FÖD Wirtschaft, K.M.B., Mittelstand
und Energie
Amt für Geistiges Eigentum

(11) 1029062 B1

(47) Erteilungsdatum : 29/08/2022

(12) BELGISCHES ERFINDUNGSPATENT

(47) Veröffentlichungsdatum : 29/08/2022

(21) Antragsnummer : BE2021/5064

(22) Anmeldetag : 28/01/2021

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : H02P 6/182, H02P 23/28, H02P 6/18, H02P 6/15

(30) Prioritätsangaben :

(73) Inhaber :

MIELE & CIE. KG
KG
33332 , GÜTERSLOH
Deutschland

(72) Erfinder :

RODEHÜSER Tobias
59329 WADERSLOH
Deutschland

SAMMOUD Hafedh
8090 KELIBIA
Tunesien

(54) Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors

(57)Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors (M), vorzugsweise ohne Rotorlagesensor, mit wenigstens den Schritten: • Bestromen (100) von zwei Phasen (U, V, W), wobei die Spannung (UPhase) des Bestromens (100) mittels PWM-Steuerung eingestellt wird, • Ermitteln (200) der induzierten Spannung (EMK) einer nicht-bestromten Phase (U, V, W), • Vergleichen (300) der ermittelten induzierten Spannung (EMK) mit einem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMKRef), welche ungleich Null ist, und • Anpassen (400) des Kommutierungszeitpunkts, falls die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung (EMK) und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMKRef) ungleich Null ist.

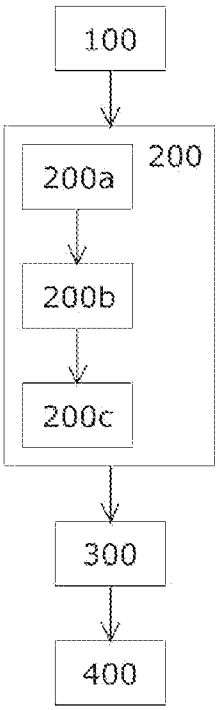


FIG. 3

Beschreibung

Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors gemäß dem Patentanspruch 1, eine Ansteuerungsvorrichtung zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors gemäß dem Patentanspruch 6, einen mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motor mit einer derartigen Ansteuerungsvorrichtung gemäß dem Patentanspruch 8 sowie ein Haushaltsgerät mit mindestens einem derartigen mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motor gemäß dem Patentanspruch 9.

Zu den elektrischen Antrieben gehören die Synchronmotoren als Einphasen- oder Drehstrom-Synchronmaschinen im Motorbetrieb. Der Rotor bzw. der Läufer weist eine konstante Magnetisierung auf, welche im Betrieb synchron von einem bewegten magnetischen Drehfeld im Stator mitgenommen wird, woraus sich die Dreh- bzw. Rotationsbewegung des Rotors innerhalb des Stators bzw. Ständers ergibt. Mit anderen Worten wird die, üblicherweise dreisträngige, Drehstromwicklung des Stators durch eine geeignete Schaltung derart angesteuert, dass seitens der Spulen des Stators ein wanderndes magnetisches Feld erzeugt wird, welches den Rotor mitzieht und hierdurch in Rotation versetzt. Die Dreh- bzw. Rotationsbewegung des Rotors des laufenden Synchronmotors ist dabei synchron zur Wechselspannung der Wicklungen des Stators. Die Drehzahl der Drehbewegung des Rotors ist über die Polpaarzahl der Wicklungen des Stators mit der Frequenz der Wechselspannung verknüpft.

Zum anderen kann das magnetische Feld des Rotors durch Permanentmagnete erzeugt werden, was als Selbsterregung bezeichnet wird. In diesem Fall kann auf die elektrische Kontaktierung zwischen Stator und Rotor verzichtet werden. Dies kann die zuvor genannten Nachteile vermeiden sowie insgesamt das Gewicht, den Bauraum und die Kosten derartiger permanenterregter Synchronmotoren geringhalten. Derartige permanenterregte Synchronmotoren mit einer schaltenden Elektronik werden daher üblicherweise auch als bürstenlose Motoren (Englisch: brushless direct current motor – kurz: BLDC-Motor) bezeichnet. Die Spulenstränge des Stators können über einen Vierquadrantensteller angesteuert werden. Die Elektronik zur Ansteuerung der Brücke ist ein geregelter Frequenzumrichter. Üblicherweise werden bürstenlose Motoren dreiphasig ausgebildet, da sie dann den Vorteil einer definierten Läuferstellung bei hoher Dynamik, hohem Drehmoment und hoher Effizienz aufweisen.

Charakteristisch für bürstenlose Motoren ist ihre Kommutierung, welche zum Beispiel bei einem dreiphasigen Stator aus sechs Blöcken bzw. Sektoren pro Drehfelddurchlauf, d.h. pro

Motorumdrehung, besteht, welche sich jeweils vom Schaltzustand der Brückenschaltung unterscheiden. Dabei sind immer lediglich zwei Gegentaktstufen der Brücke aktiv und die dritte Gegentaktstufe befindet sich im Zustand „floating“. Die Spannung an diesem Brückenpunkt wird durch das Schaltungsnetz gemäß dem Stern-Ersatzschaltbild definiert. Die Brückensteuerung sorgt dafür, dass immer die Motorphase “floating“ ist, welche – bei trapezoider Gegenspannung – gerade die Polarität wechselt.

Da die Brückensteuerung automatisch weiterschaltet, befindet sich das Statorfeld immer in dem Block mit der optimalen Magnetflussänderung, d.h. mit der maximalen Generatorspannung. Der bürstenlose Motor dreht somit hoch, bis seine Generatorspannung der Versorgungsspannung entspricht. Dann ist die maximale Drehzahl bzw. die Betriebsdrehzahl erreicht und wird konstant gehalten. Eine Steuerung bzw. Änderung der Drehzahl des Rotors kann somit über die Änderung der Versorgungsspannung erfolgen.

Die Steuerung der Kommutierung erfolgt in Abhängigkeit der aktuellen Rotorposition, welche über wenigstens einen Positionssensor zum Beispiel als Hall-Sensor erfasst werden kann, was jedoch zu einem entsprechenden zusätzlichen Aufwand bzw. zu entsprechenden Kosten führt sowie Bauraum erfordert.

Alternativ kann daher eine sensorlose Kommutierung umgesetzt und auf Positionssensoren verzichtet werden, indem die aktuelle Rotorposition indirekt durch die Messung von elektrischen Parametern an den Spulen gewonnen wird. Hierzu kann beispielsweise die in den Spulen des Stators ausgelöste EMK (elektromotorische Kraft) erfasst und von der elektronischen Steuerschaltung ausgewertet werden, was jedoch erst ab einer gewissen Mindestdrehzahl erfolgen kann.

Mit anderen Worten ist ein bürstenloser Motor (BLDC-Motor) konstruktiv gesehen eine Drehfeldmaschine, welche keinen mechanischen Kommutator benötigt. Der Rotor beinhaltet einen oder mehrere Permanentmagnete. Durch die Wechselwirkung zwischen Statorfeld und Rotorfeld entsteht ein elektrisches Moment, das zu einer Rotation führen kann.

Zum Betrieb eines bürstenlosen Motors ist üblicherweise ein Motorumrichter notwendig. Der Motorumrichter beinhaltet üblicherweise im Wesentlichen ein Controller sowie Leistungshalbleiter zur Ansteuerung der Motorphasen. Außerdem ist üblicherweise ein Zwischenkreis vorhanden, aus dem der bürstenlose Motor gespeist wird.

Anders als die unter dem Begriff permanenterregte Synchron-Maschinen (PMSM) oder PMAC bekannten Motoren werden bei einem bürstenlosen Motor z.B. jeweils nur zwei Phasen von drei gleichzeitig bestromt und die dritte Phase ist stromlos. Die Auswahl der zu bestromenden Phasen ist von der Rotorlage abhängig. Der Übergang von einem Sektor bzw.

Block zum nächsten wird auch „elektronische Kommutierung“ genannt; deswegen auch die Bezeichnung „brushless“ oder „elektronisch kommutiert“. Die für die Kommutierung eines bürstenlosen Motors notwendige Information über die Rotorlage wird üblicherweise über einen Lagesensor wie beispielsweise Hall-Sensoren, Resolver oder Inkrementalgeber gemessen.

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Lösungen bekannt, die diese Kommutierung ohne einen Lagesensor erlauben. Der am meisten verbreitete Ansatz der sensorlosen Ansteuerung basiert darauf, die Rotorlage und die Kommutierungszeitpunkte durch Messung der induzierten Spannung in der inaktiven Phase zu ermitteln. Die Spannungspotenziale der Motorphase und des Motorsternpunkts werden über Spannungsteiler miteinander verglichen und der Nullübergang wird als Referenzzeitpunkt für die Kommutierung genommen.

Bei bürstenlosen Motoren, bei denen der Sternpunkt nicht physikalisch herausgeführt ist (etwa bei einer Dreieck-Schaltung), kann ein Sternpunkt künstlich durch drei in Stern geschaltete Widerstände nachgebildet werden. Das Spannungspotential des künstlichen Sternpunkts wird dann anschließend mit dem Spannungspotential der inaktiven Phase, zum Beispiel über einen Komparator, verglichen. Der Nulldurchgang dieser Differenz wird als Referenzzeitpunkt für die Kommutierung genommen.

Die Leistung eines bürstenlosen Motors wird, vereinfacht dargestellt, durch die Einschaltzeit der Halbleiter der Brücke bestimmt. Es wird für jede der Phasen eine Sollspannung berechnet. Diese Sollspannung wird durch die Höhe der Zwischenkreisspannung dividiert und somit die Einschaltzeit der Halbleiter berechnet. Ist die Sollspannung gleich der Zwischenkreisspannung, befindet sich der geregelte Frequenzumrichter in Vollaussteuerung, d.h. die Einschaltzeit beträgt 100% und die Leistung des bürstenlosen Motors kann nicht weiter erhöht werden. Somit ist die Leistung eines bürstenlosen Motors durch die Höhe der Zwischenkreisspannung begrenzt.

Dies ist insbesondere bei akkubetriebenen Geraten relevant, da die Zwischenkreisspannung mit sinkender Akkuspannung ebenfalls sinkt und somit im unteren Spannungsbereich des Akkus womöglich die volle Leistung des bürstenlosen Motors nicht mehr erreicht werden kann.

Bei einem optimal kommutierten bürstenlosen Motor sollen der Phasenstrom und die elektromotorische Kraft (EMK) in Phase sein, damit ein maximales Verhältnis der Leistung zum Stromeffektivwert erreicht wird. Dieses Kriterium bedeutet, dass der Nulldurchgang der EMK einer Phase etwa in der Mitte des stromlosen Intervalls erfolgen soll (unter der Annahme einer kleinen Verzögerung zwischen Spannung und Strom in der Phase). Bei der herkömmlichen Ansteuerung ist dies nicht ohne weiteres gegeben.

Die DE 10 2017 117 109 A1 beschreibt ein Verfahren zur Ansteuerung eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors, bevorzugt ohne Rotorlagesensor, umfassend:

- Bestromen von zwei Phasen, wobei die Spannung des Bestromens mittels PWM-Steuerung eingestellt wird;
- Ermitteln der induzierten Spannung einer nicht bestromten Phase;
- Anpassen der PWM-Frequenz, falls die induzierte Spannung ungleich Null ist, wobei
  - die PWM-Frequenz erhöht wird, falls die induzierte Spannung bei positivem Nulldurchgang < 0; oder die induzierte Spannung bei negativem Nulldurchgang > 0; und
  - die PWM-Frequenz verringert wird, falls die induzierte Spannung bei positivem Nulldurchgang > 0; oder die induzierte Spannung bei negativem Nulldurchgang < 0.

Somit wird die induzierte Spannung verwendet, um auf den Zustand der Kommutierung zu schließen. Abhängig davon kann über die Änderung der PWM-Frequenz entsprechend geregelt werden, um den Nulldurchgang der induzierten Spannung bzw. der elektromotorischen Kraft mit der Mitte des stromlosen Intervalls zu synchronisieren. Damit werden Phasenstrom und EMK in Phase gehalten und das Verhältnis der Leistung zum Stromeffektivwert wird maximiert.

Mit anderen Worten wird bei dem sensorlosen Regelungsverfahren der DE 10 2017 117 109 A1 der Kommutierungszeitpunkt bzw. die Ermittlung der Rotorposition durch Messung einer Phasenspannung und der Sternpunktspannung in der unbestromten Phase ermittelt und aus der Differenz dieser beiden Spannungen wird die induzierte Spannung berechnet. Im normalen Betrieb sollte die induzierte Spannung gleich Null sein, d.h. die Kommutierung erfolgt synchron zum Nulldurchgang der induzierten Spannung. Die Phasenregelschleife (PLL) der DE 10 2017 117 109 A1 synchronisiert die PWM-Frequenz mit der Motordrehzahl anhand der Spannungsdifferenz als induzierte Spannung und regelt somit die Spannungsdifferenz zum Abtastzeitpunkt auf Null.

Nachteilig ist hierbei jedoch, dass der beste Wirkungsgrad eines bürstenlosen Motors dann erreicht wird, wenn die induzierte Spannung, d.h. die elektromotorische Kraft (EMK) genannt, und der Phasenstrom in Phase liegen. Da der Strom in der Motorphase, d.h. der Phasenstrom, jedoch aufgrund der Induktivität der induzierten Spannung nacheilt, befindet man sich jedoch nicht im optimalen Arbeitsbereich.

Die EP 2 415 157 A2 beschreibt ein Verfahren zum Steuern einer einphasigen elektrischen Permanentmagnetmaschine, wobei das Verfahren umfasst: sequentielles Erregen und Freilaufen einer Wicklung der elektrischen Maschine, wobei die Wicklung durch eine Erregerspannung vor Nulldurchgängen der Gegen-EMK in der Wicklung um einen Vorlaufwinkel erregt wird und die Wicklung über einen Freilaufwinkel freilaufend betrieben wird; und Variieren des Vorlaufwinkels und des Freilaufwinkels als Reaktion auf Änderungen der Erregerspannung.

Die EP 2 415 158 A2 beschreibt ein Verfahren zum Steuern einer elektrischen Maschine, wobei das Verfahren umfasst: sequentielles Erregen und Freilaufen einer Wicklung der elektrischen Maschine, wobei die Wicklung vor Nulldurchgängen der Gegen-EMK um einen Vorlaufwinkel erregt wird und die Wicklung über einen Freilaufwinkel freilaufend ist; und Variieren des Vorlaufwinkels und des Freilaufwinkels in Reaktion auf Änderungen der Geschwindigkeit der elektrischen Maschine.

Durch die Verfahren der EP 2 415 157 A2 und der EP 2 415 158 A2 kann der Kommutierungswinkel vorgezogen und hierdurch die Leistung eines bürstenlosen Motors erhöht werden, welche sonst durch die Höhe der Zwischenkreisspannung begrenzt wird.

Der Erfindung stellt sich das Problem, ein Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors der eingangs beschriebenen Art bereitzustellen, so dass die Leistungsgrenze des mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors erhöht werden kann. Dies soll insbesondere möglichst einfach, kostengünstig und bzw. oder flexibel umgesetzt werden können. Zumindest soll eine Alternative zu bekannten derartigen Verfahren geschaffen werden.

Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch eine Ansteuerungsvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6, durch einen mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 sowie durch ein Haushaltsgerät mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden Unteransprüchen.

Somit betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors, vorzugsweise ohne Rotorlagesensor, mit wenigstens den Schritten:

- Bestromen von zwei Phasen, wobei die Spannung des Bestromens mittels PWM-Steuerung eingestellt wird,
- Ermitteln der induzierten Spannung einer nicht-bestromten Phase,

- Vergleichen der ermittelten induzierten Spannung mit einem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung, welcher ungleich Null ist, und

- Anpassen des Kommutierungszeitpunkts, falls die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung ungleich Null ist.

Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass die Phasenregelschleife des geregelten Frequenzumrichters bekannter bürstenloser Motoren, wie beispielsweise in der DE 10 2017 117 109 A1 beschrieben, die PWM-Frequenz anhand der Spannungsdifferenz als induzierte Spannung mit der Motordrehzahl synchronisiert und somit die Spannungsdifferenz zum Abtastzeitpunkt auf Null regelt. Da der Phasenstrom aufgrund der Induktivität jedoch der induzierten Spannung nacheilt, wird der bürstenlose Motor auf diese Art und Weise nicht mit dem optimalen Wirkungsgrad betrieben.

Erfindungsgemäß wird daher der Kommutierungswinkel verändert und insbesondere vorgezogen, indem die Spannungsdifferenz als induzierte Spannung nicht auf Null, wie bisher bekannt, sondern auf einen von Null abweichenden vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung geregelt wird. Hierdurch synchronisiert die Phasenregelschleife des geregelten Frequenzumrichters die Motordrehzahl mit dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung, wodurch die PWM-Frequenz und damit auch die Leistung des Motors verändert werden. Hierdurch kann der Spielraum zum Betreiben eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors auf einfache Art und Weise erhöht bzw. erweitert werden.

Insbesondere kann durch einen vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung, welcher kleiner als Null ist, der Kommutierungswinkel vorgezogen und hierdurch die Leistung des bürstenlosen Motors erhöht werden. Somit kann auch bei geringer Zwischenkreisspannung, zum Beispiel bei einem akkubetriebenen bürstenlosen Motor, die volle Motorleistung erzielt werden. Zusätzlich oder alternativ kann der geregelte Frequenzumrichter kleiner in der Leistung ausgelegt werden, wodurch Kosten und bzw. oder erforderlicher Bauraum und bzw. oder der elektrische Energiebedarf reduziert werden kann bzw. können. Zusätzlich oder alternativ kann der Wirkungsgrad des bürstenlosen Motors erhöht werden.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung kleiner als Null. Auf diese Art und Weise kann der Kommutierungswinkel vorgezogen und hierdurch die Leistung des mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors erhöht werden, wie bereits zuvor beschrieben.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung größer als Null. Auf diese Art und Weise kann der Kommutierungswinkel verzögert

und hierdurch die Leistung des mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors reduziert werden, was den Spielraum zum Betreiben des mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors erhöhen bzw. erweitern kann.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung erfolgt das Ermitteln der induzierten Spannung einer nicht-bestromten Phase durch die Schritte:

- Ermitteln der Phasenspannung der nicht-bestromten Phase,
- Ermitteln einer Sternpunktspannung, und
- Bilden der Differenz zwischen der ermittelten Phasenspannung und der ermittelten Sternpunktspannung als induzierte Spannung.

Auf diese Art und Weise kann das Ermitteln der induzierten Spannung einer nicht-bestromten Phase umgesetzt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung erfolgt das Verfahren bei Vollaussteuerung des bürstenlosen Motors. Hierdurch kann die Leistung des bürstenlosen Motors insbesondere dann erhöht werden, wenn bei bekannten bürstenlosen Motoren die maximale Leistung bereits erreicht ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Ansteuerungsvorrichtung zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors, vorzugsweise ohne Rotorlagesensor, vorzugsweise gemäß eines Verfahrens wie zuvor beschrieben, mit einer Steuerungseinheit, welche ausgebildet ist, zwei Phasen des mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors zu bestromen, wobei die Spannung des Bestromens mittels PWM-Steuerung eingestellt wird, und mit einer Abtasteinrichtung, welche ausgebildet ist, die induzierte Spannung einer nicht-bestromten Phase zu ermitteln, wobei die Steuerungseinheit ferner ausgebildet ist, die ermittelte induzierte Spannung mit einem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung zu vergleichen, welche ungleich Null ist, und wobei die Steuerungseinheit ferner ausgebildet ist, den Kommutierungszeitpunkt anzupassen, falls die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung ungleich Null ist.

Hierdurch kann eine Ansteuerungsvorrichtung bereitgestellt werden, um die zuvor beschriebenen Aspekte der Erfindung bzw. um das erfindungsgemäße zuvor beschriebene Verfahren bei einem mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motor umzusetzen.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist die Abtasteinrichtung ferner ausgebildet, die Phasenspannung der nicht-bestromten Phase zu ermitteln, eine Sternpunktspannung zu ermitteln

und die Differenz zwischen der ermittelten Phasenspannung und der ermittelten Sternpunktspannung als induzierte Spannung zu bilden. Auf diese Art und Weise kann das Ermitteln der induzierten Spannung einer nicht-bestromten Phase umgesetzt werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch einen mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motor, vorzugsweise ohne Rotorlagesensor, mit einer Ansteuerungsvorrichtung wie zuvor beschrieben. Hierdurch kann ein mindestens zweiphasiger bürstenloser Motor bereitgestellt werden, um die zuvor beschriebenen Aspekte der Erfindung bzw. um das erfindungsgemäße zuvor beschriebene Verfahren umzusetzen.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Haushaltsgerät mit mindestens einem mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motor wie zuvor beschrieben. Hierdurch kann ein Haushaltsgerät bereitgestellt werden, um die zuvor beschriebenen Aspekte der Erfindung bzw. um das erfindungsgemäße zuvor beschriebene Verfahren umzusetzen.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist das Haushaltsgerät einen, vorzugsweise wiederaufladbaren, elektrischen Energiespeicher auf und ist ausgebildet, mittels der gespeicherten elektrischen Energie des elektrischen Energiespeichers betrieben zu werden.

Diesem Aspekt der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei akkubetriebenen Haushaltsgeräten die Zwischenkreisspannung mit sinkender Akkuspannung ebenfalls sinkt und somit im unteren Spannungsbereich des Akkus womöglich die volle Leistung des bürstenlosen Motors nicht mehr erreicht werden kann. Gerade in einer derartigen Situation die Leistung des bürstenlosen Motors erfindungsgemäß wieder zu erhöhen, kann es dem Benutzer ermöglichen, das Haushaltsgerät auch bei sinkender Akkuspannung mit ausreichender Leistung zu betreiben, um das Haushaltsgerät bestimmungsgemäß verwenden zu können.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen rein schematisch dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben. Es zeigt

Figur 1	Schaltung eines bekannten bürstenlosen Motors;
Figur 2	Verläufe der Phasenspannungen der drei Phasen des bürstenlosen Motors der Figur 1; und
Figur 3	ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 1 zeigt eine Schaltung eines bekannten bürstenlosen Motors M. Der bürstenlose Motor M, kurz BLDC-Motor M, wird über eine Steuerungseinheit S in Form eines geregelten Frequenzumrichters S angesteuert bzw. betrieben. Aus einer Gleichspannung V_{DC} als Zwischenkreisspannung V_{DC} wird über eine B6-Brücke mit sechs Schaltelementen (MOSFETs oder Transistoren) T1-T6 und sechs Dioden D1-D6 ein dreiphasiges Drehfeld an den BLDC-Motor

M gelegt. Hierdurch wird eine Rotation eines Rotors (nicht dargestellt) des BLDC-Motors M im Betrieb bewirkt.

Damit das Drehfeld, welches auf den Stator (nicht dargestellt) des BLDC-Motors M gegeben wird, passend zur Rotorlage ist, muss die Rotorlage bestimmt werden. In der Vergangenheit wurde dies über einen Sensor am BLDC-Motor M getan. Mit dem Aufkommen der sensorlosen Regelung wurde der Sensor durch die Messung elektrischer Größen in Kombination mit einem Software-Motormodell seitens der Steuerungseinheit S ersetzt. Zu diesem Zweck wurden die Phasenspannungen U_{Phase} der drei Phasen U, V, W und auch die Sternpunktspannung gemessen. Die Sternpunktspannung kann entweder am Sternpunkt des BLDC-Motors M gemessen oder über einen „künstlichen Sternpunkt" nachgestellt und gemessen werden. Die Schaltung der ohmschen Widerstände R8-R10 und des Kondensators C5 stellt den künstlichen Sternpunkt dar. Bei einem BLDC-Motor M mit Dreieckschaltung wird üblicherweise nur mit dem künstlichen Sternpunkt gearbeitet.

Figur 2 zeigt die Verläufe der Phasenspannungen U_{Phase} der drei Phasen U, V, W des bürstenlosen Motors M der Figur 1. Wie dem zeitlichen Verlauf der Phasenspannung U_{Phase} der Phase U zu entnehmen ist, so wird die Phase U 120° (zwei Sektoren) lang mit einer positiven Spannung aktiv beaufschlagt. Einen Sektor lang ist die Phase U stromlos. In dieser Zeit kann die induzierte Spannung EMK der Phase U gemessen werden, welche auch als elektromotorische Kraft (EMK) bezeichnet wird.

Die Nulllinie bei der Phasenspannung U_{Phase} ist die Sternpunktspannung. Dort, wo die Phasenspannung U_{Phase} die Sternpunktspannung kreuzt, liegt ein sogenannter Nulldurchgang der jeweiligen Phasenspannung U_{Phase} vor. Dieser Zeitpunkt des Nulldurchgangs der Phasenspannung U_{Phase} ist der Moment, wo der Stator und der Rotor zueinander ausgerichtet sind. Auf diese Nulldurchgänge wird gemessen. Somit kann in der Phase U bei einem einpoligen BLDC-Motor M zwei Mal ein Nulldurchgang während einer mechanischen Umdrehung (0° bis 360°) gemessen werden. Misst man in allen drei Phasen U, V, W den Strom, so kann während einer mechanischen Umdrehung sechs Mal die Rotorlage bestimmt werden. Auf diesem Prinzip bauen alle Steuerungseinheiten S von herkömmlichen BLDC-Motoren M auf.

Bei einem derartigen bekannten BLDC-Motor M kann der optimale Wirkungsgrad, welcher vorliegt, wenn die induzierte Spannung EMK einer der drei Phasen U, V, W in Phase mit dem Phasenstrom dieser Phasen U, V, W liegt, nicht erreicht werden, da der Phasenstrom aufgrund der Induktivität stets der induzierten Spannung EMK nacheilt. Somit befindet sich ein derartiger bekannter BLDC-Motor M nie im optimalen Arbeitsbereich.

Erfindungsgemäß wird daher ein Verfahren seitens des BLDC-Motors M ausgeführt, bei welchem ein Bestromen 100 von zwei Phasen U, V, W der insgesamt drei Phasen U, V, W erfolgt. Die Spannung U_{Phase} des Bestromens 100 wird dabei mittels PWM-Steuerung der Steuerungseinheit S als geregelter Frequenzumrichter S eingestellt.

Ferner erfolgt ein Ermitteln 200 einer induzierten Spannung EMK derjenigen der drei Phasen U, V, W, welche zu diesem Zeitpunkt nicht bestromt ist. Hierzu erfolgt ein Ermitteln 200a der Phasenspannung U_{Phase} der nicht-bestromten Phase U, V, W, ein Ermitteln 200b einer Sternpunktspannung und ein Bilden 200c der Differenz zwischen der ermittelten Phasenspannung U_{Phase} und der ermittelten Sternpunktspannung als induzierte Spannung EMK.

Anschließend erfolgt ein Vergleichen 300 der ermittelten induzierten Spannung EMK mit einem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref}, welche kleiner als Null ist. In Reaktion hierauf erfolgt ein Anpassen 400 des Kommutierungszeitpunkts, falls die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung EMK und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref} ungleich Null ist, d.h. falls die ermittelte induzierte Spannung EMK nicht dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref} entspricht.

Die PWM-Frequenz wird nicht angepasst, sondern der Zeitpunkt, wann ein Sektor bestromt wird. Die PWM-Frequenz ist erstmal konstant. Durch einen anderen Kommutierungszeitpunkt erhöht oder verringert sich die Leistung. Als Folge dessen verringert oder erhöht sich auch die Drehzahl und somit die PWM-Frequenz. Aber im ersten Schritt wird nur der Zeitpunkt des Ein-und Ausschaltens verändert bzw. wann der Übergang von einem Sektor in den nächsten erfolgt.

Erfindungsgemäß wird somit, insbesondere bei Vollaussteuerung, ein vorbestimmter Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref} für die induzierte Spannung EMK zwischen Phasenspannung U_{Phase} und Sternpunktspannung vorgegeben. Hierdurch wird der Kommutierungswinkel vorgezogen, da die Phasenregelschleife (PLL) des geregelten Frequenzumrichters S mit der Motordrehzahl synchronisiert ist. Durch das Vorziehen des Kommutierungswinkels kann somit die Leistung des erfindungsgemäßen BLDC-Motors M weiter erhöht werden, bis zu einem gewissen Punkt, selbst wenn der BLDC-Motor M bereits in der Vollaussteuerung betrieben wird. Zur Synchronisierung auf einem negativen Nulldurchgang wird somit der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref} negativ gewählt, damit der Kommutierungswinkel vorgezogen werden kann.

Würde der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref} größer als Null gewählt werden, so könnte hierdurch der Kommutierungswinkel verzögert und damit die Leistung des erfindungsgemäßen BLDC-Motors M auf diese Art und Weise reduziert werden. In diesem

Fall würde zur Synchronisierung auf einem positiven Nulldurchgang der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref} positiv gewählt werden.

Diese erfindungsgemäße sensorlose Regelung beinhaltet somit einen Regelkreis, welcher die Grundwelle der Umrichterspannung des geregelten Frequenzumrichters S in eine vorgegebenen Phase zur induzierten Spannung EMK des BLDC-Motors M setzt. Bisher werden bei bekannten BLDC-Motoren M die Umrichterspannung des geregelten Frequenzumrichters S und die induzierte Spannung EMK in Phase gesetzt, indem der Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref} in der Phasenregelschleife des geregelten Frequenzumrichters S zu Null gesetzt wird. Durch Variieren des Sollwerts der induzierten Spannung EMK_{Ref} als Sollwert der Phasenregelschleife kann erfindungsgemäß eine Phasenverschiebung zwischen Umrichterspannung des geregelten Frequenzumrichters S und induzierter Spannung EMK erzeugt werden. Hierdurch kann eine Erweiterung der Ausgangsleistung des geregelten Frequenzumrichters S erzielt werden.

Bezugszeichenliste (Bestandteil der Beschreibung)

C1-C5	Kondensatoren
D1-D6	Dioden der B6-Brücke
T1-T6	Transistoren der B6-Brücke
R1-R10	ohmsche Widerstände
V_{DC}	Gleichspannung
U	Phase
V	Phase
W	Phase
U_{Phase}	Phasenspannung; Zwischenkreisspannung
EMK	induzierte Spannung; elektromotorische Kraft
EMK_{Ref}	Sollwert der induzierten Spannung EMK
M	(dreiphasiger) bürstenloser Motor; BLDC-Motor
S	Steuerungseinheit; Rechner; geregelter Frequenzumrichter
100	Bestromen von zwei Phasen U, V, W
200	Ermitteln der induzierten Spannung EMK einer nicht-bestromten Phase U, V, W
200a	Ermitteln der Phasenspannung U_{Phase} der nicht-bestromten Phase U, V, W
200b	Ermitteln einer Sternpunktspannung
200c	Bilden der Differenz zwischen ermittelter Phasenspannung U_{Phase} und ermittelter Sternpunktspannung als induzierte Spannung EMK
300	Vergleichen der ermittelten induzierten Spannung EMK mit einem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung EMK_{Ref}
400	Anpassen des Kommutierungszeitpunkts

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors (M), vorzugsweise ohne Rotorlagesensor, mit wenigstens den Schritten:

   - Bestromen (100) von zwei Phasen (U, V, W), wobei die Spannung (U_{Phase}) des Bestromens (100) mittels PWM-Steuerung eingestellt wird,
   - Ermitteln (200) der induzierten Spannung (EMK) einer nicht-bestromten Phase (U, V, W),
   - Vergleichen (300) der ermittelten induzierten Spannung (EMK) mit einem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMK_{Ref}), welche ungleich Null ist, und
   - Anpassen (400) des Kommutierungszeitpunkts, falls die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung (EMK) und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMK_{Ref}) ungleich Null ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

   der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung (EMK_{Ref}) kleiner als Null ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

   der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung (EMK_{Ref}) größer als Null ist.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ermitteln (200) der induzierten Spannung (EMK) einer nicht-bestromten Phase (U, V, W) durch die Schritte erfolgt:

   - Ermitteln (200a) der Phasenspannung (U_{Phase}) der nicht-bestromten Phase (U, V, W),
   - Ermitteln (200b) einer Sternpunktspannung und
   - Bilden (200c) der Differenz zwischen der ermittelten Phasenspannung (U_{Phase}) und der ermittelten Sternpunktspannung als induzierte Spannung (EMK).

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

   das Verfahren bei Vollaussteuerung des bürstenlosen Motors (M) erfolgt.

6. Ansteuerungsvorrichtung zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors (M), vorzugsweise ohne Rotorlagesensor, vorzugsweise gemäß einem Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

mit einer Steuerungseinheit (S), welche ausgebildet ist, zwei Phasen (U, V, W) des mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors (M) zu bestromen, wobei die Spannung (U_{Phase}) des Bestromens (100) mittels PWM-Steuerung eingestellt wird, und

mit einer Abtasteinrichtung, welche ausgebildet ist, die induzierte Spannung (EMK) einer nicht-bestromten Phase (U, V, W) zu ermitteln,

wobei die Steuerungseinheit (S) ferner ausgebildet ist, die ermittelte induzierte Spannung (EMK) mit einem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMK_{Ref}) zu vergleichen, welcher ungleich Null ist, und

wobei die Steuerungseinheit (S) ferner ausgebildet ist, die PWM-Frequenz anzupassen, falls die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung (EMK) und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMKRef) ungleich Null ist.

7. Ansteuerungsvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Abtasteinrichtung ferner ausgebildet ist,

die Phasenspannung (U_{Phase}) der nicht-bestromten Phase (U, V, W) zu ermitteln,

eine Sternpunktspannung zu ermitteln und

die Differenz zwischen der ermittelten Phasenspannung (U_{Phase}) und der ermittelten Sternpunktspannung als induzierte Spannung (EMK) zu bilden.

8. Mindestens zweiphasiger bürstenloser Motor (M), vorzugsweise ohne Rotorlagesensor, mit einer Ansteuerungsvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7.

9. Haushaltsgerät mit mindestens einem mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motor (M) nach Anspruch 8.

10. Haushaltsgerät nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Haushaltsgerät einen, vorzugsweise wiederaufladbaren, elektrischen Energiespeicher aufweist und ausgebildet ist, mittels der gespeicherten elektrischen Energie des elektrischen Energiespeichers betrieben zu werden.

BE2021/5064

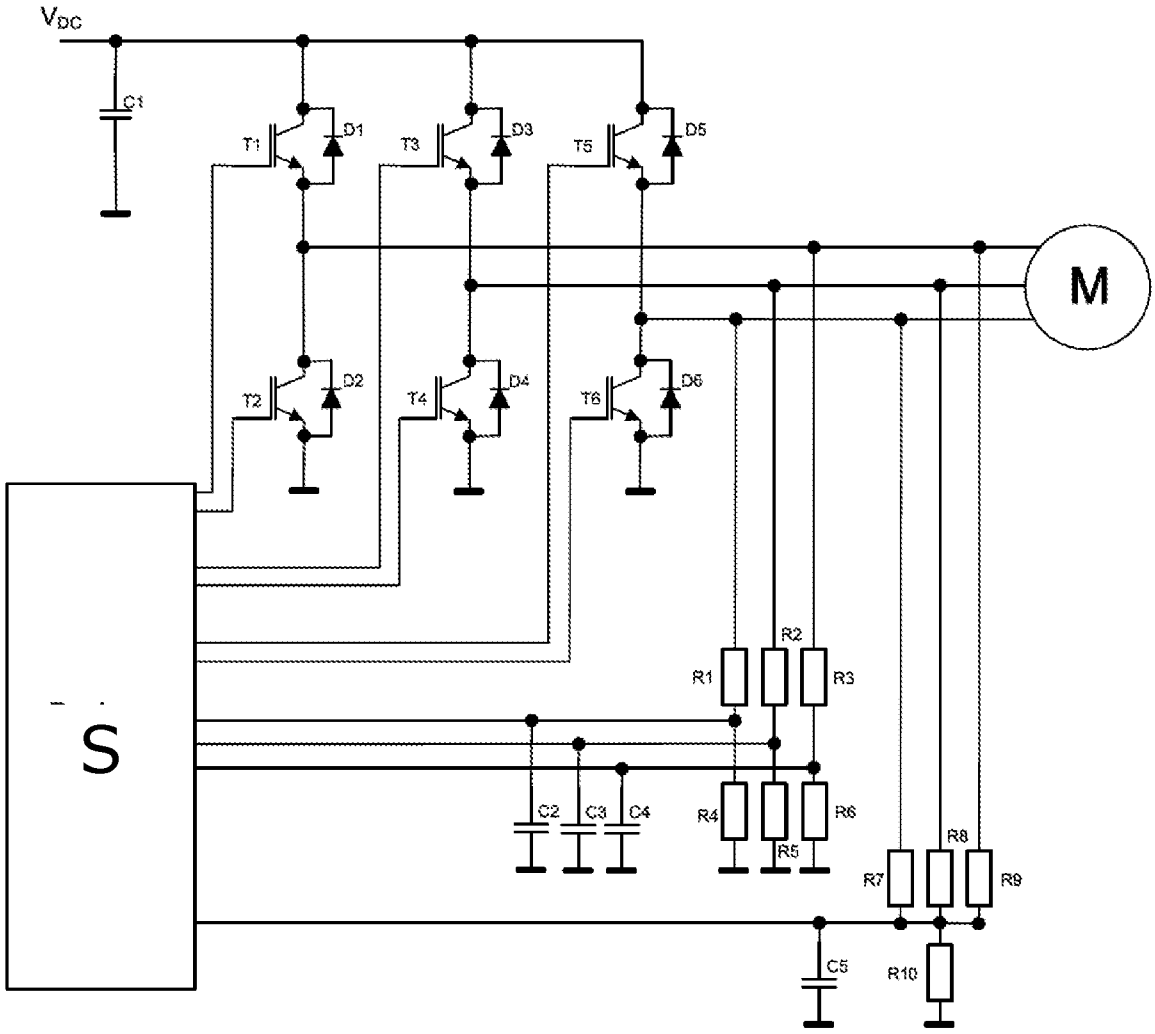


FIG. 1

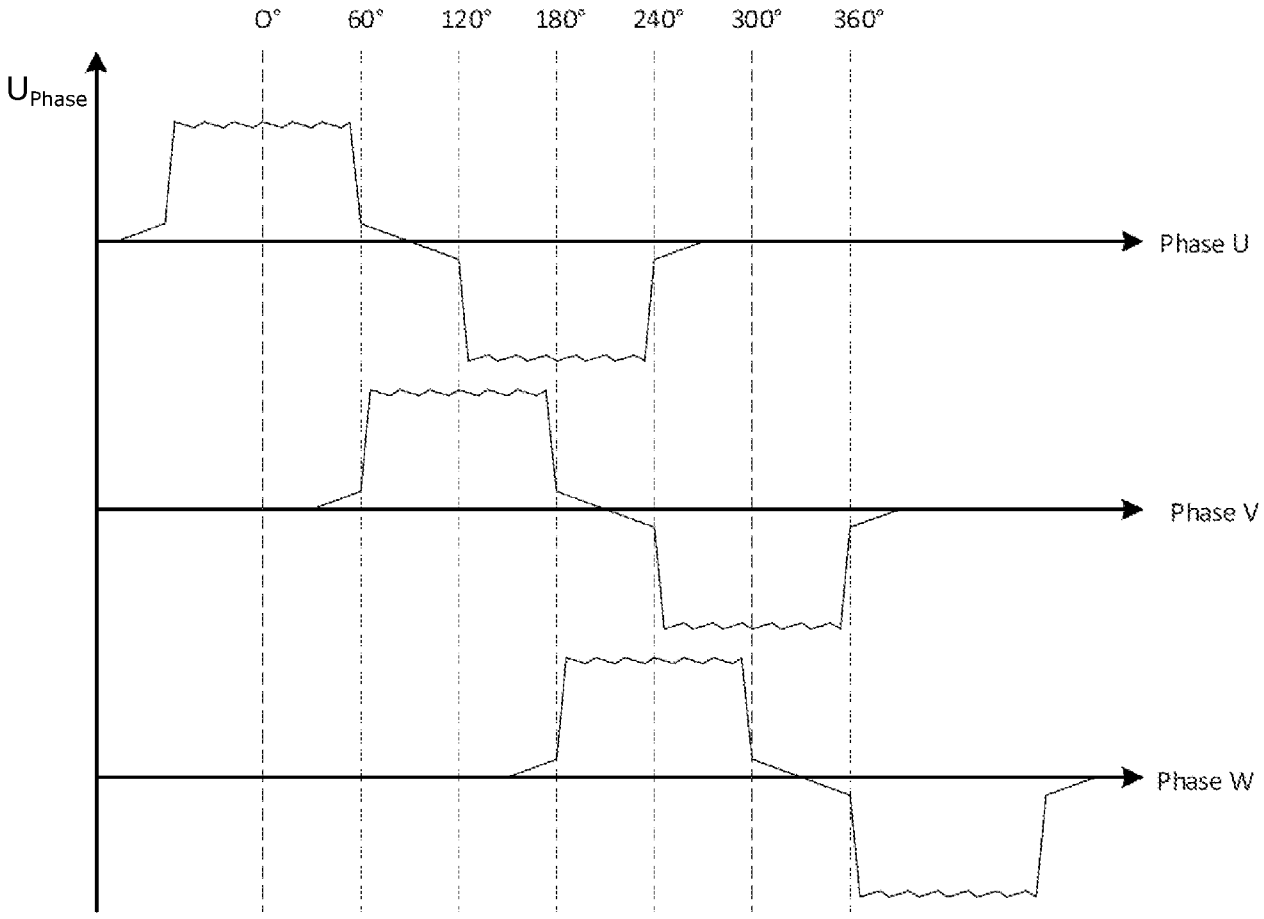


FIG. 2

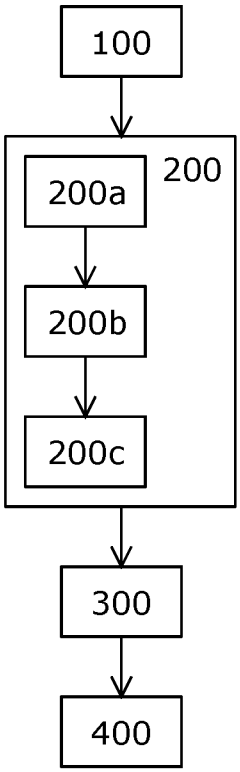


FIG. 3

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Nummer der nationalen Anmeldung:

RECHERCHENBERICHT

nach Artikel XI.23., §2 und §3 des belgischen Wirtschaftsgesetzbuches

BO 12206
BE 202105064

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X Y	DE 10 2018 128354 A1 (BECKHOFF AUTOMATION GMBH [DE]) 14. Mai 2020 (2020-05-14) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1,4,6 * * Absatz [0007] * * Ansprüche 4,10 * -----	1-3,5,6,8 4,7,9,10	INV. H02P6/182 H02P23/28 H02P6/18 H02P6/15
A	US 5 345 156 A (MOREIRA JULIO CESAR [US]) 6. September 1994 (1994-09-06) * Abbildung 4 * -----	4,7	
Y	EP 3 653 782 A1 (BSH HAUSGERAETE GMBH [DE]) 20. Mai 2020 (2020-05-20) * Absätze [0049], [0071], [0081] * -----	9,10	
Y	DE 10 2017 121829 A1 (MINEBEA MITSUMI INC [JP]) 21. März 2019 (2019-03-21) * Absatz [0045] * * Abbildung 4 * -----	4,7	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

H02P

Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
28. Oktober 2021	Vanata, Daniela

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EOB FORM 02.83 (P04C49)

ANHANG ZUM RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE BELGISCHE PATENTANMELDUNG NR.

BO 12206
BE 202105064

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-10-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102018128354 A1	14-05-2020	CN 113424432 A	21-09-2021
		DE 102018128354 A1	14-05-2020
		EP 3864746 A1	18-08-2021
		US 2021265928 A1	26-08-2021
		WO 2020099276 A1	22-05-2020
US 5345156 A	06-09-1994	CA 2138831 A1	01-07-1995
		DE 69409933 T2	13-08-1998
		EP 0661798 A1	05-07-1995
		US 5345156 A	06-09-1994
EP 3653782 A1	20-05-2020	CN 111188177 A	22-05-2020
		DE 102018219361 A1	14-05-2020
		EP 3653782 A1	20-05-2020
DE 102017121829 A1	21-03-2019	KEINE	

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr.	Anmeldedatum *(Tag/Monat/Jahr)*	Prioritätsdatum *(Tag/Monat/Jahr)*	Anmeldung Nr.
BO12206	28.01.2021		BE202105064

Internationale Patentklassifikation (IPK)
INV. H02P6/182 H02P23/28 H02P6/18 H02P6/15

Anmelder
MIELE & CIE. KG

Dieser Bescheid enthält Angaben und entsprechende Seiten zu folgenden Punkten:

- ☒ Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- ☐ Feld Nr. II Priorität
- ☐ Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- ☐ Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- ☒ Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- ☐ Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- ☐ Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung
- ☐ Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

	Prüfer
	Vanata, Daniela

Anmeldung Nr.

SCHRIFTLICHER BESCHEID

BE202105064

Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.

2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde, ist der Bescheid auf folgender Grundlage erstellt worden:

   a. Art des Materials:

   ☐ Sequenzprotokoll

   ☐ Tabelle(n) zum Sequenzprotokoll

   b. Form des Materials:

   ☐ in Papierform

   ☐ in elektronischer Form

   c. Zeitpunkt der Einreichung:

   ☐ in der eingereichten Anmeldung enthalten

   ☐ zusammen mit der Anmeldung in elektronischer Form eingereicht

   ☐ nachträglich eingereicht

3. ☐ Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls und/oder einer dazugehörigen Tabelle eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.

4. Zusätzliche Bemerkungen:

Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ja:	Ansprüche	4, 7, 9, 10
	Nein:	Ansprüche	1-3, 5, 6, 8
Erfinderische Tätigkeit	Ja:	Ansprüche	
	Nein:	Ansprüche	1-10
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja:	Ansprüche:	1-10
	Nein:	Ansprüche:	

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

1

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1.1 Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1	DE 10 2018 128354 A1 (BECKHOFF AUTOMATION GMBH [DE]) 14. Mai 2020 (2020-05-14)
D2	US 5 345 156 A (MOREIRA JULIO CESAR [US]) 6. September 1994 (1994-09-06)
D3	EP 3 653 782 A1 (BSH HAUSGERAETE GMBH [DE]) 20. Mai 2020 (2020-05-20)
D4	DE 10 2017 121829 A1 (MINEBEA MITSUMI INC [JP]) 21. März 2019 (2019-03-21)

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 1-3, 5, 6 und 8 nicht neu ist.

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 4, 7, 9 und 10 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruht.

1.2 Anspruch 1

Dokument D1 offenbart ein

Verfahren zum Ansteuern eines mindestens zweiphasigen bürstenlosen Motors (Abs. 7 Element BLDC-Motors, Abb. 1 Windungen 101, 103, 105, Anspruch 4), mit wenigstens den Schritten:
• Bestromen von zwei Phasen (U, V, W), wobei die Spannung (U_{Phase}) des Bestromens mittels PWM-Steuerung eingestellt wird (Abs. 78 Element PWM),
• Ermitteln der induzierten Spannung EMK einer nicht-bestromten Phase (Abs. 88-93 Verfahrensschritt 203),
• Vergleichen der ermittelten induzierten Spannung mit einem vorbestimmten

Sollwert der induzierten Spannung (Ansprüche 4-5 Element: Differenz zwischen der induzierten Spannung und der zu erwarteten Spannung), welche ungleich Null ist (Zu erkennen in Abb. 6 ist zum Messzeitpunkt Temf die induzierte Spannung größer als U_0), und

• Anpassen des Kommutierungszeitpunkts, falls die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung (EMK) und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMK_{Ref}) ungleich Null ist (Anspuch 10 Element: Anpassung der Kommutierung K1).

1.3 Ansprüche 2 und 3

Verfahren nach Anspruch 1,dadurch gekennzeichnet, dass der vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung (EMK_{Ref}) kleiner / größer als Null ist.

D1 offenbart in Abb. 6, dass vorbestimmte Sollwert der induzierten Spannung größer Null ist. Die Ansprüche der D1 sind diesbezüglich derart breit, dass auch ein Spannung kleiner Null als implizit offenbart angesehen werden kann.

1.4 Ansprüche 4 und 7

Der Gegenstand der Ansprüche 4 und 7 beschreibt zwei von vielen Möglichkeiten die EMK zu bestimmen. Da das Dokument D1 die EMK bestimmt, können diese Gegenstände nicht als erfinderisch angesehen werden. Siehe z.B. D2 Abb.4 Elemente 54, 56 und 58 im Zusammenhang. Der Vollständigkeit halber wird an dieser Stelle auf das Dokument D4 verwiesen, welches in Abs. 45 und Abb. 4 offenbart wie die elektromotorische Kraft (EMK) (hier BEMF genannt) anhand einer Differenzspannung zwischen der erfassten Phasenspannung und der erfassten Sternpunktspannung bestimmt werden kann.

1.5 Anspruch 5

Es ist die Auffassung der Recherchenabteilung, dass eine Vollaussteuerung der in D1 Anspruch 10 offenbarten Blockkommutierung entspricht.

1.6 Anspruch 6

Die D1 offenbart in Anspruch 10 eine PWM-Frequenz Anpassung, da hier von einer "normalen" PWM in einen Blockbetrieb umgeschaltet wird. Dies geschieht nachdem die Kommutierung angepasst wurde. Somit offenbart die D1 implizit,

dass die Differenz zwischen der ermittelten induzierten Spannung (EMK) und dem vorbestimmten Sollwert der induzierten Spannung (EMKRef) ungleich Null ist.

Unter Anspruch 1 wurde bereits dargestellt, dass alle anderen Merkmale des Anspruchs 6 in D1 offenbart sind.

1.7 Anspruch 8

D1 offenbart in Anspruch 4 einen mindestens zweiphasiger bürstenloser Motor.

1.8 Ansprüche 9 - 10

Haushaltsgerät mit BLDC Motor und elektrischen Energiespeichern sind allgemein bekannt. Siehe D3 Abs. 49, 71 und 81.