

(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
16. November 2023 (16.11.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/217698 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02P 29/50 (2016.01) H02P 25/03 (2016.01)
H02P 3/22 (2006.01) H02P 27/08 (2006.01)
H02P 23/00 (2016.01) H02P 25/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/062119

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Mai 2023 (08.05.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 111 920.3
12. Mai 2022 (12.05.2022) DE

(71) Anmelder: VOITH PATENT GMBH [DE/DE]; St. Pöl-
tener Straße 43, 89522 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder: HAUSBERGER, Thomas; Heide 5.d. Str. 6,
3331 Kematen/Ybbs (AT).

(74) Anwalt: MEISSNER BOLTE PATENTANWÄLTE
RECHTSANWÄLTE PARTNERSCHAFT MBB; Wi-
denmayerstr. 47, 80538 München (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, DE, 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,

(54) Title: ELECTRIC MOTOR UNIT AND METHOD FOR USE

(54) Bezeichnung: ELEKTROMOTOREINHEIT UND VERFAHREN ZUR VERWENDUNG

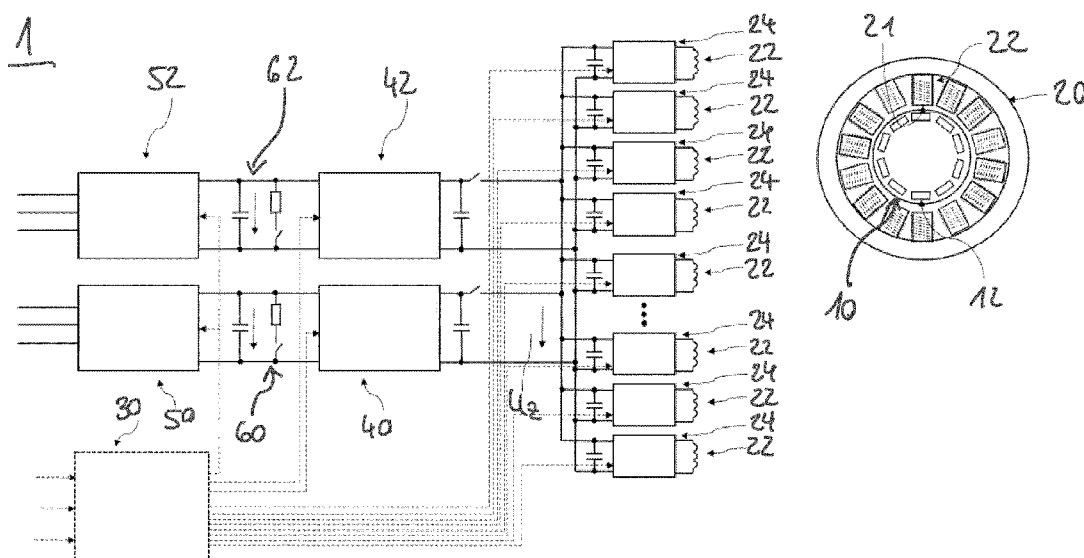


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an electric motor unit (1), in particular a permanent magnet synchronous machine, comprising a rotor (10) and a stator (20), a control unit (30), a plurality of coil units (22), a plurality of switch units (24) and at least one first DC voltage converter (40) for providing an adjustable intermediate circuit voltage (U_z). The first DC voltage converter (40) can be controlled by means of the control unit (30) in such a way that an adjustable intermediate circuit voltage (U_z) can be applied, as required, to the individual, parallel-connected switch units (24). The invention also relates to a method for use of an electric motor unit.



QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, 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).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Elektromotoreinheit (1), insbesondere Permanentmagnet-erregte Synchronmaschine, mit einem Rotor (10) und einem Stator (20), einer Steuereinheit (30), einer Vielzahl von Spuleneinheiten (22), einer Vielzahl von Schalteinheiten (24) und wenigstens einem ersten Gleichspannungskonverter (40) zur Bereitstellung einer einstellbaren Zwischenkreisspannung (U_z). Der erste Gleichspannungskonverter (40) ist mittels der Steuereinheit (30) derart steuerbar, dass an die einzelnen, parallel zueinander verschalteten Schalteinheiten (24) eine einstellbare Zwischenkreisspannung (U_z) jeweils bedarfsweise anlegbar ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verwendung einer Elektromotoreinheit.

Elektromotoreinheit und Verfahren zur Verwendung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Elektromotoreinheit sowie ein Verfahren zur Verwendung einer solchen.

Um nachteilige Eigenschaften von und in Elektromotoren wie Körperwellen und Schallemissionen zu reduzieren, werden im Stand der Technik verschiedenste Maßnahmen vorgeschlagen, die insbesondere wie folgt zusammengefasst werden können bzw. auf den nachfolgenden Grundlagen basieren:

- Konstruktive Maßnahmen zur Isolation von Schallquellen bzw. der Dämpfung von Körperschallwellen;
- Anpassung der Stator- sowie der Rotorgeometrie;
- Anpassung der Schaltfrequenz sowie des Pulsmusters der Magnetspulen;
- Verwendung von Verstärkertopologien auf nicht schaltender Basis (z.B. Klasse A-Verstärker); und/oder
- aktive Kompensationsmaßnahmen durch den Einsatz zusätzlicher Aktuatoren, wie z.B. Piezoaktuatoren.

Die Ansteuerung von Elektromotoren erfolgt typischerweise über 3-phasige Stromrichter. Dabei werden die Wicklungen, beispielsweise ausgebildet als Zahnspulen, derart parallel und oder seriell verschaltet, dass eine Drehfeldwicklung bereitgestellt wird und bei entsprechender Stromeinprägung in den Spulen ein magnetisches Drehfeld entsteht.

Die Spulenströme bzw. die bereitgestellte Spannung sind/ist bei dieser Form der Ansteuerung und der Verschaltung für sämtliche Spuleneinheiten lediglich einheitlich bzw. gemeinsam einstellbar.

Des Weiteren erlauben auch die konstruktiven Änderungen, wie die Isolation von Schallquellen oder die Anpassung der Stator-/Rotorgeometrie, lediglich die Optimierung einer Elektromotoreinheit an einem bestimmten Arbeits- bzw. Betriebspunkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Elektromotoreinheit anzugeben, welche auf einfache und effiziente Weise bereitstellbar ist, eine vielfältige Einstellbarkeit und Konfigurierbarkeit sowie eine Optimierung der (Energie-)Effizienz, der Steuer- bzw. Regeldynamik sowie der schwingungstechnischen Eigenschaften erlaubt, insbesondere sodass eine Adaptierbarkeit der Elektromotoreinheit über ihren gesamten Arbeits- bzw. Betriebsbereich hinweg auf bestimmte Schwerpunkte, wie die Energieeffizienz, die Schwingungseigenschaften, die Akustik, das dynamische Reaktionsverhalten oder dergleichen, gewährleistet werden kann. Des Weiteren ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Verwendung einer Elektromotoreinheit anzugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe hinsichtlich der Motoreinheit durch den Gegenstand des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens zur Verwendung durch den Gegenstand des Anspruchs 6 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß der Erfindung ist eine Elektromotoreinheit, insbesondere eine Permanentmagnet-erregte Synchronmaschine, mit einem Rotor und einem Stator vorgesehen, einer Steuereinheit, einer Vielzahl von Spuleneinheiten, einer Vielzahl von Schalteinheiten und wenigstens einem ersten Gleichspannungskonverter zur Bereitstellung einer einstellbaren Zwischenkreisspannung, wobei die Vielzahl von Spuleneinheiten entlang eines Umfangs des Stators verteilt angeordnet sind. Jeder Spuleneinheit ist eine der Schalteinheiten zugeordnet, sodass die einzelnen Spuleneinheiten individuell und unabhängig voneinander über die jeweilig zugeordneten Schalteinheiten ansteuerbar sind und/oder in eine oder mehrere Teilgruppen zusammengefasst bzw. aufeinander abgestimmt über die jeweilig zugeordneten Schalteinheiten

ansteuerbar sind, wobei der erste Gleichspannungskonverter mittels der Steuereinheit derart steuerbar ist, dass an die einzelnen, parallel zueinander verschalteten Schalteinheiten eine einstellbare Zwischenkreisspannung jeweils bedarfsweise anlegbar ist.

Die Erfindung basiert auf dem Grundgedanken, dass mittels der individuellen Steuerbarkeit der einzelnen Spuleneinheiten eine vielfältige, flexible Nutzung und Einstellbarkeit der einzelnen Spuleneinheiten vorgesehen wird, um für den jeweiligen Anwendungszweck eine Optimierung des Betriebsmodus zu ermöglichen.

Insbesondere besteht ein Kern der Erfindung in der optimalen Ansteuerung der einzelnen Spuleneinheiten, um unter anderem die Körperwellen, Vibrationen sowie Schallemission des elektrischen Antriebsstranges, im Speziellen der Elektromotoreinheit, gezielt beeinflussen, formen und/oder unterdrücken zu können. Die optimierte Ansteuerung kann durch eine gezielte Stromeinprägung in den Spuleneinheiten erfolgen, sodass selektierte bzw. frei wählbare Normalkraftharmonische im Luftspalt (dem jeweiligen Rotorwinkel entsprechend), über den Umfang gesehen und auf den Stator bzw. die Statorzähne sowie den Rotor bzw. die Rotorsegmente wirkend, gezielt beeinflusst werden können, vorzugsweise bei strikter Einhaltung eines geforderten Drehmomentes des Motors.

So kann für die Anwendung der Elektromotoreinheit ein energieoptimierter Betrieb, ein Dynamik-optimierter sowie ein geräuschoptimierter Betrieb bereitgestellt werden.

Mit dieser Idee der gezielten Formung von harmonischen Normalkraftkomponenten („Normalkraftharmonische“) über die jeweiligen Spulenströme ist insbesondere eine Beeinflussung des Körperschalls über eine Stromeinprägung in Spuleneinheiten bzw. bei einzelnen Spuleneinheiten und dem daraus resultierenden Magnetfeld und den korrespondierenden (Normal-) Kraftverhältnissen in den Statorzähnen und Rotormagnetsegmenten möglich. Durch die Wahl der Spulenströme kann die anziehende Wirkung der einzelnen Permanentmagnete bzw. Permanentmagnetsegmente auf den Stator bzw. einzelne Statorzähne beeinflusst werden.

Die Normalkraftharmonischen verursachen in einer rotierenden Anordnung periodische Kraftvariationen auf den Stator bzw. die Statorzähne sowie den Rotor bzw. die (Permanent-)Magnetsegmente. Diese periodischen Kraftvariationen äußern sich als drehzahl- und arbeitspunktabhängige Vibrationen der Elektromotoreinheit.

Durch die gezielte Formung von Normalkraftharmonischen mittels spezifisch applizierter Spulenströme lassen sich gezielt Körperschallabstrahlungen beeinflussen, sodass, je nach Anwendungsfall, mechanische Resonanzfrequenzen angeregt bzw. nicht angeregt werden können. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein typischer maßgeblicher Verursacher von Körperschallabstrahlung, nämlich der Stator bzw. die Statorzähne mit den Spuleneinheiten bzw. den Zahnspulen, als Aktuator zur Beeinflussung der Form der Schwingungs- bzw. Schall-Abstrahlung eingesetzt werden, insbesondere nach dem Prinzip einer aktiven Schwingungs- bzw. Geräuschunterdrückung (sogenanntes „Active Noise Cancelling“). Gleichzeitig kann diese Anordnung bzw. die Elektromotoreinheit auch zur Bereitstellung eines bedarfsweisen Drehmomentes eingesetzt werden, wobei eine Arbeits- bzw. Betriebspunkt-abhängige Optimierbarkeit der Elektromotoreinheit gewährleistet ist.

Abgesehen von akustischen Geräuschentwicklung durch die Motor- bzw. Rotordrehzahl und den Normalkräften bzw. Normalkraftharmonischen, kann mittels der vorliegenden Erfindung zusätzlich, auf Basis der leistungselektronischen Topologie, auch die Geräuschentwicklung aufgrund von Magnetostruktionsänderungen, d.h. durch die sich ändernde (Körper-)Verformung magnetischer Stoffe, gezielt beeinflusst und geformt werden.

Zudem kann mittels der vorliegenden Erfindung eine Modularität bereitgestellt werden, sodass gezielt einzelne Spuleneinheiten (zumindest temporär) nicht an der Drehmomentbildung des Rotors beteiligt sind, sondern ausschließlich zur Formung bzw. Kompensation bzw. Beeinflussung z.B. des Körperschallverhaltens der Elektromotoreinheit eingesetzt werden.

Angesichts dieser aktiven Kompensationsmaßnahme sind keine zusätzlichen Aktuatoren notwendig. Vielmehr können übermäßige mechanische Vibrationen bzw. Körperschallabstrahlungen, beispielsweise zur Erzielung eines ruhigeren und damit nachhaltigeren sowie wartungsärmeren Laufverhaltens und/oder zur

Geräuschreduktion, mittels der Elektromotoreinheit selbst, und damit im Sinne einer integralen Lösung, bereitgestellt werden.

Anhand einzelner Spuleneinheiten der Elektromotoreinheit ist eine vorteilhafte Beeinflussung beispielsweise des akustischen Verhaltens über sämtliche Arbeits- bzw. Betriebspunkte möglich.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist wenigstens ein erster Gleichspannungswandler/-konverter vorgesehen. Insbesondere kann wenigstens der erste Gleichspannungskonverter vorzugsweise als ein bidirektional wirkender Tiefsetzsteller vorgesehen sein und eine (Daten-)kommunikative Verbindung zu der Steuereinheit aufweisen. So kann der erste Gleichspannungskonverter durch die Steuereinheit steuerbar sein.

Des Weiteren ist vorstellbar, dass die Elektromotoreinheit wenigstens einen ersten Gleichrichter in Verbindung mit dem Gleichspannungskonverter aufweist, um die Stromversorgung der Elektromotoreinheit über beispielsweise ein Versorgungsnetz zu ermöglichen. Insbesondere kann der Gleichrichter als ein aktiv betriebener Gleichrichter vorgesehen sein, der vorzugsweise eine (daten-)kommunikative Verbindung zu der Steuereinheit aufweist. So ist es möglich, dass die Elektromotoreinheit über eine Versorgungsquelle, im Sinne eines Generators oder eines Energiespeichers wie einer Batterie, betrieben werden kann, als auch über ein Versorgungsnetz.

Ferner sind die einzelnen Spuleneinheiten individuell und unabhängig voneinander über eine zugehörige Schalteinheit bzw. deren Schalt-Steuereinheit ansteuerbar. Zudem ist es möglich die Spuleneinheiten in eine oder mehrere Teilgruppen zusammenzufassen bzw. aufeinander abgestimmt anzusteuern. So können die einzelnen Spuleneinheiten individuell und zweckmäßig aktivierbar bzw. steuerbar sein. Insbesondere kann der Großteil der Spuleneinheiten, z.B. untergliedert in mehreren Teilgruppen, zur Bewegung des Rotors vorgesehen sein, wobei einzelne Spuleneinheiten der Vielzahl von Spuleneinheiten zur Reduktion von Vibrationen und dergleichen eingesetzt werden können. In diesem Sinne ist es vorstellbar, dass mehrere Spuleneinheiten jeweils in Teilgruppen zusammenfasst und aufeinander abgestimmt werden, um eine zweckmäßige und effiziente Steuerung der Elektromotoreinheit zu ermöglichen.

Unter der Schaltbarkeit der einzelnen Spuleneinheiten ist im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere zu verstehen, dass ein Spulenstrom in der Spuleneinheit über ein Ansteuern der Schalteinheit, welche die Zwischenkreisspannung in Abhängigkeit der Steuerbefehle der zugehörigen Schalt-Steuereinheit auf die Spuleneinheit aufschaltet, eingeprägt wird, sodass die jeweilige Spuleneinheit ein zweckmäßiges Magnetfeld erzeugen kann. Die Spuleneinheiten sind hierbei insbesondere durch Betätigung der jeweils zugeordneten Schalteinheit schaltbar bzw. aktivierbar bzw. steuerbar.

Die Zwischenkreisspannung beschreibt hierbei insbesondere diejenige Spannung, die mittels des wenigstens einen ersten Gleichspannungskonverters an die Parallelschaltung der Vielzahl von Schalteinheiten angelegt bzw. für diese bereitgestellt werden kann. Anhand der Parallelschaltung der Schalteinheiteneinheiten, inklusive der jeweils zugeordneten Spuleneinheiten, ist demnach eine einzelne Zwischenkreisspannung anlegbar, wobei der Stromfluss durch die einzelnen Spuleneinheiten mittels der jeweiligen Schalteinheiten schaltbar bzw. steuerbar ist.

Die individuelle Steuerung bzw. die Sollwertvorgaben der einzelnen, parallel geschalteten Schalteinheiten, und damit auch der Spuleneinheiten, ist mittels der Steuereinheit möglich.

Der Rotor ist vorzugsweise mit einer Mehrzahl an Permanentmagneten ausgebildet, wobei die Permanentmagnete vorzugsweise als vergrabene Permanentmagnete in dem Rotor angeordnet, insbesondere eingebettet, sein können. Der Stator kann eine Vielzahl von Statorzähnen aufweisen, korrespondierend zu der Anzahl an Spuleneinheiten, wobei die Spuleneinheiten als Zahnspuleneinheiten vorgesehen sein können.

Des Weiteren können die Schalteinheiten jeweils als eine Vollbrückenschaltung vorgesehen sein, vorzugsweise ausgebildet aus einer 2-Level Topologie, wobei auch eine Multi-Level Topologie, insbesondere eine 3- oder 5-Level Topologie verwendet werden kann. Somit kann insbesondere gewährleistet werden, dass jede Spuleneinheit einzeln, unabhängig und individuell schaltbar bzw. steuerbar ist.

Zusammenfassend kann anhand der Steuerbarkeit der einzelnen Spuleneinheiten gemäß der vorliegenden Erfindung insbesondere eine verbesserte Motordynamik, eine Reduktion des Rastmomentes, welche über eine modellbasierte Regelungsmethode basierend auf detaillierten mathematischen Modellen und der dadurch verbesserten Drehmomentenregelgüte erreicht werden kann, sowie eine verbesserte Steuerbarkeit bzw. Regelbarkeit des Drehmoments erzielt werden, wobei beispielsweise mechanische Schwingungen und daraus resultierende akustische Abstrahlungen reduzierbar sind.

Des Weiteren ist eine verbesserte Energieeffizienz, bei gleichzeitiger Verfügbarkeit der dynamischen Anpassung an sich ändernde Lastanforderungen, gewährleistet. Darüber hinaus ist es ferner vorstellbar, einzelne Spuleneinheiten im Sinne einer Sensoreinheit einzusetzen und damit eine Lageerkennung des Rotors bereitzustellen, insbesondere ohne zusätzliche Sensoranordnungen.

Es ist eine flexibel und vielfältig einsetzbare Elektromotoreinheit verfügbar, die eine wartungsarme sowie effiziente Verwendung auf vorteilhafte Weise ermöglicht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Schalteinheiten jeweils eine Schalt-Steuereinheit auf, sodass die Schalteinheiten der Spuleneinheiten jeweils individuell betreibbar sind und jeweils die zugeordneten Spuleneinheiten und/oder die zugeordneten Teilgruppen ansteuerbar sind.

Auf diese Weise kann mittels der (zentralen) Steuereinheit ein Steuerbefehl an die jeweiligen Schalt-Steuereinheiten mitgeteilt werden. Die fortlaufende Schaltung bzw. Steuerung der Schalteinheiten kann dezentral über die einzelnen Schalt-Steuereinheiten erfolgen. Somit ist eine effiziente Steuerung der Elektromotoreinheit gewährleistet.

Alternativ können die Schalteinheiten direkt über die Steuereinheit steuerbar sein und in diesem Sinne ohne jeweils zugeordnete Schalt-Steuereinheiten vorgesehen sein.

Nach einer weiteren Ausführungsform sind die Vielzahl von Schalteinheiten entlang eines Umfangs des Stators bzw. über einen Umfang des Stators, vorzugsweise an den Statorzähnen oder am Statorjoch, verteilt angeordnet.

Anhand der verteilten Anordnung der Schalteinheiten, insbesondere in Kombination mit den jeweiligen Schalt-Steuereinheiten, kann eine sehr kompakte Einheit in Hinblick auf die Lokalisierung von hochfrequenten elektromagnetischen Störquellen erzielt werden. Ferner ist eine effiziente Wärmeverteilung und Wärmeabfuhr über den gesamten Umfang des Stators hinweg gewährleistet.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens eine erste Widerstandseinheit, insbesondere ein Bremswiderstandseinheit, in Verbindung mit dem wenigstens einen ersten Gleichspannungskonverter vorgesehen.

Insbesondere kann die Widerstandseinheit bzw. Bremswiderstandseinheit zwischen dem wenigstens einen ersten Gleichrichter und dem wenigstens einen ersten Gleichspannungskonverter angeordnet sein.

Vorteilhafter Weise ist somit ein aktives Abbremsen der Elektromotoreinheit bereitstellbar, insbesondere auch im Falle eines nicht Stromaufnahme-fähigen Versorgungsnetzes bzw. einer nicht Stromaufnahme-fähigen Versorgungsquelle.

Nach einer weiteren Ausführungsform weist die Elektromotoreinheit wenigstens eine Sensoreinheit in (Daten-)kommunikativer (Signal-)Verbindung mit der Steuereinheit und/oder mit wenigstens einer der Vielzahl von Schalt-Steuereinheiten auf, wobei die wenigstens eine Sensoreinheit vorzugsweise geeignet ist zur Erfassung von Magnetfeld-Kenngrößen, des Drehmoments der Elektromotoreinheit, der Drehzahl des Rotors, der Rotorposition, akustischen Signalen, mechanischen Signalen, insbesondere mechanischen Schwingungen, elektrischen Strömen, elektrischen Spannungen, oder dergleichen.

Demnach kann eine separate Sensoreinheit, wie unter anderem ein Temperatursensor, ein Luftfeuchtigkeitssensor oder dergleichen, im Sinne der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, um Einflussparameter für die Optimierung des Betriebszustandes der Elektromotoreinheit erfassen zu können. Derlei Einflussfaktoren und/oder Zustandsparameter der Elektromotoreinheit können insbesondere durch die Steuereinheit für die fortlaufende Steuer- bzw. Regelaufgabe im Betrieb der Elektromotoreinheit berücksichtigt werden.

Bevorzugter Weise kann vorgesehen sein, dass wenigstens eine Spuleneinheit, in Verbindung mit der jeweiligen, zugeordneten Schalteinheit, als eine Sensoreinheit

einsetzbar ist, um beispielsweise eine Rotordrehzahl, eine Rotorposition zu erfassen. In diesem Kontext ist keine zusätzliche, externe Sensoreinheit bzw. Sensoranordnung notwendig, um entsprechende Einflussfaktoren bzw. Zustandsparameter der Elektromotoreinheit zur weiteren Verwendung und Verarbeitung durch die Steuereinheit zu bestimmen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine Teilgruppe eine Mehrzahl von seriell und/oder parallel verschalteten Spuleneinheiten aufweist.

Somit ist eine Anwendungs-spezifische und zweckdienliche Gruppierung der Spuleneinheiten bereitstellbar, um eine effiziente Handhabung von mehreren, zusammengefassten Spuleneinheiten zu ermöglichen.

Gemäß einem nebengeordneten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Verwendung einer Elektromotoreinheit vorgesehen, insbesondere einer erfindungsgemäßen Elektromotoreinheit, die folgenden Schritte aufweisend:

- Empfangen eines ersten Steuerbefehls einer Steuereinheit durch wenigstens einen ersten Gleichspannungskonverter;
- Bereitstellen einer vorbestimmbaren bzw. steuerbaren Zwischenkreisspannung gemäß dem ersten Steuerbefehl entlang einer Vielzahl von Schalteinheiten mittels des ersten Gleichspannungskonverters;
- Empfangen wenigstens eines dritten Steuerbefehls der Steuereinheit durch wenigstens eine Schalteinheit der Vielzahl von Schalteinheiten, insbesondere Empfangen eines individuellen dritten Steuerbefehls durch mehrere oder jede einzelne Schalteinheit der Vielzahl von Schalteinheiten;
- Schalten wenigstens einer der Schalteinheiten, welche die Zwischenkreisspannung in Abhängigkeit der dritten Steuerbefehle der zugehörigen Schalt-Steuereinheit auf die jeweilige Spuleneinheit aufschaltet, über die zugeordnete Schalt-Steuereinheit gemäß dem empfangenen dritten Steuerbefehl, sodass ein Stromfluss durch die zugeordnete Spuleneinheit gemäß dem empfangenen dritten Steuerbefehl bereitgestellt wird, zur Generierung eines Magnetfeldes mittels der zugeordneten Spuleneinheit.

Indem die Zwischenkreisspannung vorbestimmbar ist, kann mittels der Steuereinheit die Bereitstellung einer bestimmten Zwischenkreisspannung durch den Gleichspannungskonverter vorgegeben werden. Demnach kann auch eine zweckmäßige Änderung der Zwischenkreisspannung durch die Steuereinheit veranlasst und vorgegeben werden, z.B. um das Drehmoment oder die Drehzahl des Rotors zu erhöhen, die Dynamik der Drehmomentenänderung, die magnetostriktiven Effekte und/oder die Formänderungen der magnetischen Fluss-führenden Elemente zu beeinflussen. Zudem können über eine angepasste Zwischenkreisspannung die Schaltverluste der Schalteinheiten, z.B. der Vollbrückeneinheiten, beeinflusst werden. In diesem Sinne ist die Zwischenkreisspannung mittels der Steuereinheit und dem Gleichspannungskonverter steuerbar.

Unter einem Steuerbefehl kann im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere die Übermittlung eines Stellparameters und/oder eines Stellparameterwertes, eines Steuersignals, beispielsweise im Sinne einer Bestromung oder Nicht-Bestromung, Sollwerte für unterlagerte Regelkreise oder dergleichen verstanden werden.

Vorzugsweise werden für jede der Vielzahl von Schalteinheiten eigene dritte Steuerbefehle durch die Steuereinheit bereitgestellt. So kann vorgesehen sein, dass die Steuereinheit taktweise individuelle dritte Steuerbefehle an die jeweiligen Schalteinheiten bzw. die Schalt-Steuereinheiten übersendet oder lediglich im Falle eines neuen Steuervorgangs einen jeweiligen dritten Steuerbefehl erstellt und übermittelt.

Mittels des jeweiligen dritten Steuerbefehles kann demzufolge ein Schaltmuster für die betreffende Schalteinheit vorgegeben werden, sodass ein spezifisches Pulsmuster mit Blick auf den Stromfluss innerhalb der zugeordneten Spuleneinheit und dem daraus resultierenden generierten Magnetfeld bereitgestellt wird. Ein solches Pulsmuster kann anhand der einzelnen dritten Steuerbefehle geformt bzw. gefordert werden und beispielsweise mit Blick auf eine bestimmte Rotordrehzahl adaptierbar sein.

Insbesondere können die Schalt-Steuereinheiten in (daten-)kommunikativer Verbindung mit der Steuereinheit stehen, um Steuerbefehle bzw. -signale von der Steuereinheit empfangen zu können.

Somit wird das individuelle Schalten bzw. Steuern der Schalteinheiten, insbesondere in Kombination mit den Schalt-Steuereinheiten, anhand der Steuereinheit ermöglicht.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird wenigstens ein zweiter Steuerbefehl der Steuereinheit durch den wenigstens einen zweiten Gleichspannungskonverter empfangen, wobei mittels des zweiten Gleichspannungskonverters eine vorbestimmbare Zwischenkreisleistung gemäß dem zweiten Steuerbefehl entlang der Vielzahl von parallel geschalteten Schalteinheiten, insbesondere gleichzeitig zu der mittels des ersten Gleichspannungskonverters bereitgestellten Zwischenkreisspannung, bereitgestellt wird.

In einer Ausführungsform sind/ist mittels dem ersten Steuerbefehl, zur Vorgabe einer Zwischenkreisspannung, und/oder mittels des wenigstens einen dritten Steuerbefehls, ein Arbeitspunkt der Elektromotoreinheit, insbesondere individuelle Spulenströme und/oder ein Drehmoment der Elektromotoreinheit, vorgebar, vorzugsweise zum energieoptimierten Betrieb und/oder Dynamik-optimierten der Elektromotoreinheit und/oder zur spezifischen Reduktion von mechanische Schwingungen, insbesondere von akustische Wellen verursachenden mechanischen Schwingungen.

Der dritte Steuerbefehl kann insbesondere bestimmte Pulsmuster, beispielsweise eine spezifische Schaltfrequenz, für die jeweilige Schalteinheit vorgeben.

Es ist vorstellbar, dass mittels einer spezifischen Reduktion mechanischer Schwingungen bestimmten akustischen Wellenlängen entgegengewirkt werden kann. Somit können Körperschall und Resonanzfrequenzen der Elektromotoreinheit, insbesondere des Stators und/oder Rotors, auf gezielte Weise vermieden, reduziert bzw. nicht angeregt werden.

Ferner ist es möglich, die Steuerung bzw. Schaltung der einzelnen Spuleneinheiten derart zu adaptieren, dass ein energieoptimierter Betrieb

und/oder Dynamik-optimierter Betrieb und/oder schalloptimierter Betrieb am gewünschten Betriebspunkt erzielt werden kann. Sofern der Betriebs- bzw. Arbeitspunkt angepasst werden soll, z.B. zur Erhöhung des Drehmomentes bzw. im Weiteren der Drehzahl, kann eine adaptierte Steuerung bzw. Regelung zur Neueinstellung des energieoptimierten Betriebs an dem geänderten Arbeitspunkt erfolgen. Gleichzeitig oder alternativ kann die Steuer- bzw. Regeldynamik der Elektromotoreinheit hierbei berücksichtigt werden.

Somit ist eine vielfältige und effiziente Anwendung der erfindungsgemäßen Elektromotoreinheit gewährleistet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform geben die individuellen dritten Steuerbefehle, empfangen durch wenigstens eine Schalteinheit der Vielzahl von Schalteinheiten, ein Schalten oder Nicht-Schalten der jeweiligen Schalteinheit vor, insbesondere eine Schaltfrequenz der jeweiligen Schalteinheit. Ferner kann gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen sein, dass die individuellen dritten Steuerbefehle ein Schalten oder Nicht-Schalten der einzelnen Schalteinheiten vorgeben, sodass zumindest zeitweise

- 1) mittels mehreren Spuleneinheiten bedarfsweise eine Drehmomentbildung zum Antrieb des Rotors der Elektromotoreinheit bereitgestellt wird;
- 2) mittels mehreren Spuleneinheiten bedarfsweise eine Reduktion von mechanischen Wellen der Elektromotoreinheit, insbesondere von Körperschallwellen der Elektromotoreinheit, ausgeführt wird; und/oder
- 3) mittels mehreren Spuleneinheiten bedarfsweise eine Position des Rotors, eine Drehzahl des Rotors und/oder dergleichen bestimmt wird; wobei die Spuleneinheiten anhand der dritten Steuerbefehle derart gesteuert werden, dass die einzelnen Steuereinheiten für einen der Schritte 1) bis 3) betrieben werden oder für mehrere der Schritte 1) bis 3) betrieben werden, insbesondere sodass wenigstens eine Spuleneinheit gleichzeitig zur bedarfsweisen Drehmomentbildung für wenigstens einen der Schritte 2) und/oder 3) betrieben wird.

Insbesondere kann anhand gezielter dritter Steuerbefehle, individuell für die jeweiligen Schalteinheiten der Spuleneinheiten, das Verhalten, insbesondere die akustischen bzw. schwingungstechnischen Eigenschaften sowie der

Energieverbrauch, über sämtliche Arbeits- bzw. Betriebspunkte der Elektromotoreinheit bedarfsweise optimiert werden.

Mechanische Wellen bzw. Körperschallwellen können hierbei insbesondere durch die Drehzahl des Rotors, durch Normalkraftharmonische sowie Magnetostruktionsänderungen verursacht werden. Anhand der vorliegenden Erfindung kann derlei Effekte in gesteuerter bzw. geregelter bzw. kontrollierter Form entgegengewirkt werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst das Erzeugen eines ersten Steuerbefehls durch die Steuereinheit die folgenden Schritte:

- Bereitstellen eines Datenstrukturelementes mit einer Vielzahl von Zwischenkreisspannungs-Sollwerten, vorzugsweise auf einer Speichereinheit der Steuereinheit, wobei den Zwischenkreisspannungs-Sollwerten jeweils wenigstens ein Zustandsparameterwert der Elektromotoreinheit zugeordnet ist;
- Empfangen wenigstens eines Zustandsparameterwertes;
- Aufruf des Datenstrukturelementes und Ermitteln des vorzugebenden Zwischenkreisspannungs-Sollwertes unter Berücksichtigung des wenigstens einen empfangenen Zustandsparameterwertes;
- Erzeugen mindestens eines ersten Steuerbefehls für den ersten Gleichspannungskonverter, beinhaltend den ermittelten Zwischenkreisspannungs-Sollwert und/oder einen Stellbefehl, welcher zu dem ermittelten Zwischenkreisspannungs-Sollwert korrespondiert.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Erzeugen eines dritten Steuerbefehls durch die Steuereinheit die folgenden Schritte umfasst:

- Bereitstellen eines Datenstrukturelementes mit einer Vielzahl von Spulenströmen-Sollwerten, vorzugsweise auf einer Speichereinheit der Steuereinheit, wobei den Spulenströmen-Sollwerten jeweils wenigstens ein Zustandsparameterwert der Elektromotoreinheit zugeordnet ist;
- Empfangen wenigstens eines Zustandsparameterwertes;

- Aufrufen des Datenstrukturelementes und Ermitteln des vorzugebenden Spulenstrom-Sollwertes einer Spuleneinheit unter Berücksichtigung des wenigstens einen empfangenen Zustandsparameterwertes;
- Erzeugen mindestens eines dritten Steuerbefehls für die Spuleneinheiten, beinhaltend den ermittelten Spulenstrom-Sollwert und/oder einen Stellbefehl, welcher zu dem ermittelten Spulenstrom-Sollwert korrespondiert.

Unter einem Datenstrukturelement kann im Sinne der vorliegenden Erfindung beispielsweise eine Tabelle, ein Array, eine Matrix oder dergleichen verstanden werden, vorzugsweise sodass Daten in sortierter bzw. geordneter Form hinterlegbar und gezielt bzw. selektiv abrufbar sind. So kann das Datenstrukturelement insbesondere verschiedene Zwischenkreisspannungen bzw. Zwischenkreisspannungs-Sollwerte jeweils mit einer Mehrzahl verschiedener anderer Informationen bzw. Zustandsparameterwerten verknüpfen, um eine Steuerung der Elektromotoreinheit in zweckmäßiger Weise zu ermöglichen.

Unter einem Zwischenkreisspannungs-Sollwert ist insbesondere die gemäß dem ersten Steuerbefehl der Steuereinheit durch den ersten Gleichspannungskonverters bereitzustellende Zwischenkreisspannung zu verstehen.

Unter einem Spulenstrom-Sollwert kann insbesondere ein Spulenstrom gemäß einem dritten Steuerbefehl der Steuereinheit verstanden werden, welcher an der betreffenden Spuleneinheit, über die zugehörige Schalteinheit, eingeprägt werden soll.

Unter einem Zustandsparameterwert kann im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Sensor-Messwert, wie z.B. die Rotorposition, das (aktuelle) Drehmoment oder eine Soll-Drehmoment, verstanden werden oder Parameterwerte betreffend die Temperatur der Elektromotoreinheit, den Energieverbrauch, Kenngrößen betreffend die Magnetfelder bzw. Magnetfeld-Bedingungen innerhalb der Elektromotoreinheit, eine maximale Lautstärke der Elektromotoreinheit oder dergleichen.

Somit kann die Steuerung und/oder Regelung der Elektromotoreinheit auf eine beliebig komplexe Datenstruktur gestützt werden, zur Berücksichtigung relevanter Parameter bei der Verwendung der Elektromotoreinheit.

Nach einer weiteren Ausführungsform kann der wenigstens eine Zustandsparameter bzw. Zustandsparameterwert der Elektromotoreinheit

- durch einen Benutzer der Elektromotoreinheit vorgegeben werden und/oder
- anhand wenigstens einer Sensoreinheit der Elektromotoreinheit ermittelt werden und/oder ausgehend von einem Messergebnis der Sensoreinheit abgeleitet werden.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung kann eine externe Sensoreinheit, wie z.B. ein Mikrofon zur Erfassung akustischer Wellen oder ein piezoelektrischer Sensor zur Erfassung mechanischer Schwingungen vorgesehen sein. Des Weiteren ist es vorstellbar, dass einzelne Spuleneinheiten als Sensoreinheit eingesetzt werden, um beispielsweise eine Drehzahl oder eine Position des Rotors bzw. der Elektromotoreinheit bestimmen zu können.

Demnach ist es im Sinne der vorliegenden Erfindung vorstellbar, dass spezifische Signaturen akustischer Wellen oder mechanischer Schwingungen oder dergleichen als Zustandsparameter bzw. Zustandsparameterwerte hinterlegbar sind, zur weiteren Verwendung und Berücksichtigung durch die Steuereinheit im Rahmen ihrer Steuer- bzw. Regelaufgabe.

Auf diese Weise kann eine gezielte Adaption der Spulenströme für die einzelnen Spuleneinheiten erfolgen, um einen optimierten Betrieb der Elektromotoreinheit an dem zweckmäßigen Arbeits- bzw. Betriebspunkt sicherzustellen.

Die Erfindung wird nachstehend mit weiteren Einzelheiten unter Bezugnahme auf die beigefügte schematische Zeichnung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

In dieser zeigt:

Fig. 1 ein schematisches Schaltbild eines Ausführungsbeispiels einer Elektromotoreinheit.

Gemäß dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Elektromotoreinheit 1 mit wenigstens einem ersten Gleichrichter 50, einem ersten Gleichspannungskonverter 40 und einer dazwischen geschalteten ersten Widerstandseinheit 60 vorgesehen.

Des Weiteren kann die Elektromotoreinheit 1 gemäß Fig. 1 einen zweiten Gleichrichter 52, einen zweiten Gleichspannungskonverter 40 und eine zweite Widerstandseinheit 62 aufweisen.

Die Gleichrichter 50; 52 sind mit einem Versorgungsnetz verbunden. Insbesondere können der erste und/oder zweite Gleichrichter 50; 52 als aktive Gleichrichter vorgesehen sein.

Der erste und zweite Gleichspannungskonverter 40; 42 sind vorzugsweise als ein bidirektionaler, aktiver Tiefsetzsteller ausgebildet.

Des Weiteren ist eine Steuereinheit 30 vorgesehen, die in (Daten-)kommunikativer (Signal-)Verbindung mit vorzugsweise den Gleichrichtern 50; 52 und den Gleichspannungskonvertern 40; 42 steht. Insbesondere kann die Steuereinheit erste Steuerbefehle an den ersten Gleichspannungskonverter 40 und zweite Steuerbefehle an den zweiten Gleichspannungskonverter 42 übersenden.

Der erste Gleichspannungskonverter 40 kann dazu vorgesehen sein, eine Zwischenkreisspannung U_z bereitzustellen. Der zum ersten Gleichspannungskonverter parallel geschaltete zweite Gleichspannungskonverter 42 wird mit der regelungstechnischen Zielsetzung hinsichtlich der Realisierung einer Leistungsquelle/-senke betrieben, um eine Zwischenkreisleistung bereitzustellen bzw. zu gewährleisten.

Darüber hinaus ist die Elektromotoreinheit 1 mit einem Rotor 10 und einem Stator 20 ausgebildet.

Der Rotor 10 kann eine Vielzahl von vorzugsweise eingebetteten Permanentmagneten 12 aufweisen.

Der Stator kann bevorzugter Weise eine Vielzahl von Statorzähnen 21 mit darauf angeordneten, parallel geschalteten Spuleneinheiten 22 aufweisen. Jeder Spuleneinheit 22 ist jeweils eine eigene Schalteinheit 24 zugeordnet.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Vielzahl von Schalteinheiten 24, einschließlich zugehöriger Schalt-Steuereinheiten, jeweils den einzelnen Spuleneinheiten 22 zugeordnet und entlang des Umfangs des Stators verteilt angeordnet sind.

Demzufolge können die einzelnen Spuleneinheiten 22 und die jeweils zugeordnete Schalteinheit 24, einschließlich der jeweils zugehörigen Schalt-Steuereinheit, jeweils als zusammengehörige Komponenten des Stators 20 verstanden werden.

Die Schalteinheiten 24 sind, zusammen mit den Spuleneinheiten 22, in Parallelschaltung zueinander vorgesehen und mit dem ersten und/oder zweiten Gleichspannungskonverter 40; 42 verbunden.

Die jeweils bereitgestellte Zwischenkreisspannung kann an allen Schalteinheiten 24 angelegt bzw. bereitgestellt werden, um einen bedarfsweisen Stromfluss durch die jeweils zugeordnete Spuleneinheiten 22 zu ermöglichen.

Insbesondere kann die jeweilige Schalt-Steuereinheit die zugehörige Schalteinheit 24 steuern bzw. regeln. Hierzu können individuelle dritte Steuerbefehle von der Steuereinheit entlang einer (Daten-)kommunikativen (Signal-)Verbindung an die einzelnen Schalteinheiten 24 bzw. Schalt-Steuereinheiten übermittelt werden.

Auf diese Weise ist ein bedarfsweiser Stromfluss durch die einzelnen Spuleneinheiten 22 individuell steuer- bzw. regelbar.

Vorzugsweise kann ein Verfahren zum Verwenden der Elektromotoreinheit 1 gemäß Fig. 1 die folgenden Schritte aufweisen:

In einem ersten Schritt wird ein erster Steuerbefehl durch die Steuereinheit 30 erzeugt und an den ersten Gleichspannungskonverter 40 übermittelt bzw. von diesem empfangen.

In einem nächsten Schritt erzeugt der erste Gleichspannungskonverter 40 eine Zwischenkreisspannung gemäß dem empfangenen ersten Steuerbefehl und stellt diese an den parallel geschalteten Schalteinheiten 24 bereit.

Gemäß einem weiteren Schritt erzeugt bzw. übermittelt die Steuereinheit wenigstens einen dritten Steuerbefehl zur Übermittlung und zum Empfang an/durch wenigstens eine der Schalteinheiten 24.

Insbesondere kann ein solcher dritter Schaltbefehl ein bestimmtes Pulsmuster bzw. einen Spulenstrom-Sollwert für die Schaltvorgänge der jeweiligen Schalteinheit 24 vorgeben.

Nach einem weiteren Schritt erfolgt das Schalten der jeweiligen Schalteinheit im Sinne des jeweiligen dritten Steuerbefehls.

Die bereitgestellte Zwischenkreisspannung U_z führt im Rahmen des Schaltvorgangs der wenigstens einen Schalteinheit 24 zu einem Stromfluss durch die zugeordnete Spuleneinheit 22, sodass ein spezifisches Magnetfeld generiert werden kann.

Somit kann für die Elektromotoreinheit 1 ein beliebiger Arbeits- bzw. Betriebspunkt eingestellt werden, wie z.B. eine bestimmte Drehzahl und/oder ein bereitzustellendes Drehmoment.

Es kann beispielsweise vorgesehen sein mit der Höhe der Zwischenkreisspannung U_z die Stromregeldynamik innerhalb der Spuleneinheiten zu beeinflussen. Je höher die Zwischenkreisspannung U_z gewählt wird, desto schneller können Stromänderungen erfolgen bzw. umso besser ist eine Drehmomentenregeldynamik der Elektromotoreinheit 1. Jedoch steigt gleichzeitig mit der Zwischenkreisspannung U_z auch der sogenannte Stromripple bzw. Rippelstrom, welcher den maßgeblichen Einflussfaktor für Körperwellen bzw. Körperschwingungen auf Basis von Magnetostriktion darstellt. Ferner unterstützt ein geringerer Rippelstrom auch die Drehmomenten-Regelgenauigkeit, welche

eine Grundlage für eine hohe Drehzahlregelgüte und der Positioniergenauigkeit ist. Darüber hinaus ist ein geringer Rippelstrom vorteilhaft für die Reduktion von Oberschwingungsverlusten in der Elektromotoreinheit.

Demgemäß ist bei einem Betrieb der Elektromotoreinheit mit einem Fokus auf akustische Vorteile eine möglichst niedrige Zwischenkreisspannung U_z anhand der Steuereinheit einstellbar bzw. steuerbar.

Insbesondere kann im Zuge einer Einstellung bzw. Optimierung des Betriebszustandes eine optimierte Zwischenkreisspannung U_z in Abhängigkeit von dem gewünschten bzw. geforderten Betriebspunkt sowie weiteren Nebenbedingungen bzw. Zustandsparametern der Elektromotoreinheit 1 durch die Steuereinheit 30 ermittelt und eingestellt werden.

Ferner können einzelne Spuleneinheiten 22 beispielsweise zur Reduktion mechanischer Schwingungen bzw. akustischer Wellen eingesetzt werden, während die Mehrzahl der Spuleneinheiten 22 zum Antrieb des Rotors 10 eingesetzt bzw. mit einem adäquaten Stromfluss beaufschlagt werden.

Hierzu kann die Steuereinheit 30 individuelle dritte Steuerbefehle bzw. Steuersignale an die einzelnen Schalteinheiten 24 bzw. Schalt-Steuereinheiten übermitteln, entlang der jeweiligen (Daten-)kommunikativen Verbindung.

Beispielsweise kann an eine einzelne Schalteinheit 24 bzw. die zugehörige Schalt-Steuereinheit ein dritter Steuerbefehl, eine spezifischen Schaltfrequenz aufweisend, durch die Steuereinheit 30 übersandt werden, sodass mechanische Schwingungen mittels der zugeordneten Spuleneinheit 22 zumindest reduzierbar sind bzw. eine Anregung von Resonanzen verhindert wird. In diesem Fall kann somit eine größere Laufruhe der Elektromotoreinheit 1 erzielt und die Abstrahlung akustischer Wellen vermieden bzw. reduziert werden.

So kann die unabhängige Ansteuerung der Spuleneinheiten 22 über die Schalteinheiten 24, insbesondere vorgesehen als Vollbrückeneinheiten, dazu genutzt werden, die Schaltfrequenzen der einzelnen Schalteinheiten 24 unabhängig voneinander zu wählen. Auf diese Weise ist eine Frequenzspreizung („Spread Spectrum“) der Körperwellen bzw. Körperschwingungen möglich. Das Leistungsdichtespektrum der mechanischen Körperwellen bzw. der

Körperschwingungen kann gezielt geformt werden. Die Anregung von mechanischen Resonanzfrequenzen ist vermeidbar.

Gleichfalls ist es auch möglich das Leistungsdichtespektrum der mechanischen Körperwellen bzw. Körperschwingungen zu verbreitern und dadurch können einzelne sehr ausgeprägte Spitzen im Leistungsdichtespektrum auf mehrere kleine Spitzen aufzuteilen. Auf diese Weise kann die Effektivität von etwaigen zusätzlichen, insbesondere strukturellen Dämpfungsmaßnahmen gegenüber mechanischen Körperwellen bzw. Körperschwingungen unterstützt werden.

Zudem ist durch die freie Wahl der Schaltfrequenzen im Sinne der individuellen Steuerbarkeit der einzelnen Schalteinheiten 24 die Möglichkeit vorhanden, dass die Schalteinheiten 24, vorzugsweise als Vollbrückeneinheiten, mit gleicher Schaltfrequenz betrieben werden, wobei die Phasenlage zueinander derart gewählt werden kann, dass sich die Körperschallwellen bzw. Körperschwingungen beispielsweise an Aufhängepunkten der Elektromotoreinheit 1 gezielt destruktiv überlagern. Eine Vibrationsübertragung auf weitere Bauteile kann auf diese Weise vermieden bzw. reduziert werden.

Alternativ ist es vorstellbar, dass einzelne Spuleneinheiten 22, zumindest temporär, im Sinne einer Sensoreinheit eingesetzt werden, um beispielsweise eine Positionsbestimmung des Rotors 10 vorzunehmen oder eine Drehzahl des Rotors 10 zu ermitteln.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein Datenstrukturelement beispielsweise in einer Speichereinheit der Steuereinheit 30 hinterlegt ist, mit einer Vielzahl von Zwischenkreisspannungs-Sollwerten und/oder Spulenstrom-Sollwerten in Kombination mit weiteren Zustandsparameterwerten der Elektromotoreinheit, wie Temperaturen bzw. Temperaturbereichen, akustischen oder mechanischen Schwingungssignaturen, Luftfeuchtigkeitswerten bzw. –bereichen, diversen Magnetfeld-Kenngrößen, Rotorposition, Drehzahl, Drehmoment und/oder dergleichen.

Die Speichereinheit kann abhängig von dem jeweils gewünschten bzw. geforderten Betriebspunkt, beispielsweise einem bestimmten, geforderten Drehmoment, unter Berücksichtigung weiterer Zustandsparameter, wie der Temperatur entlang Schalt- und Spuleneinheiten 22; 24, einem Energieverbrauch

oder einer maximalen akustischen Lautstärke, geeignete Betriebsparameter ermitteln und in Form von ersten, zweiten und/oder dritten Steuerbefehlen an die Gleichspannungskonverter 40; 42 und die Schalteinheiten 24 bzw. Schalt-Steuereinheiten übersenden.

Somit kann ein optimierter Betrieb der Elektromotoreinheit 1 innerhalb der vorgegebenen Grenzen gewährleistet werden. Insbesondere ist ein energieeffizienter und schwingungstechnisch optimierter Betrieb der Elektromotoreinheit 1 verfügbar.

Zusammenfassend kann mittels der vorliegenden Erfindung eine flexibel einsetzbare Elektromotoreinheit 1 bereitgestellt werden, die sowohl einen energieoptimierten Betrieb an einem beliebigen Arbeitspunkt, d.h. insbesondere bei beliebiger Drehzahl und/oder bei beliebigem Drehmoment, erlaubt, als auch eine Optimierung der Steuer- bzw. Regeldynamik der Elektromotoreinheit 1 und/oder die Reduktion bzw. aktive Formung von mechanischen und insbesondere akustischen Schwingungen bzw. Wellen ermöglicht.

Die Spuleneinheiten 22 sind mittels der zugeordneten Schalteinheiten 24 auf vorteilhafte Weise individuell steuerbar, sodass einzelne Spuleneinheiten auch als Sensoreinheiten eingesetzt werden können, unter anderem zur Positionsbestimmung des Rotors.

Somit kann eine verbesserte Laufruhe der Elektromotoreinheit, ein wartungsärmerer Betrieb mit verbesserter Standzeit sowie eine optimierte Steuerbarkeit und Dynamik der Elektromotoreinheit an jedem beliebigen Arbeits- bzw. Betriebspunkten bereitgestellt werden.

Bezugszeichenliste

1	Elektromotoreinheit
10	Rotor
20	Stator
21	Statorzähne
22	Spuleneinheiten

24	Schalteinheiten
30	Steuereinheit
40	erster Gleichspannungskonverter
42	zweiter Gleichspannungskonverter
50	erster Gleichrichter
52	zweiter Gleichrichter
60	erste Widerstandseinheit
62	zweite Widerstandseinheit
U _z	Zwischenkreisspannung

Ansprüche

1. Elektromotoreinheit (1), insbesondere Permanentmagnet-erregte Synchronmaschine, mit einem Rotor (10) und einem Stator (20), einer Steuereinheit (30), einer Vielzahl von Spuleneinheiten (22), einer Vielzahl von Schalteinheiten (24) und wenigstens einem ersten Gleichspannungskonverter (40) zur Bereitstellung einer einstellbaren Zwischenkreisspannung (U_z),
wobei die Vielzahl von Spuleneinheiten (22) entlang eines Umfangs des Stators (20) verteilt angeordnet sind,
wobei jeder Spuleneinheit (22) eine der Schalteinheiten (24) zugeordnet ist, sodass die einzelnen Spuleneinheiten (22) individuell und unabhängig voneinander über die jeweilig zugeordneten Schalteinheiten (24) ansteuerbar sind und/oder in eine oder mehrere Teilgruppen zusammengefasst über die jeweilig zugeordneten Schalteinheiten (24) ansteuerbar sind,
wobei der erste Gleichspannungskonverter (40) mittels der Steuereinheit (30) derart steuerbar ist, dass an die einzelnen, parallel zueinander verschalteten Schalteinheiten (24) eine einstellbare Zwischenkreisspannung (U_z) jeweils bedarfsweise anlegbar ist, wobei die unabhängige Ansteuerung der einzelnen Spuleneinheiten (22) mechanische Schwingungen reduziert.
2. Elektromotoreinheit (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schalteinheiten (24) jeweils eine Schalt-Steuereinheit aufweisen, sodass die Schalteinheiten (24) der Spuleneinheiten (22) jeweils individuell betreibbar sind und jeweils die zugeordneten Spuleneinheiten (22) und/oder die zugeordneten Teilgruppen ansteuerbar sind.
3. Elektromotoreinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vielzahl von Schalteinheiten (24) entlang eines Umfangs des Stators (20), vorzugsweise an den Statorzähnen oder am Statorjoch, verteilt angeordnet sind.
4. Elektromotoreinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

wenigstens eine erste Widerstandseinheit (60), insbesondere ein Bremswiderstandseinheit, in Verbindung mit dem wenigstens einen ersten Gleichspannungskonverter (40) vorgesehen ist.

5. Elektromotoreinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektromotoreinheit (1) wenigstens eine Sensoreinheit in (Daten-) kommunikativer (Signal-)Verbindung mit der Steuereinheit (30) und/oder mit wenigstens einer der Vielzahl von Schalt-Steuereinheiten aufweist, wobei die wenigstens eine Sensoreinheit vorzugsweise geeignet ist zur Erfassung von Magnetfeld-Kenngrößen, des Drehmoments der Elektromotoreinheit, der Drehzahl des Rotors, der Rotorposition, akustischen Signalen, mechanischen Signalen, insbesondere mechanischen Schwingungen, elektrischen Spannungen, elektrischen Strömen, oder dergleichen.
6. Elektromotoreinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Teilgruppe eine Mehrzahl von seriell und/oder parallel verschalteten Spuleneinheiten (22) aufweist.
7. Verfahren zur Verwendung einer Elektromotoreinheit, insbesondere eine Elektromotoreinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die folgenden Schritte aufweisend:
 - Empfangen eines ersten Steuerbefehls einer Steuereinheit (30) durch wenigstens einen ersten Gleichspannungskonverter (40);
 - Bereitstellen einer vorbestimmbaren Zwischenkreisspannung (U_z) gemäß dem ersten Steuerbefehl entlang einer Vielzahl von Schalteinheiten (24) mittels des ersten Gleichspannungskonverters (40);
 - Empfangen wenigstens eines dritten Steuerbefehls der Steuereinheit (30) durch wenigstens eine Schalteinheit (24) der Vielzahl von Schalteinheiten (24), insbesondere Empfangen eines individuellen dritten Steuerbefehls durch mehrere oder jede einzelne Schalteinheit (24) der Vielzahl von Schalteinheiten (24);
 - Schalten wenigstens einer der Schalteinheiten (24) über die zugehörigen Schalt-Steuereinheiten gemäß dem empfangenen dritten Steuerbefehl,

sodass ein geforderter Stromfluss durch die zugeordnete Spuleneinheit (22) gemäß dem empfangenen dritten Steuerbefehl bereitgestellt wird, zur Generierung eines Magnetfeldes mittels der zugeordneten Spuleneinheit (22)

wobei mittels dem ersten Steuerbefehl, zur Vorgabe einer Zwischenkreisspannung (U_z), und/oder mittels des wenigstens einen dritten Steuerbefehls, ein Arbeitspunkt der Elektromotoreinheit (1), insbesondere geforderte individuelle Spulenströme und/oder ein Drehmoment der Elektromotoreinheit (1), vorgebar sind/ist, vorzugsweise zum energieoptimierten Betrieb und/oder Dynamik-optimierten Betrieb der Elektromotoreinheit (1) und zur spezifischen Reduktion von mechanischen Schwingungen, insbesondere von akustische Wellen verursachenden mechanischen Schwingungen.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein zweiter Steuerbefehl der Steuereinheit (22) durch den wenigstens einen zweiten Gleichspannungskonverter (42) empfangen wird, wobei mittels des zweiten Gleichspannungskonverters (42) eine vorbestimmbare Zwischenkreisleistung gemäß dem zweiten Steuerbefehl entlang der Vielzahl von parallel geschalteten Schalteinheiten (24), insbesondere gleichzeitig zu der mittels des ersten Gleichspannungskonverters (40) bereitgestellten Zwischenkreisspannung (U_z), bereitgestellt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die individuellen dritten Steuerbefehle, empfangen durch wenigstens eine Schalteinheit (24) der Vielzahl von Schalteinheiten (24), ein Schalten oder Nicht-Schalten der jeweiligen Schalteinheit (24) vorgeben, insbesondere eine Schaltfrequenz der jeweiligen Schalteinheit (24) vorgeben.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die individuellen dritten Steuerbefehle ein Schalten oder Nicht-Schalten der einzelnen Schalteinheiten (24) vorgeben, sodass zumindest zeitweise

- 1) mittels mehreren Spuleneinheiten (22) bedarfsweise eine Drehmomentbildung zum Antrieb des Rotors der Elektromotoreinheit (1) bereitgestellt wird;
- 2) mittels mehreren Spuleneinheiten (22) bedarfsweise eine Reduktion von mechanischen Wellen der Elektromotoreinheit, insbesondere von Körperschallwellen der Elektromotoreinheit (1), ausgeführt wird; und/oder
- 3) mittels mehreren Spuleneinheiten (22) bedarfsweise eine Position des Rotors (10), eine Drehzahl des Rotors (10) und/oder dergleichen bestimmt wird;

wobei die Spuleneinheiten (22) anhand der dritten Steuerbefehle derart gesteuert werden, dass die einzelnen Steuereinheiten (24) für einen der Schritte 1) bis 3) betrieben werden oder für mehrere der Schritte 1) bis 3) betrieben werden, insbesondere sodass wenigstens eine Spuleneinheit (22) gleichzeitig zur bedarfsweisen Drehmomentbildung für wenigstens einen der Schritte 2) und/oder 3) betrieben wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Erzeugen eines ersten Steuerbefehls durch die Steuereinheit (30) die folgenden Schritte umfasst:
 - Bereitstellen eines Datenstrukturelementes mit einer Vielzahl von Zwischenkreisspannungs-Sollwerten, vorzugsweise auf einer Speichereinheit der Steuereinheit (30),
wobei den Zwischenkreisspannungs-Sollwerten jeweils wenigstens ein Zustandsparameterwert der Elektromotoreinheit (1) zugeordnet ist;
 - Empfangen wenigstens eines Zustandsparameterwertes;
 - Aufruf des Datenstrukturelementes und Ermitteln des vorzugebenden Zwischenkreisspannungs-Sollwertes unter Berücksichtigung des wenigstens einen empfangenen Zustandsparameterwertes;
 - Erzeugen mindestens eines ersten Steuerbefehls für den ersten Gleichspannungskonverter (40), beinhaltend den ermittelten Zwischenkreisspannungs-Sollwert und/oder einen Stellbefehl, welcher zu dem ermittelten Zwischenkreisspannungs-Sollwert korrespondiert.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass

das Erzeugen eines dritten Steuerbefehls durch die Steuereinheit (30) die folgenden Schritte umfasst:

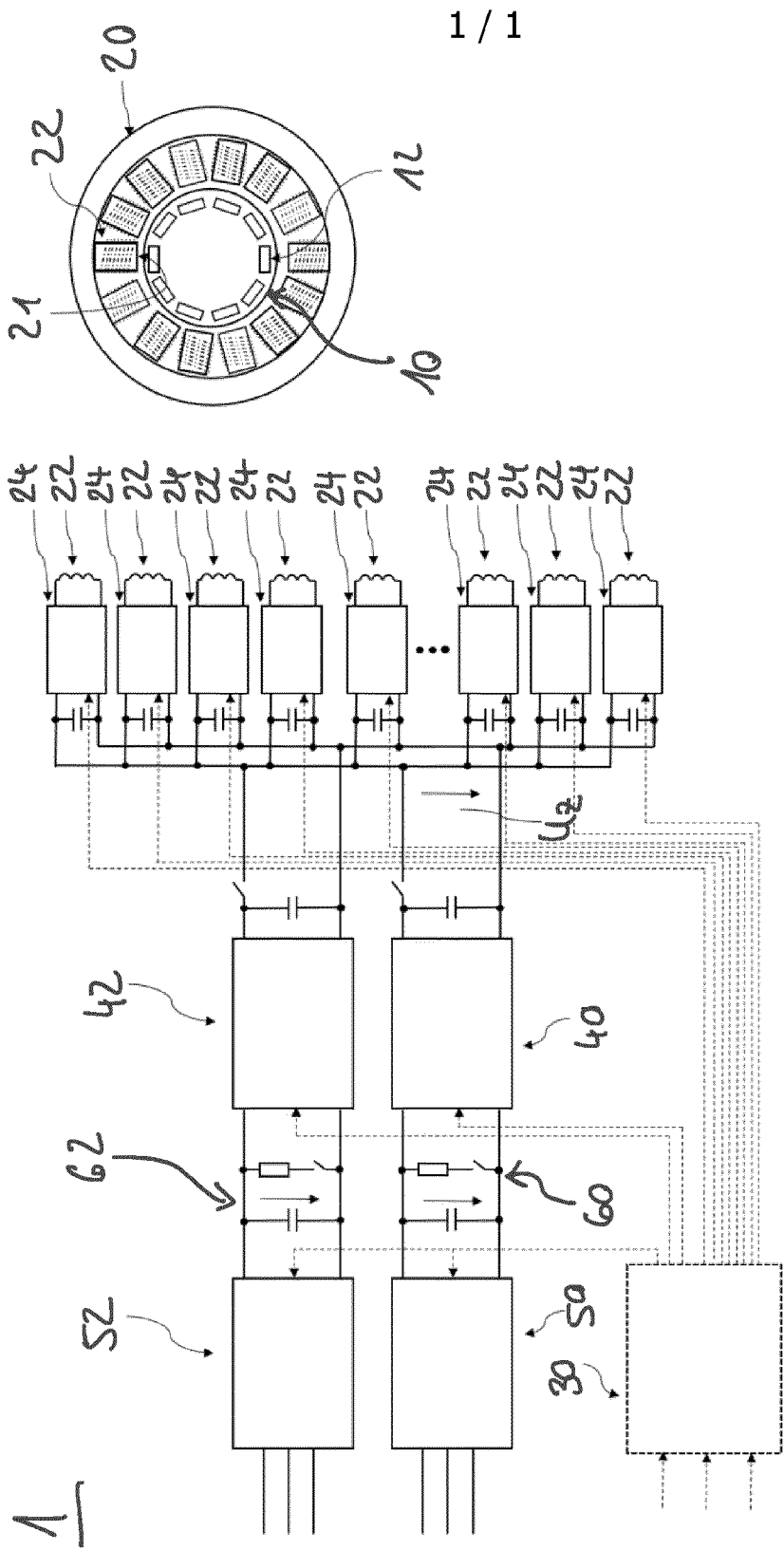
- Bereitstellen eines Datenstrukturelementes mit einer Vielzahl von Spulenströmen-Sollwerten, vorzugsweise auf einer Speichereinheit der Steuereinheit (30),
wobei den Spulenströmen-Sollwerten jeweils wenigstens ein Zustandsparameterwert der Elektromotoreinheit (1) zugeordnet ist;
- Empfangen wenigstens eines Zustandsparameterwertes;
- Aufrufen des Datenstrukturelementes und Ermitteln des vorzugebenden Spulenstrom-Sollwertes einer Spuleneinheit (22) unter Berücksichtigung des wenigstens einen empfangenen Zustandsparameterwertes;
- Erzeugen mindestens eines dritten Steuerbefehls für die Spuleneinheiten (22), beinhaltend den ermittelten Spulenstrom-Sollwert und/oder einen Stellbefehl, welcher zu dem ermittelten Spulenstrom-Sollwert korrespondiert.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

der wenigstens eine Zustandsparameterwert der Elektromotoreinheit (1)

- durch einen Benutzer der Elektromotoreinheit (1) vorgegeben wird, insbesondere eine Drehzahl, ein Drehmoment, eine maximale akustische Lautstärke oder dergleichen; und/oder
- anhand wenigstens einer Sensoreinheit der Elektromotoreinheit (1) ermittelt wird und/oder ausgehend von einem Messergebnis der Sensoreinheit abgeleitet wird.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/062119**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H02P 29/50**(2016.01)i; **H02P 3/22**(2006.01)i; **H02P 23/00**(2016.01)i; **H02P 25/03**(2016.01)i; **H02P 27/08**(2006.01)i;
H02P 25/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K; B60L; 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 10811942 B2 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 20 October 2020 (2020-10-20) the whole document	1-13
X	DE 102020126054 A1 (PORSCHE AG [DE]) 07 April 2022 (2022-04-07) the whole document	1-13
A	US 2018205340 A1 (CHEN LIHUA [US] ET AL) 19 July 2018 (2018-07-19) the whole document	1-13
A	US 2014062269 A1 (CRANE ALLAN [GB]) 06 March 2014 (2014-03-06) the whole document	1-13
A	WO 2022026957 A1 (TAU MOTORS INC [US]; PREINDL MATTHIAS [US]) 03 February 2022 (2022-02-03) the whole document	1-13



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

27 July 2023

Date of mailing of the international search report

03 August 2023

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

Wimböck, Thomas

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/062119

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	10811942	B2	20 October 2020	EP	2638621	A1	18 September 2013
				US	2013241368	A1	19 September 2013
				WO	2012062376	A1	18 May 2012
DE	102020126054	A1	07 April 2022	NONE			
US	2018205340	A1	19 July 2018	CN	108336943	A	27 July 2018
				DE	102018100698	A1	19 July 2018
				US	2018205340	A1	19 July 2018
US	2014062269	A1	06 March 2014	BR	102013021842	A2	27 September 2016
				CA	2824233	A1	28 February 2014
				CN	103683787	A	26 March 2014
				EP	2704297	A1	05 March 2014
				ES	2790632	T3	28 October 2020
				US	2014062269	A1	06 March 2014
WO	2022026957	A1	03 February 2022	AU	2021319214	A1	16 March 2023
				CA	3190431	A1	03 February 2022
				CN	116114154	A	12 May 2023
				EP	4189807	A1	07 June 2023
				JP	2023532143	A	26 July 2023
				KR	20230043953	A	31 March 2023
				US	11637481	B1	25 April 2023
				US	2023231444	A1	20 July 2023
				WO	2022026957	A1	03 February 2022

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H02P29/50	H02P3/22
	H02P25/16	H02P23/00
		H02P25/03
		H02P27/08
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
H02K B60L 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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 10 811 942 B2 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 20. Oktober 2020 (2020-10-20) das ganze Dokument	1-13
X	DE 10 2020 126054 A1 (PORSCHKE AG [DE]) 7. April 2022 (2022-04-07) das ganze Dokument	1-13
A	US 2018/205340 A1 (CHEN LIHUA [US] ET AL) 19. Juli 2018 (2018-07-19) das ganze Dokument	1-13
A	US 2014/062269 A1 (CRANE ALLAN [GB]) 6. März 2014 (2014-03-06) das ganze Dokument	1-13
	-/--	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. Juli 2023		03/08/2023
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 Wimböck, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2022/026957 A1 (TAU MOTORS INC [US]; PREINDL MATTHIAS [US]) 3. Februar 2022 (2022-02-03) das ganze Dokument -----	1-13

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2023/062119

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (April 2005)