht dabei in Fig. 3 dem obersten
- 20 noch verwendbaren Strompunkt. Das Sollmoment M_{Tgt} wird anschließend auf das bestimmte Maximalmoment M_{max_MTPA} normiert und in die Stromtabellen 4, die entsprechend das normierte Sollmoment $M_{Relativ}$ als Eingangsparameter empfangen können, eingegeben. Ein Diagramm in Fig. 4 zeigt Strompunkte für unterschiedliche Kombinationen von Sollflusstärke Ψ_{Tgt_MTPA} und Sollmoment M_{Tgt} , wobei die Strompunkte im
- 25 vorgegebenen Abständen des normierten Sollmoments $M_{Relativ}$, z.B. 0,05 oder 0,1, bestimmt wurden. Es ist anzumerken, dass die Moment-Achse in dem Diagramm den tatsächlichen Leistungswert angibt. Es ist daher in dem Diagramm zu erkennen, dass durch die Normierung des Sollmoments M_{Tgt} auf das Maximalmoment M_{max_MTPA} eine Dichte von Strompunkten für niedrige Flusstärken deutlich erhöht werden kann, so
- 30 dass eine effizientere Regelung der Synchronmaschine in diesem Bereich ermöglicht ist.

Wie bereits erwähnt, vernachlässigen die Stromtabellen 4 eine Spannungsvariation der an die Statorwicklungen anzulegenden Spannung. Daher ist eine Anpassung der Sollflussstärke Ψ_{Tgt_MTPA} in dem überlagerten bzw. vorgelagerten Sollflussstärkeanpassungsabschnitt 3 notwendig, um die Spannungsvariation auszuregeln oder zu kompensieren.

Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht des Sollflussstärkeanpassungsabschnitts 3, der wiederum einen Abschnitt 7 zum Bestimmen der wirkungsgradoptimalen Flussstärke und einen Spannungsregelungsabschnitt 8 aufweist. Der Sollflussstärkeanpassungsabschnitt 3 empfängt das Sollmoment M_{Tgt} , die Rotortemperatur T_{Rotor} , eine Maximalspannung U_{Max} , eine gegenwärtig an die Statorwicklungen angelegte Spannung U_{ctrl_req} , eine spannungsabfallkorrigierte Spannung U_{Max_R} und die gegenwärtige elektrische Frequenz ω_{el} . Es ist anzumerken, dass die Maximalspannung U_{Max} durch eine Limitierung der Leistungselektronikeinheit, die die Synchronmaschine ansteuert, vorgegeben ist.

Wie in Fig. 6 gezeigt, wird die spannungsabfallkorrigierte Spannung U_{Max_R} vorhergehend durch eine Vorsteuerung 11 bestimmt. Die Vorsteuerung 11 empfängt einen Widerstand R_{Copper} der Statorwicklungen und einen Strom I_{req_t-1} sowie die Maximalspannung U_{Max} und eine gegenwärtig an den Statorwicklungen anliegende Spannung U_{ctrl_req} als Eingangsparameter, um die spannungsabfallkorrigierte Spannung zu bestimmen. Der Widerstand R_{Copper} kann dabei entsprechend einer Temperatur der Statorwicklungen angepasst werden. Der Strom I_{req_t-1} kann dabei durch Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme eines vorherigen Zeitschritts vorgegeben sein. Alternativ kann der Strom I_{req_t-1} durch gemessenen dreiphasige Ströme in den Statorwicklungen der Synchronmaschine bestimmt werden. Es ist anzumerken, dass die dreiphasigen Ströme durch Park- und Clarke-Transformation in ein d/q-Koordinatensystem transformiert werden können.

Eine genaue Bestimmung der spannungsabfallkorrigierten Spannung U_{Max_R} soll anhand der Figuren 7 und 8 beschrieben werden. Zunächst wird ein Vektor der gegenwärtig an den Statorwicklungen U_{ctrl_req} auf den Betrag der Maximalspannung U_{Max} durch den Skalierungsabschnitt 12 skaliert. D.h. der Vektor der gegenwärtig an den

- 11 -

Statorwicklungen anliegenden Spannung U_{ctrl_req} wird auf die Spannung U_{Max} verlängert und gibt somit die Spannung U_{to_Limit} an, die theoretisch maximal an die Statorwicklungen anlegbar wäre, aber aufgrund des aktuellen Arbeitspunktes oder der Feldschwächung nicht anliegt. Anschließend wird der Vektor des Spannungsabfalls U_{R_drop} durch Multiplikation des Vektors des Stroms I_{ctrl_req} mit dem Widerstand R_{Copper} der Statorwicklungen in einem Multiplikationsabschnitt 13 bestimmt. Die Bestimmung des Stroms I_{ctrl_req} ist wie vorhergehend beschrieben. Danach wird der Vektor des Spannungsabfalls U_{R_drop} vom Vektor der Spannung U_{to_Limit} subtrahiert, um einen Vektor der spannungsabfallkorrigierten Spannung $U_{effektive\_Limit}$ zu erhalten. Abschließend bestimmt ein Betragsbildungsabschnitt 14 den Betrag des Vektors, um die spannungsabfallkorrigierte Spannung U_{Max_R} zu erhalten.

Die spannungsabfallkorrigierte Spannung U_{Max_R} kann nun verwendet werden, um die Sollflussstärke Ψ_{Tgt_MTPA} anzupassen, so dass eine Spannungsvariation an den Statorwicklungen ausgeglichen bzw. kompensiert wird. Zunächst berechnet der Spannungsregelungsabschnitt 8, wie in Fig. 5 gezeigt, aus der Maximalspannung U_{Max} , der gegenwärtig angelegten Spannung U_{ctrl_req} und der spannungsabfallkorrigierten Spannung U_{Max_R} die dazugehörigen Flussstärken, d.h. eine Maximalflussstärke Ψ_{Max} , eine gegenwärtige Flussstärke Ψ_{ctrl_req} und eine spannungsabfallkorrigierte Flussstärke Ψ_{Max_R} , durch Division mit der elektrischen Frequenz ω_{el} . Durch Subtraktion der gegenwärtigen Flussstärke Ψ_{ctrl_req} von der Maximalflussstärke Ψ_{Max} wird anschließend eine Flussstärkedifferenz Ψ_{Error} berechnet. Die Flussstärkedifferenz Ψ_{Error} wird danach in einen I-Regler 9 eingegeben, um eine Korrekturflussstärke $\Psi_{correction}$ zu bestimmen. Diese wird dann zu der spannungsabfallkorrigierten Flussstärke Ψ_{Max_R} hinzuaddiert.

Außerdem bestimmt der Abschnitt 7, wie in Fig. 5 gezeigt, eine wirkungsgradoptimale Flussstärke Ψ_{Max_MTPA} für das Sollmoment M_{Tgt} bei der Rotortemperatur T_{Rotor} unter Verwendung des MTPA-Verfahrens und gibt diese in den Spannungsregelungsabschnitt 8 ein.

Der Vergleichsabschnitt 10 des Spannungsregelungsabschnitts 8 vergleicht dann die wirkungsgradoptimale Flussstärke Ψ_{Max_MTPA} mit der Summe aus spannungsabfallkorrigierter Flussstärke Ψ_{Max_R} und Korrekturflussstärke $\Psi_{correction}$ und gibt das Minimum

dieser beiden Werte aus. Demzufolge wird die Sollflussstärke $\Psi_{\text{Tgt\_MTPA}}$ auf die wirkungsgradoptimale Flussstärke $\Psi_{\text{Max\_MTPA}}$ begrenzt. Das bedeutet, dass ein Bereich, der sich in dem Diagramm aus Fig. 4 rechts von der MTPA-Linie befindet, bei der Steuerung bzw. Regelung der Synchronmaschine unberücksichtigt bleibt. Abschließend wird die angepasste Sollflussstärke $\Psi_{\text{Tgt\_MTPA}}$ an den Strombestimmungsabschnitt 2 ausgegeben, der dann den Q-Achsen-Sollstrom I_q und den D-Achsen-Sollstrom I_d unter Verwendung der Stromtabellen 4 bestimmt.

Als besonders vorteilhaft hat es sich auch erwiesen, wenn die Stromtabellen 4 lediglich für einen Motorbetrieb der Synchronmaschine erstellt und in der Steuereinheit 1 hinterlegt werden. Der Generatorbetrieb der Synchronmaschine wird in diesem Fall durch Invertieren des Q-Achsen-Stroms berücksichtigt. Wie in Fig. 5 zu sehen, erfolgt diese Berücksichtigung dadurch, dass die gegenwärtig an den Statorwicklungen angelegte Spannung $U_{\text{crt\_req}}$ ein anderes Vorzeichen als die Maximalspannung U_{Max} aufweist. Auf diese Weise können die Stromtabellen kleiner ausgebildet sein, so dass Speicherplatz in der Steuereinheit 1 gespart werden kann.

Bezugszeichenliste

- 1 Steuereinheit
- 2 Strombestimmungsabschnitt
- 3 Sollflussstärkeanpassungsabschnitt
- 4 Stromtabellen
- 5 Maximalmomentbestimmungsabschnitt
- 6 Normierungsabschnitt
- 7 Abschnitt zum Bestimmen der wirkungsgradoptimalen Flussstärke
- 8 Spannungsregelungsabschnitt
- 9 I-Regler
- 10 Vergleichsabschnitt
- 11 Vorsteuerung
- 12 Skalierungsabschnitt
- 13 Multiplikationsabschnitt
- 14 Betragsbildungsabschnitt

Patentansprüche

1. Vektorsteuerverfahren für eine Synchronmaschine, insbesondere eine Permanentmagnet-Synchronmaschine, bei dem Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströme (I_q , I_d) durch jeweilige Zuordnungen (4), die ein Sollmoment (M_{Tgt}) und eine Sollflussstärke (Ψ_{Tgt_MTPA}) mit dem Q-Achsen-Sollstrom (I_q) bzw. dem D-Achsen-Sollstrom (I_d) ohne Berücksichtigung einer Spannungsvariation einer an Statorwicklungen der Synchronmaschine anzulegenden Spannung verknüpfen, bestimmt werden, wobei die Spannungsvariation vorhergehend durch Anpassung der Sollflussstärke (Ψ_{Tgt_MTPA}) ausgeregelt oder kompensiert wird, wobei ein Spannungsabfall an Statorwicklungen als Bestandteil der Spannungsvariation durch eine Vorsteuerung (11) berücksichtigt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die jeweiligen Zuordnungen (4) zum Bestimmen des Q-Achsen-Sollstroms (I_q) und des D-Achsen-Sollstroms (I_d) zusätzlich einen Eigenschaftsparameter, der eine Veränderlichkeit von magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Synchronmaschine betrifft, insbesondere eine Rotortemperatur (T_{Rotor}), mit dem Q-Achsen-Sollstrom (I_q) bzw. dem D-Achsen-Sollstrom (I_d) verknüpfen.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei in der Vorsteuerung (11) eine spannungsabfallkorrigierte Spannung (U_{Max_R}) bestimmt wird, die einem Betrag eines Spannungsvektors ($U_{effective\_limit}$) entspricht, der durch Subtraktion eines Vektors des Spannungsabfalls (U_{R_drop}) an den Statorwicklungen von einem auf eine Maximalspannung (U_{Max}) skalierten Vektor der gegenwärtig an den Statorwicklungen anliegenden Spannung (U_{to_limit}) erhalten wird.
4. Verfahren gemäß Anspruch 3, wobei der Vektor des Spannungsabfalls (U_{R_drop}) anhand von Q-Achsen- und D-Achsen-Sollströmen eines vorherigen Zeitschritts bestimmt wird

5. Verfahren gemäß Anspruch 3, wobei der Vektor des Spannungsabfalls (U_{R_drop}) anhand von gemessenen dreiphasigen Strömen in den Statorwicklungen der Synchronmaschine bestimmt wird.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spannungsvariation anhand einer Flussstärkedifferenz (Ψ_{Error}) zwischen einer Maximalflussstärke (Ψ_{Max}), die der Maximalspannung entspricht, und einer gegenwärtigen Flussstärke (Ψ_{ctrl_req}), die der gegenwärtig an den Statorwicklungen anliegenden Spannung entspricht, ausgeregelt oder kompensiert wird.
7. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei die Flussstärkedifferenz (Ψ_{Error}) in einen I-Regler (9) eingegeben wird, um eine Korrekturflussstärke ($\Psi_{correction}$) zu ermitteln.
8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 3 bis 5 und Anspruch 7, wobei eine Summe aus einer spannungsabfallkorrigierten Flussstärke (Ψ_{Max_R}), die der spannungsabfallkorrigierten Spannung (U_{Max_R}) entspricht, und der Korrekturflussstärke ($\Psi_{correction}$) oder eine wirkungsgradoptimale Flussstärke (Ψ_{Max_MTPA}) für den Fall, dass die Summe die wirkungsgradoptimale Flussstärke (Ψ_{Max_MTPA}) überschreitet, als die Sollflussstärke (Ψ_{Tgt_MTPA}) verwendet werden.
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei die wirkungsgradoptimale Flussstärke unter Verwendung des Maximum Torque per Ampere (MTPA)-Verfahrens bestimmt wird.
10. Steuereinheit, die ausgebildet und programmiert ist, das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen.

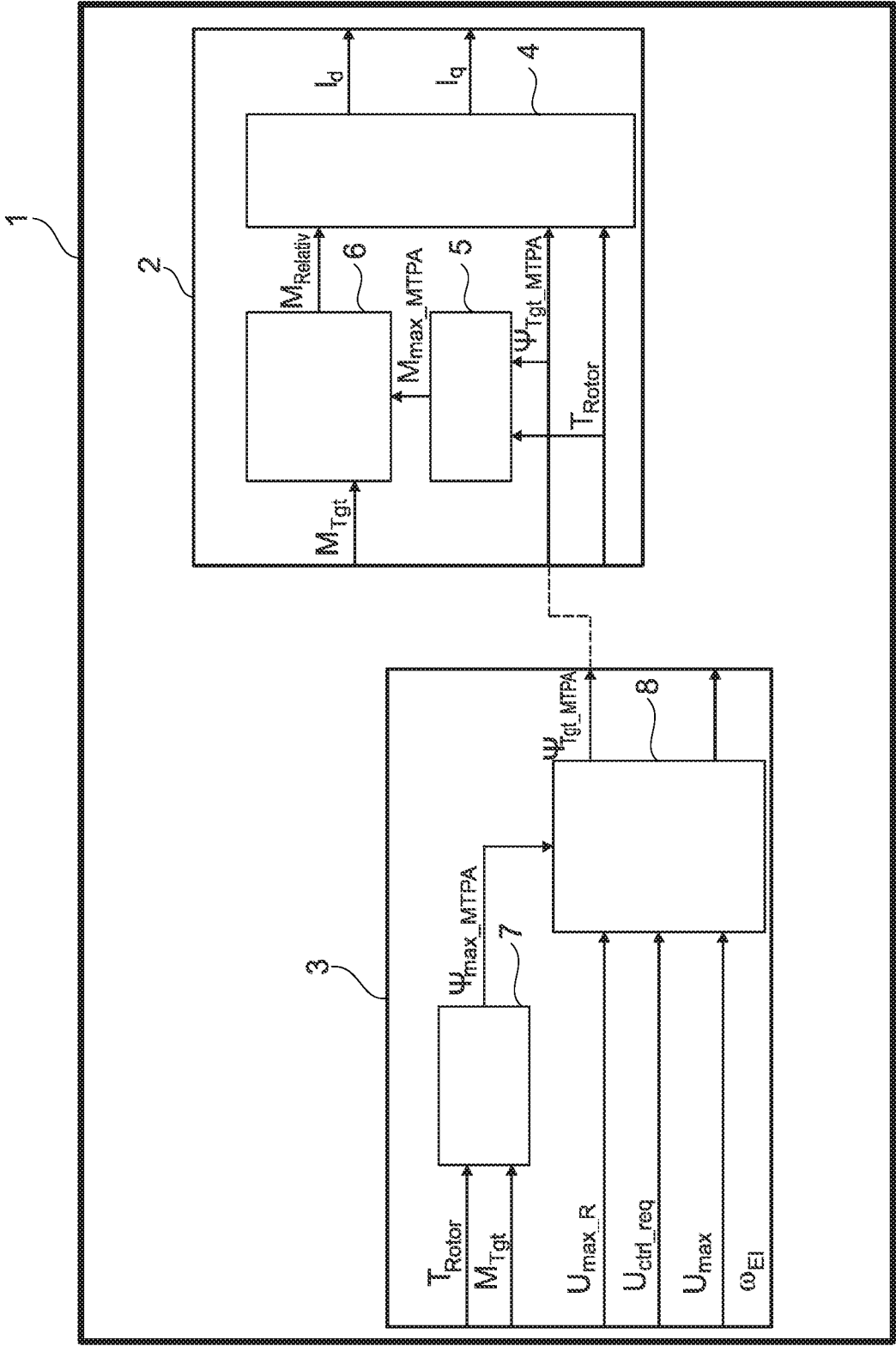


Fig. 1

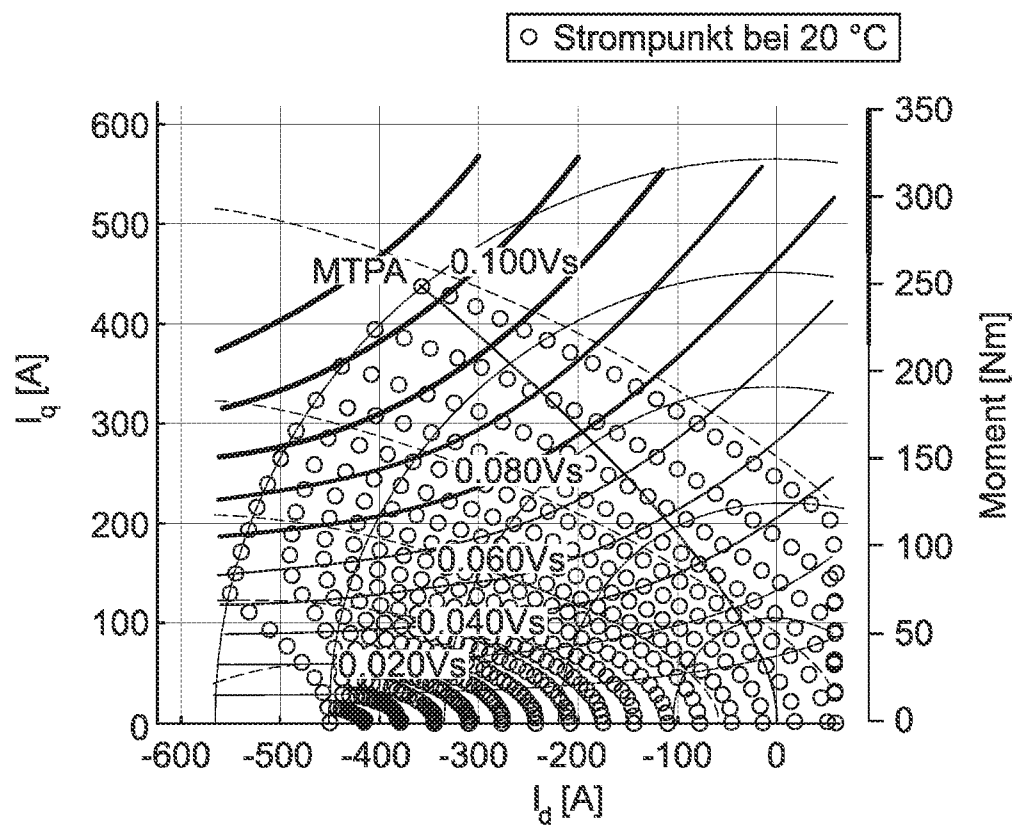


Fig. 2

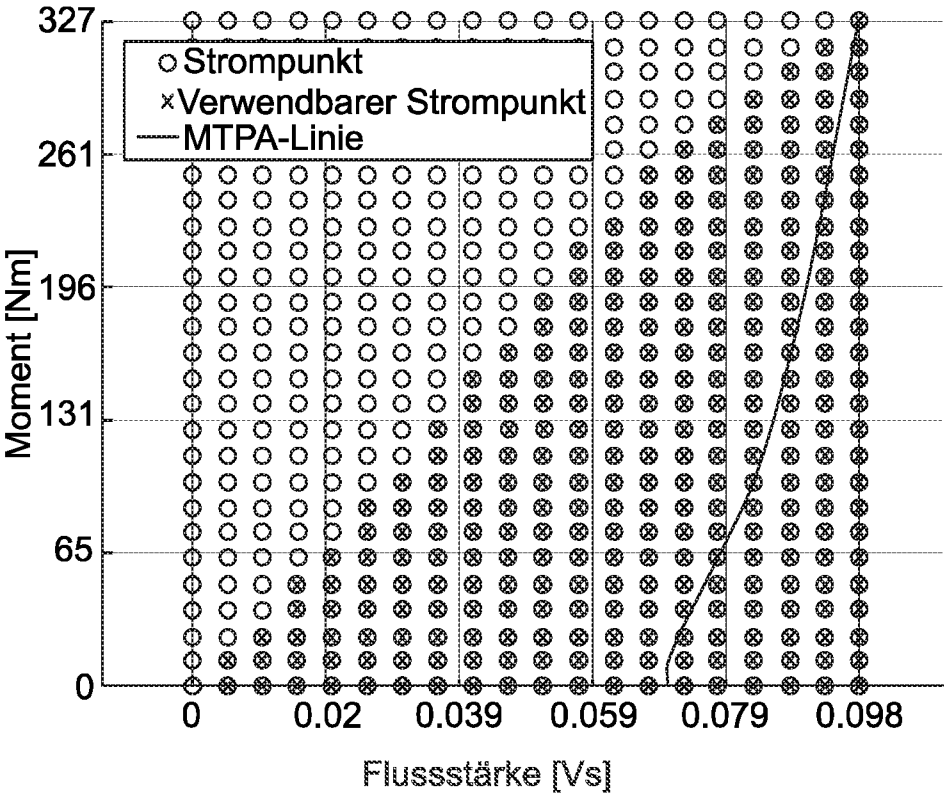


Fig. 3

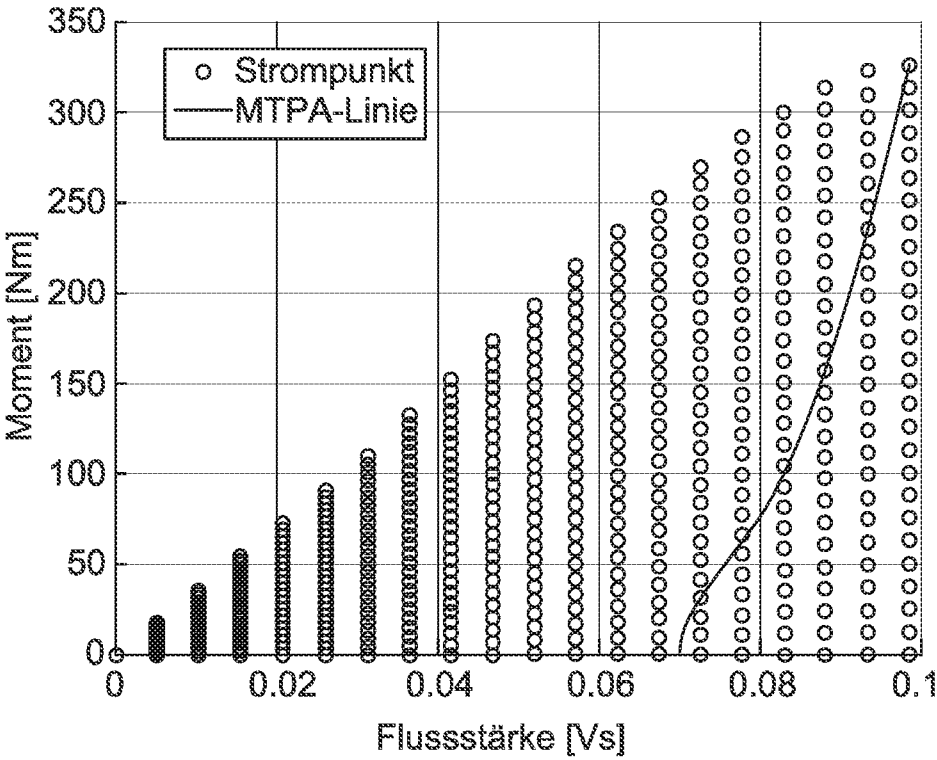


Fig. 4

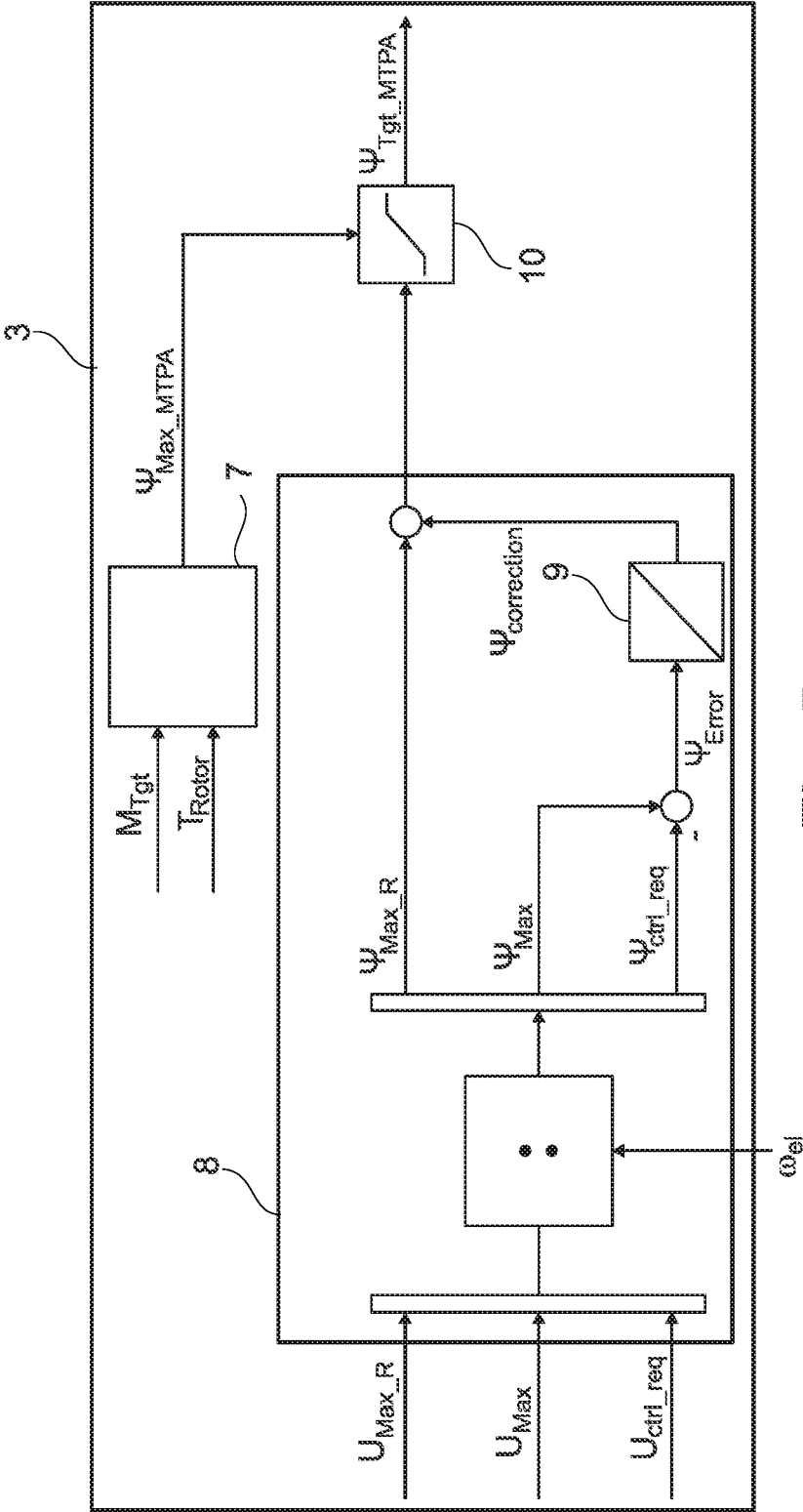


Fig. 5

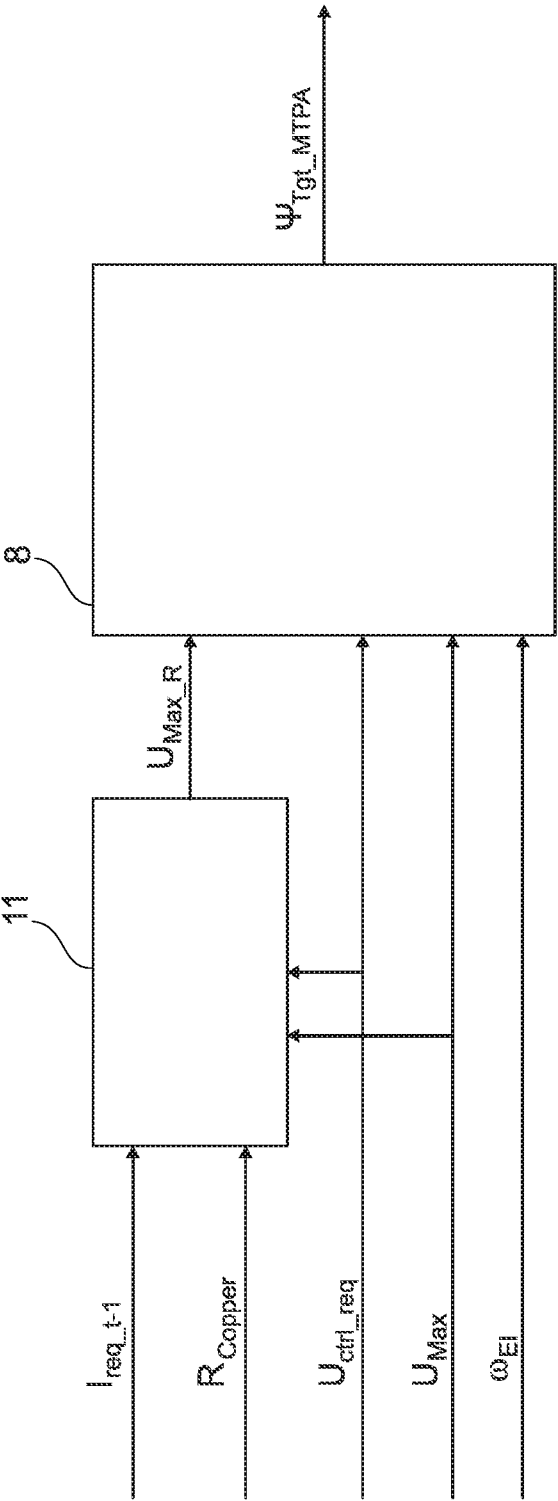


Fig. 6

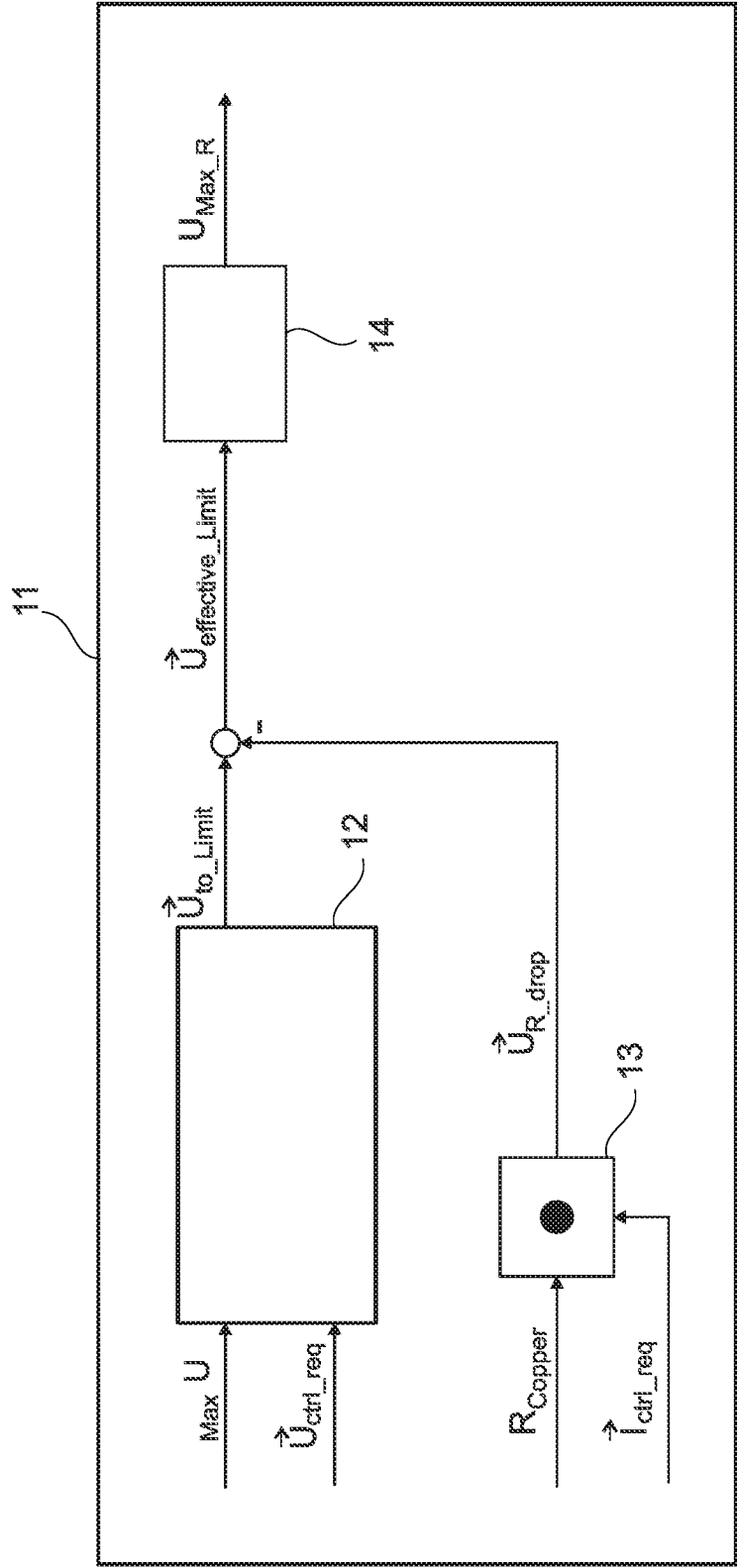


Fig. 7

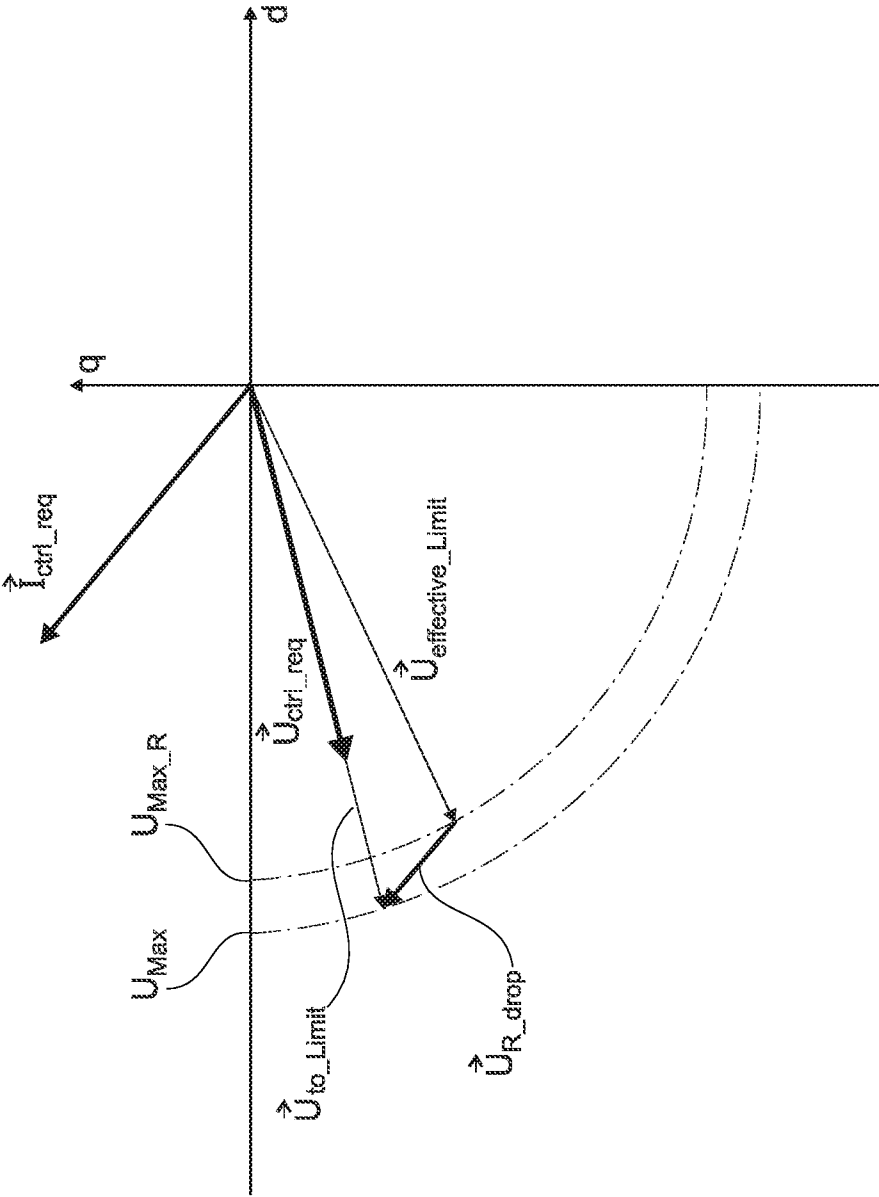


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2024/100041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 21/08**(2016.01)i; **H02P 21/12**(2016.01)i; **H02P 21/28**(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	DE 10336068 A1 (SIEMENS AG [DE]) 10 March 2005 (2005-03-10) paragraphs [0035], [0039]; figure 1B paragraph [0041]; figures 2,3 paragraph [0028] - paragraph [0031]; figure 7	1, 2, 9, 10
A	DE 102005041820 A1 (GEN MOTORS CORP [US]) 30 March 2006 (2006-03-30) paragraph [0052] - paragraph [0056]; figures 2-5	1-10
A	DE 102016006313 A1 (DAIMLER AG [DE]) 23 February 2017 (2017-02-23) paragraph [0033] - paragraph [0039]; figure 2	1-10



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

12 April 2024

Date of mailing of the international search report

02 May 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

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/DE2024/100041

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	10336068	A1	10 March 2005	AT	E522977	T1	15 September 2011
				CN	1833355	A	13 September 2006
				DE	10336068	A1	10 March 2005
				EP	1652289	A1	03 May 2006
				ES	2369503	T3	01 December 2011
				JP	4238267	B2	18 March 2009
				JP	2007501597	A	25 January 2007
				PL	1652289	T3	31 January 2012
				US	2008136380	A1	12 June 2008
				WO	2005018086	A1	24 February 2005
DE	102005041820	A1	30 March 2006	CN	1937393	A	28 March 2007
				DE	102005041820	A1	30 March 2006
				US	2006055363	A1	16 March 2006
DE	102016006313	A1	23 February 2017	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02P21/08 H02P21/12 H02P21/28 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	DE 103 36 068 A1 (SIEMENS AG [DE]) 10. März 2005 (2005-03-10) Absätze [0035], [0039]; Abbildung 1B Absatz [0041]; Abbildungen 2,3 Absatz [0028] – Absatz [0031]; Abbildung 7 -----	1,2,9,10
A	DE 10 2005 041820 A1 (GEN MOTORS CORP [US]) 30. März 2006 (2006-03-30) Absatz [0052] – Absatz [0056]; Abbildungen 2-5 -----	1-10
A	DE 10 2016 006313 A1 (DAIMLER AG [DE]) 23. Februar 2017 (2017-02-23) Absatz [0033] – Absatz [0039]; Abbildung 2 -----	1-10
☐ 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 12. April 2024		Absdeditatum des internationalen Recherchenberichts 02/05/2024
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 Schürle, Patrick

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2024/100041

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10336068 A1	10-03-2005	AT E522977 T1	15-09-2011
		CN 1833355 A	13-09-2006
		DE 10336068 A1	10-03-2005
		EP 1652289 A1	03-05-2006
		ES 2369503 T3	01-12-2011
		JP 4238267 B2	18-03-2009
		JP 2007501597 A	25-01-2007
		PL 1652289 T3	31-01-2012
		US 2008136380 A1	12-06-2008
		WO 2005018086 A1	24-02-2005
DE 102005041820 A1	30-03-2006	CN 1937393 A	28-03-2007
		DE 102005041820 A1	30-03-2006
		US 2006055363 A1	16-03-2006
DE 102016006313 A1	23-02-2017	KEINE	