

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 842/2010
(22) Anmeldetag: 21.05.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2011

(51) Int. Cl. : **H02K 1/06** (2006.01)
H02K 1/27 (2006.01)
H02K 21/02 (2006.01)

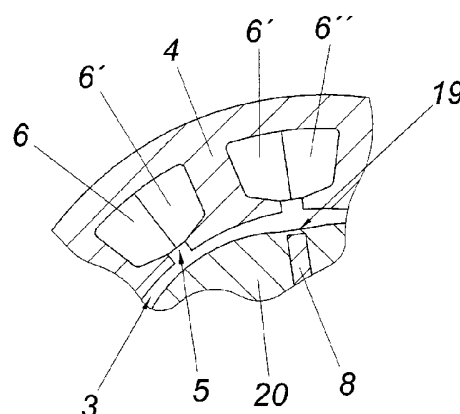
(30) Priorität:
20.05.2010 AT A 834/10 beansprucht.

(73) Patentanmelder:
AUSTRIAN CENTER OF COMPETENCE IN
MECHATRONICS GMBH
A-4040 LINZ (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR REDUKTION EINES RASTMOMENTS EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE**

(57) Es wird ein Verfahren zur Reduktion eines Rastmoments einer elektrischen Maschine, insbesondere einer Synchronmaschine, mit einem Rotor/Aktor (2), mit einem durch einen Spalt (3) zum Rotor/Aktor (2) beabstandeten Stator (4), mit mindestens einer am Stator (4) und/oder am Rotor/Aktor (2) vorgesehenen Ankerwicklung ((6, 6', 6'')) und mit einem am Stator (3) und/oder am Rotor/Aktor (2) vorgesehenen Erregerteil, der im Spalt ein Erregerfeld (13), aufweisend eine Grundwelle, erzeugt gezeigt. Um vorteilhafte Verfahrensbedingungen zur Reduktion des Rastmoments zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass zum Reduzieren des Rastmoments für das Erregerfeld (13) eine Auswahl wenigstens einer harmonischen Welle (14), von den zur Grundwelle (15) bezogenen harmonischen Wellen (14), getroffen wird, die bei Überlagerung mit der Grundwelle (15) zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, und die ausgewählte Welle (14) oder ausgewählten Wellen mit der Grundwelle (15) überlagert wird bzw. werden.

FIG.4



005574

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
Dipl.-Ing. Friedrich Jell
Spittelwiese 7, A 4020 Linz

(37 356) jel

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Es wird ein Verfahren zur Reduktion eines Rastmoments einer elektrischen Maschine, insbesondere einer Synchronmaschine, mit einem Rotor/Aktor (2), mit einem durch einen Spalt (3) zum Rotor/Aktor (2) beabstandeten Stator (4), mit mindestens einer am Stator (4) und/oder am Rotor/Aktor (2) vorgesehenen Ankerwicklung ((6, 6', 6'')) und mit einem am Stator (3) und/oder am Rotor/Aktor (2) vorgesehenen Erregerteil, der im Spalt ein Erregerfeld (13), aufweisend eine Grundwelle, erzeugt gezeigt. Um vorteilhafte Verfahrensbedingungen zur Reduktion des Rastmoments zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass zum Reduzieren des Rastmoments für das Erregerfeld (13) eine Auswahl wenigstens einer harmonischen Welle (14), von den zur Grundwelle (15) bezogenen harmonischen Wellen (14), getroffen wird, die bei Überlagerung mit der Grundwelle (15) zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, und die ausgewählte Welle (14) oder ausgewählten Wellen mit der Grundwelle (15) überlagert wird bzw. werden.

◀ (Fig. 4) ▶

NACHGEREICHT

005574

- 1 -

(37 356) jel

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion eines Rastmoments einer elektrischen Maschine, insbesondere einer Synchronmaschine, mit einem Rotor/Aktor, mit einem durch einen Spalt zum Rotor/Aktor beabstandeten Stator, mit mindestens einer am Stator und/oder am Rotor/Aktor vorgesehenen Ankerwicklung und mit einem am Stator und/oder am Rotor/Aktor vorgesehenen Erregerteil, der im Spalt ein Erregerfeld, aufweisend eine Grundwelle, erzeugt.

Zur Reduktion von unerwünschten Kräften bei Synchronmaschinen, die insbesondere bei kleinen Drehzahlen zu starken Drehmomentschwankungen führen können, sowie im Stillstand und im Anfahrbereich als Rastmoment wirksam werden, sind verschiedenste Maßnahmen bekannt, bei denen stets nachteilig eine Verminderung des mittleren Antriebsmoments in Kauf genommen werden muss. So wird unter anderem vorgeschlagen, die Nuten am Stator schräg oder versetzt auszuführen (DE 19652796 A1), die Permanentmagneten für das Erregerfeld unregelmäßig anzuordnen (DE 41337723 A1), sowie am Rotor im Bereich der eingebetteten Magneten Abflachungen vorzusehen (JP 2000152534 A), um dort den Luftspalt zu vergrößern. Derartige Maßnahmen sind nicht nur bei Synchronmaschinen mit Rotoren sondern auch bei anderen elektrischen Maschinen, insbesondere Linearantrieben mit Aktoren, bekannt. Gerade bei Abflachungen und der damit einhergehenden Vergrößerung des Luftspalts kommt es aber zur Schwächung des Erregerfelds, was abweichend von rechteckförmigen Erregerfeldverläufen auf negative Weise reduzierte Antriebsmomente verursachen kann.

NACHGEREICHT

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ausgehend vom eingangs geschilderten Stand der Technik, ein Verfahren zu schaffen, bei dem ohne eine Schwächung des mittleren Moments des Motors ein Nutrauten verringert werden kann. Außerdem soll das Verfahren schnell und einfach anwendbar sein.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens dadurch, dass zum Reduzieren des Rastmoments für das Erregerfeld eine Auswahl wenigstens einer harmonischen Welle, von den zur Grundwelle bezogenen harmonischen Wellen, getroffen wird, die bei Überlagerung mit der Grundwelle zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, und die ausgewählte Welle oder ausgewählten Wellen mit der Grundwelle überlagert wird bzw. werden.

Wird zum Reduzieren des Rastmoments für das Erregerfeld eine Auswahl wenigstens einer harmonischen Welle, von den zur Grundwelle bezogenen harmonischen Wellen, getroffen, die bei Überlagerung mit der Grundwelle zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, dann kann zunächst eine einfache Verfahrensvorschrift vorgegeben werden, anhand der auf ein Rastmoment einer elektrischen Maschine eingewirkt werden kann, ohne dass damit zwangsweise eine Verringerung des mittleren Antriebsmoments des Motors in Kauf genommen werden muss, wenn die ausgewählte Welle oder ausgewählten Wellen mit der Grundwelle überlagert wird bzw. werden. Zu diesem Zweck muss lediglich aus der harmonischen Welle oder den harmonischen Wellen solch eine Auswahl getroffen werden, anhand der auf die Anteilskomponente des Rastmoments vermindert eingewirkt werden kann, die der Grundwelle zuzurechnen ist. Damit kann nämlich diese Anteilskomponente reduziert werden, die zu einer besonderen Verringerung des Rastmoments bzw. des Gesamtrastmoments führen kann. Hierfür muss die Harmonische bzw. die Modulation von einzelnen Harmonischen lediglich eine Anteilskomponente aufweisen, die in der Frequenz mit der Anteilskomponente des Rastmoments der Grundwelle übereinstimmt, so dass eine bestehende Gegenphasigkeit genützt werden kann, die Anteilskomponenten des Rastmoments der Grundwelle zu verringern. Um zu vermeiden, dass nun die Harmonische bzw. die harmonischen Welle oder Harmonischen auch Einfluss auf die induzierte Spannung hat bzw. ha-

ben, wird weiter vorgeschlagen, dass die Topologie der Synchronmaschine die Bedingung erfüllen muss, nämlich dass der größte gemeinsame Teiler der Nutanzahl (N_s) und Polpaaranzahl (p_z) gleich Nutanzahl (N_s) durch m ist ($\text{ggT}(N_s, p_z) = N_s/m$). Es hat sich nämlich gezeigt, dass bei Erfüllung dieser Bedingung und einer konzentrierten Wicklungsausführung ein Abbild der auf die Grundwelle modulierten Harmonischen in der induzierten Spannung vermieden werden kann, wenn solch eine Harmonische gewählt wird, deren Wicklungsfaktor verschwindend gering, insbesondere null, ist. Es braucht nicht weiter erwähnt zu werden, dass das Erregerfeld durch andere Wellen geprägt werden kann, insbesondere durch Nutungseffekte, Exzentrizitäten, Toleranzen und so weiter. Entscheidend für die Reduktion des Rastmoments ist, dass wenigstens eine Überlagerung mit mindestens einer ausgewählten harmonischen Welle und der Grundwelle durchgeführt wird.

Vereinfachte Verfahrensbedingungen können weiter geschaffen werden, wenn die Grundwelle mit mindestens einer ausgewählten harmonischen Welle überlagert wird, welche harmonische Welle bzw. harmonische Wellen eine Anteilskomponente des Nutrastmoments gleicher Ordnung zur von der Grundwelle erzeugten anderen Anteilskomponente des Nutrastmoments erzeugt bzw. erzeugen. Bestehen nämlich Harmonische mit gleicher Ordnung und/oder im Wesentlichen gegenläufiger Phasenlage in deren Anteilskomponente zur Anteilskomponente der Grundwelle, was beispielsweise aufgrund der Motortopologie der Fall sein kann, so kann ohne besondere Modulationsmaßnahmen auf das Rastmoment Einfluss genommen werden, in dem diese Welle zur Überlagerung mit der Grundwelle herangezogen wird.

Um eine besondere Reduktion des Rastmoments ermöglichen zu können, wird vorgeschlagen, dass die Amplitude und/oder der Phasenwinkel der Grundwelle und mindestens einer ausgewählten harmonischen Welle oder den ausgewählten harmonischen Wellen zueinander eingestellt werden. Vorzugsweise wird die Amplitude der Harmonischen gegenüber der Amplitude der Grundwelle eingestellt bzw. die Amplitude der Harmonischen wird derart gewählt, dass sich damit das Rastmoment verringert. Außerdem kann über dieses Einstellen auf einfache Weise Einfluss auf ein erreichbares mittleres Moment der Synchronmaschine genommen werden, um

damit beispielsweise eine Verringerung zu vermeiden. Außerdem kann die Phasenverschiebung der Anteilskomponente des Nutrastrmoments der ausgewählten Harmonischen zur Phase der Anteilskomponente des Nutrastrmoments der Grundwelle beispielsweise auf einen Wert zwischen 90° und 270° , vorzugsweise auf 180° , eingestellt werden.

Weist mindestens eine der ausgewählten Wellen einen kleineren Wicklungsfaktor als die Grundwelle auf, dann kann ein Einfluss der Überlagerung von Harmonischer und Grundwelle auf die induzierte Spannung gering gehalten werden. Insbesondere können damit besonders lauf ruhige elektrische Maschinen geschaffen werden, wenn der Wicklungsfaktor kleiner gleich 0,25, vorzugsweise 0 ist.

Um auf das mittlere Moment der Synchronmaschine besonders Einfluss nehmen zu können, wird vorgeschlagen, dass die Überlagerung der Grundwelle mit mindestens einer der ausgewählten harmonischen Wellen ein Erregerfeld mit einer Amplitude kleiner gleich der Amplitude der Grundwelle erzeugt. Im Gegensatz zum Stand der Technik kann dadurch selbst bei vermindertem Rastmoment ein gleich bleibendes mittleres Moment – teilweise sogar ein erhöhtes Moment ermöglicht werden. Aus dem Stand der Technik bekannte Verluste sind nämlich durch vergrößerte Parameter am Erregerfeld auf einfache Weise ausgleichbar, was gegenüber dem Stand der Technik trotz einem reduzierten Nutrastrun unverändert hohe mittlere Momente gewährleisten kann.

Insbesondere hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Grundwelle mit mindestens einer harmonischen Welle ungerader Ordnungszahl, insbesondere der harmonischen Welle dritter Ordnung, überlagert wird. Überraschend konnte nämlich insbesondere festgestellt werden, dass gerade die dritte harmonische Welle ideal zur Verringerung des Rastmoments verwendet werden kann, weil diese Harmonische einerseits häufig eine Anteilskomponente gleicher Ordnung verglichen mit der Anteilskomponente der Grundwelle am Nutrastrun erzeugt andererseits häufig auch keinen Einfluss auf die induzierte Spannung der Maschine zeigte, und damit bei der Berechnung der Synchronmaschine nicht weiter berücksichtigt werden muss.

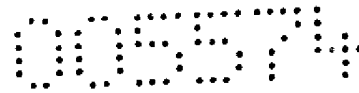
Weist mindestens eine ausgewählte harmonische Welle mit der Grundwelle mindestens einen im Toleranzbereich von $\pm$ einer Viertelperiode bezogen auf die jeweilige harmonische Welle benachbarten Nulldurchgang, insbesondere mindestens eine ausgewählte harmonische Welle mindestens einen gemeinsamen Nulldurchgang, auf, dann können die Rastmomentanteile verbessert genützt werden, um ein besonders reduziertes Gesamtrastmoment zu ermöglichen.

Vereinfachte Verfahrensbedingungen können sich weiter ergeben, wenn die Amplitude der Grundwelle kleiner gleich 127% der Amplitude des Erregerfelds eingestellt wird. Diese Bereichsgrenze konnte durch Versuche bestätigt werden, indem sich bei höher gelegenen Amplitudenwerten eine nachteilige Einflussnahme auf das Drehverhalten des Rotors der elektrischen Maschine einstellte. Anhand der Obergrenze von 127% ist somit eine einfache Verfahrensregel gegeben, anhand der ein Nutras ten einer elektrischen Maschine, insbesondere Synchronmaschine, verringert werden kann.

Auf einfache Weise kann die Überlagerung von Grundwelle und ausgewählten harmonischer Welle zumindest über eine Teilstrecke mit Hilfe des Verlaufs wenigstens einer der zueinander zugewandten Stator- und Rotor-/Aktorgrenzflächen ausgebildet werden. Beispielsweise kann bei Rotoren mit oberflächenmontierten Magneten die Grenzfläche der Permanentmagneten entsprechend dem gewünschten Erregerfeldverlauf konstruiert werden. Bei Rotoren mit eingebetteten Magneten kann beispielsweise die dem Stator zugewandte Grenzfläche entsprechend dem gewünschten Erregerfeldverlauf ausgebildet werden.

Ein derartiges Erregerfeld kann aber auch erzeugt werden, in dem dies mit Hilfe einer örtlichen Verteilung und/oder des örtlichen Verlaufs der Magnetisierungsrichtung und/oder des örtlichen Verlaufs der Magnetisierungsstärke von permanentmagnetischen Werkstoffen ausgebildet wird. Beispielsweise können hierfür Permanentmagneten verwendet und mit deren örtlichen Verteilung bzw. deren örtliche unterschiedlichen Magnetisierung kann das Erregerfeld entsprechend ausgebildet werden.

NACHGEREICHT



- 6 -

Die Erfindung hat sich außerdem die Aufgabe gestellt, eine elektrische Maschine der eingangs geschilderten Art derart auf konstruktive Weise zu verändern, dass trotz eines hohen mittleren Moments lediglich mit geringem Nutrauten zu rechnen ist, insbesondere ein Nutrauten ausgelöscht werden kann.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe hinsichtlich der Vorrichtung dadurch, dass die Konstruktion des Rotors/Aktors und/oder Stators entsprechend einer Erzeugung eines Erregerfelds, aufweisend eine Überlagerung der Grundwelle mit mindestens einer aus den auf die Grundwelle bezogenen harmonischen Wellen ausgewählten harmonischen Welle, die bei Überlagerung mit der Grundwelle zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, ausgebildet ist.

Ist die Konstruktion des Rotors/Aktors und/oder Stators entsprechend einer Erzeugung eines Erregerfelds, aufweisend eine Überlagerung der Grundwelle mit mindestens einer aus den auf die Grundwelle bezogenen harmonischen Wellen ausgewählten harmonischen Welle, die bei Überlagerung mit der Grundwelle zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, ausgebildet, dann kann eine besonders laufruhige elektrische Maschine geschaffen werden. Das Rastmoment solch einer Maschine kann nämlich vergleichsweise gering ausfallen, ohne dass mit einer derartigen Konstruktion mit einer Reduktion des mittleren Moments der Maschine gerechnet werden muss. Damit kann außerdem eine kostengünstig herstellbare und standfeste Maschine geschaffen werden.

Weist das Erregerfeld eine Abhängigkeit von einer konstruktiven Ausbildung wenigstens einer Grenzfläche, insbesondere von spaltseitigen permanentmagnetischen und/oder ferromagnetischen Werkstoffen, auf, dann kann auf einfache Weise eine Konstruktion zur Ausbildung eines Erregerfelds geschaffen werden. Derartige Grenzflächen können sich beispielsweise zwischen Luft und Material bzw. selbst zwischen den aufeinander folgenden Materialien ausbilden.

NACHGEREICHT

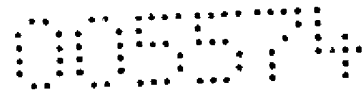
Auf konstruktiv einfache Weise kann auch ein Erregerfeld geschaffen werden, was eine Abhängigkeit von mindestens einer örtlichen Verteilung wenigstens eines Werkstoffs und/oder mindestens einer örtlichen Verteilung wenigstens einer Werkstoffeigenschaft aufweist.

Die Konstruktion kann noch weiter vereinfacht werden, wenn die örtliche Verteilung der magnetischen Werkstoffeigenschaften zumindest in Teilbereichen eine homogene oder in Richtung und/oder Amplitude örtlich unterschiedlich verteilte Magnetisierung aufweist. Damit kann nämlich auf einfache Weise ein Erregerfeld erzeugt werden, auf dessen Grundlage mit einem verminderten Rastmoment gerechnet werden kann.

Eine derartige Verminderung kann auch auf konstruktiv einfache Weise ermöglicht werden, in dem der Rotor/Aktor und/oder Stator zumindest eine Sättigungszone, insbesondere in Form von Sättigungsstegen zum Beispiel bei eingebetteten Permanentmagneten, aufweist.

Entspricht die Amplitude mindestens einer der ausgewählten harmonischen Wellen dem Betrag mit einer eventuellen Schwankungsbreite von bis zu +25 bis -25 Prozent, vorzugsweise von bis zu +10 bis -10 Prozent, der maximalen Amplitude des Erregerfelds, um den die Amplitude der Grundwelle gegenüber der maximalen Amplitude des Erregerfelds erhöht ist, dann kann mit einem verminderten Rastmoment gerechnet werden. Es können sich nämlich dadurch die Anteilskomponenten der Wellen an dem Rastmoment vorteilhaft kompensieren.

Folgt bei einem im Wesentlichen radialen Austritt des Luftspaltfelds, insbesondere bei ferromagnetischer Polschuhgestaltung und/oder permanentmagnetischer Polschuhgestaltung, die Höhe $H(\phi)$ der Polausbildung im Wesentlichen proportional dem Verlauf der Amplitude des Erregerfelds, dann kann auf einfache Weise ein Nutrasten bei derartigen elektrischen Maschinen vermindert werden.



- 8 -

Im Allgemeinen wird erwähnt, dass man bei elektrischen Maschinen den Verlauf der Kontur der Grenzfläche in einem weiten Bereich anhand von einer Funktion $H(\phi)$ durch die Formel einstellen kann:

$$H(\phi) = c(\phi) + p \cdot \left[a_1 \cdot \sin(\phi + \alpha_1) + \sum_n \{ a_n \cdot \sin(n \cdot (\phi + \alpha_n)) \} \right]$$

$c(\phi)$ Offset;

p ein Proportionalitätsfaktor, mithilfe dessen der Term in der rechteckigen Klammer auf einen Maximalwert von 1 normiert wird;

a_1 die Amplitude der Grundwelle;

a_n die Amplitude der ausgewählten n-ten Harmonischen;

α_1 der Verschiebungswinkel der Grundwelle;

α_n der Verschiebungswinkel der ausgewählten n-ten Harmonischen;

ϕ der elektrischen Winkel;

Insbesondere kann bei Auswahl der dritten Harmonischen a_1 und a_3 so eingestellt werden, dass a_1 gegenüber dem Wert 1 um einen Betrag x erhöht wird und a_3 den Wert von x aufweist. Vorteilhaft kann dieser Betrag x kleiner gleich 0,47 gewählt werden. Weiters können vereinfachte Verfahrensbedingungen geschaffen werden, in dem der Offset $c(\phi)$ winkelunabhängig gemacht wird, im Besonderen wenn der Offset $c(\phi)$ zum Beispiel bei Permanentmagneten zu Null gesetzt wird.

Im Gegensatz dazu kann im Falle, dass das Luftspaltfeld im Wesentlichen nicht radial austritt, insbesondere bei permanentmagnetischer Polschuhgestaltung mit im Wesentlichen nicht radialer Magnetisierung, die Höhe $H(\phi)$ der Polausbildung im Wesentlichen proportional dem Verlauf der winkelabhängigen Amplitude des Erregerfelds mit einer winkelabhängigen Verlaufskorrektur folgen, wodurch auch damit auf einfache Weise ein Nutrauten reduziert werden kann. Eine Verlaufskorrektur kann beispielsweise konstruktiv gelöst werden, indem der Verlauf der Kontur der Grenzfläche, der bei im Wesentlichen radialen Austritt des Magnetfelds aus den zueinander zugewandten Grenzflächen üblicherweise durch $H(\phi)$ beschrieben werden kann, durch $L(\phi)$ ausgedrückt werden kann:

$$L(\phi) = H(\phi) / \text{Korrektur}(\phi_{\text{mech}});$$

NACHGEREICHT

phimech stellt den mechanischen Winkel dar, dieser ist für die Gestaltung eines jeden Polschuhs immer für die Polmitte auf 0 zu setzen;

$$\text{Korrektur}(\text{phimech}) = 1/\cos(\text{phimech});$$

Um ein Toleranzband zu berücksichtigen, wird vorgeschlagen, dass die winkelabhängige Kontur $K(\phi)$ der Polausbildung der Höhe $H(\phi)$ oder der Höhe $H(\phi)$ mit winkelabhängiger Verlaufskorrektur mit einer Schwankungsbreite von bis zu +25 bis -25 Prozent, vorzugsweise von bis zu +10 bis -10 Prozent, bezogen auf den Maximalwert von Höhe $H(\phi)$ oder von Höhe $H(\phi)$ mit winkelabhängiger Verlaufskorrektur, folgt.

In den Figuren ist der Erfindungsgegenstand anhand von Ausführungsbeispielen beispielsweise dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 eine Schnittansicht auf eine Synchronmaschine nach dem Stand der Technik,

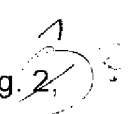
Fig. 2 ein vergrößerter Ausschnitt der Schnittansicht der Fig. 2, 

Fig. 3 eine Schnittansicht auf eine erfindungsgemäße Synchronmaschine,

Fig. 4 ein vergrößerter Ausschnitt der Schnittansicht der Fig. 2, 

Fig. 5a und 5b eine Darstellung zum Verlauf von Erregerfeldern,

Fig. 6 Momentenverläufe der Synchronmaschinen nach den Figuren 1 und 3,

Fig. 7a, 7b, und 7c eine vergrößerte Schnittansicht auf eine weitere Ausführungsform der Erfindung mit reduziertem Rastmoment

Fig. 8 eine alternative Ausgestaltung eines Zahns des Stators nach Fig. 1,

Fig. 9 und 10 unterschiedliche Magnetisierung von Permanentmagneten und

Fig. 11 eine Darstellung zu einer eine Schwankungsbreite aufweisenden Polausbildung $H(\phi)$.

Nach Fig. 1 wird eine Schnittansicht einer aus dem Stand der Technik bekannten und nur teilweise dargestellten Synchronmaschine 1 gezeigt, die einen Rotor 2 und einen durch einen Spalt 3 bzw. Luftspalt 3 beabstandeten Stator 4 aufweist. In den Nuten 5 des Stators 4 sind wechselstromführende Wicklungen 6, 6', 6'' etc. als Ankerwicklung vorgesehen, die ein nicht näher dargestelltes Drehfeld erzeugen. Der

Rotor 2 weist Permanentmagneten 8 auf, die im Rotor 2 eingebettet vorgesehen sind. Wie insbesondere der Fig. 2 entnommen werden kann, ist zwischen Rotor 2 und Stator 4 ein in radialer Richtung verlaufender Luftspalt 3 mit konstanter Breite vorgesehen, lediglich im Bereich der Nuten 5 kommt es durch die Nuten 5 zu Veränderungen der Breite des Luftspalts 5. Die eingebetteten Permanentmagneten 8 sind derart ausgelegt, dass diese ein nach Fig. 5a gezeigtes idealisiert dargestelltes rechteckförmiges Erregerfeld 9 erzeugen können. In der Fourierzerlegung weist dieses Erregerfeld 9 eine Grundwelle 10 und mehrere harmonische Wellen 11, 12, etc. auf, wobei davon der Einfachheit halber lediglich die dritte Harmonische 11 und die fünfte Harmonische 12 dargestellt worden ist. Andere Erregerfelder 9 sind vorstellbar, beispielsweise sinusförmig verlaufende, wie dies oftmals zur Reduktion des Rastmoments vorgeschlagen wird. Rechteckförmige Erregerfelder 9 haben jedoch gegenüber anderen Erregerfeldern den Vorteil, damit ein hohes mittleres Moment erzeugen zu können, so dass diese in der Ausgestaltung der Motortopologie von Synchronmaschinen 1 häufig berücksichtigt werden. Betrachtet man nun Grundwelle 10 und die Harmonischen 11, 12 im Hinblick auf deren Einflüsse auf das Rastmoment, so erkennt man, dass jede dieser Wellen 10, 11, 12 zu einer Anteilskomponente am gesamten Rastmoment führen, wobei diese Anteilskomponenten von der Motortopologie ebenso geprägt werden.

Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen das Rastmoment zu reduzieren, in dem besonderes Augenmerk auf diese Anteilskomponenten 11, 12, etc. gelegt wird. So wird die Überlagerung von Grundwelle 10 und wenigstens einer harmonischen Welle 11 dazu verwendet, das Rastmoment zu reduzieren, obwohl gerade nach dem Stand der Technik diese bekannte Überlagerung zu erhöhtem Rastmoment führen kann. Es konnte nämlich die Erkenntnis erlangt werden, dass durch eine Auswahl einer Harmonischen bzw. von Harmonischen Einfluss auf das Rastmoment genommen werden kann. So ist der Figur 5b zu entnehmen, dass das Erregerfeld 13 gegenüber dem rechteckigen Erregerfeld 9 nach Fig. 5a verändert ausgeformt ist. Das Erregerfeld 13 wird nämlich durch eine Überlagerung von einer harmonischen Welle 14 und seiner Grundwelle 15 geschaffen. Diese Modulation führt zu einem Erregerfeld 13, dass zwar in der Fläche kleiner als das Erregerfeld 9 nach Fig. 5a ist,

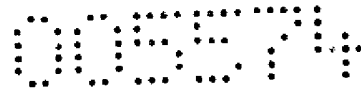
NACHGEREICHT

dass jedoch im Gegensatz zu diesem Erregerfeld 9 einen besonderen Einfluss auf das Rastmoment hat, wie dies der Fig. 6 entnommen werden kann. In dieser Fig. 6 sind die normierten Momentenverläufe 16 und 17 dargestellt, die sich auf Grundlage der beiden Erregerfelder 9 und 15 ergeben können. So ist eindeutig im Momentenverlauf 16 eine Oberwelle zu erkennen, die sich gegenüber der Bezugsline 18 ausformt. Erfindungsgemäß konnte im Momentenverlauf 17 eine Auslöschung dieser Oberwelle geschaffen werden, so dass sich ein Momentenverlauf 17 im Wesentlichen ohne Momentenschwankung aufgrund eines Rastmoments einstellt.

Das erfindungsgemäße Erregerfeld 13 kann beispielsweise durch eine Abflachung 19 am Rotor 20 der Synchronmaschine 21 ausgebildet werden, wie dies nach Fig. 3 und 4 dargestellt worden ist und sich damit von der nach Fig. 1 und 2 dargestellten Synchronmaschine unterscheidet. Diese Abflachung 19 vergrößert zwar den Luftspalt 3 zwischen Rotor 20 und Stator 4, was jedoch wie in Fig. 6 dargestellt keinen Einfluss auf das mittlere Moment der Maschine hat - im Gegenteil, durch die erfindungsgemäße Überlagerung von Grundwelle 15 und Harmonischen 14 wird das mittlere Moment sogar verbessert, was an Hand des zum Momentenverlauf 16 erhöhten Momentenverlaufs 17 nach Fig. 6 erkannt werden kann.

Vorteilhaft wird die Grundwelle mit wenigstens einer harmonischen Welle 14 überlagert, die eine Anteilskomponente des Nutrastmoments mit gleicher Ordnung zur von der Grundwelle erzeugten Anteilskomponente des Nutrastmoments erzeugt. Hierfür hat sich die dritte Harmonische 14 als vorteilhaft heraus gestellt. Die Anteilskomponente des Nutrastmoments der dritten Harmonischen 14 stimmt nämlich für die meisten Motortopologien mit der Anteilskomponente der Grundwelle 15 in der Ordnung überein, so dass einfache Verfahrensbedingungen geschaffen werden können.

Nach den Fig. 5a und 5b kann eine erhöhte Unterdrückung des Rastmoments erkannt werden, in dem nämlich die Amplitude der Grundwelle 15 und der überlagerten harmonischen Welle 14 zueinander eingestellt werden. In diesem Fall ist die Amplitude der Harmonischen 14 der Fig. 5b verringert gegenüber der Amplitude der



- 12 -

Harmonischen 11 nach Fig. 5a, was an dem Bezugszeichen 22 erkannt werden kann. Versuche zeigten dass eine Erhöhung der Grundwelle 15 von bis zu 18% als vorteilhaft zur Verringerung des Rastmoments verwendet werden kann.

Gemäß den Figuren 7a, 7b und 7c wird beispielsweise das erfindungsgemäße Verfahren zur Überlagerung von Grundwelle 15 und harmonischer Welle 14 unter Verwendung des Verlaufs der Rotorseite 2 bzw. der oberflächenmontierten Permanentmagneten 9 erläutert.

Zunächst wird auf Grundlage der mechanischen und konstruktiven Voraussetzungen die Topologie der Synchronmaschine festgelegt, wodurch beispielsweise aneinander anschließende Permanentmagneten 9 am Rotor 2 vorgesehen werden, wie dies in Fig. 7a dargestellt ist. Durch die aneinander anschließenden Permanentmagneten 9 soll ein nahezu rechteckiges Erregerfeld 9 für ein vergleichsweise hohes mittleres Moment erzeugt werden. Solch ein Erregerfeld 9 wurde beispielsweise bereits in Fig. 5a dargestellt. Andere Erregerfelder sind dadurch nicht ausgeschlossen.

Im nächsten Schritt wird nun die Grundwelle 10 aus diesem Erregerfeld 9 extrahiert, wie in Fig. 5a dargestellt.

Zur Veranschaulichung wird nach Fig. 7b eine Ausführung zur Erzeugung einer Grundwelle 10 dargestellt. Dafür sind die konstant über deren Magnetbereich radial magnetisierten Permanentmagneten 9', wie in Fig. 7b dargestellt, lediglich in deren Verlauf zu ändern und so am Rotor 2 vorzusehen. Der ursprüngliche Verlauf der Permanentmagneten 9 wurde in Fig. 7b und 7c zur besseren Veranschaulichung eingetragen.

Diese Ausführung nach Fig. 7b leidet jedoch selbst wie die Ausführung nach Fig. 7a an einem vergleichsweise hohen Rastmoment.

NACHGEREICHT

In einem weiteren Schritt wird nun wenigstens eine Harmonische 11, 12 des Erregerfelds 9 bestimmt und auf seine Eignung zur Reduktion des Rastmoments überprüft, in dem diese mit der Grundwelle 10 überlagert wird. Stimmen nämlich die Anteilskomponenten der Harmonischen 11 bzw. 12 und der Grundwelle 15 am Rastmoment derart überein, dass eine wenigstens teilweise gegenseitige Auslöschung ausgenutzt werden kann, so kann diese Harmonische 11 bzw. 12 zur Reduktion des Gesamtastmoments herangezogen werden.

Das Ergebnis dieser Überlagerung von ausgewählter Harmonischer 11 und Grundwelle 10 kann beispielsweise in Fig. 5b erkannt werden. Grundwelle 15 und ausgewählter Harmonische 14 führt dann zu einem Erregerfeld 13. Dieses Erregerfeld 13 kann durch den Verlauf der Permanentmagneten 9'' nachgebildet werden, wie dies in Fig. 7c dargestellt wird. Hier ist eindeutig eine vergrößerte obere Abflachung 24 gegenüber der des nach der Fig. 7b dargestellten Verlaufs der Permanentmagneten 8' bzw. seiner Abflachung 24 zu erkennen, wobei dieser Unterschied anhand des Bezugszeichens 25 verdeutlicht worden ist. Damit ist ein vergleichsweise einfach handhabbares Verfahren zur Reduktion eines Rastmoments bei Synchronmaschinen geschaffen.

Gemäß Fig. 8 wird eine alternative Ausgestaltung eines Zahns 26 des Stators 4 nach den Figuren 1, 2, 3 und 4 dargestellt. Der Zahn 26 bildet auf seiner Grenzfläche 27 einen lippenförmigen Verlauf aus, anhand dem ein Erregerfeld 13, wie beispielsweise nach Fig. 5b dargestellt, zur Reduktion des Rastmoments erzeugt werden kann.

Nach den Figuren 9 und 10 werden unterschiedliche Magnetisierungen von Permanentmagneten 28 und 29 dargestellt. So weist der Permanentmagnet 28 eine radiale Magnetisierung auf, wodurch im Wesentlichen radial aus der Grenzfläche 30 ein Luftspaltfeld 31 austritt. Um hier das Erregerfeld 13 zu erzeugen folgt die Grenzfläche 30 der Kontur der Überlagerung von Grundwelle 15 und harmonischer Welle 14.

NACHGEREICHT

Im Gegensatz dazu wird nach Fig. 10 ein parallel magnetisierter Permanentmagnet 29 dargestellt, wodurch im Wesentlichen ein Luftspaltfeld 33 nicht radial aus der Grenzfläche 32 austritt. Um auch in diesem Fall besonderes Erregerfeld 13 erzeugen zu können, muss zur Kontur der Überlagerung von Grundwelle 15 und harmonischer Welle 14 bzw. den harmonischen Wellen eine Verlaufskorrektur berücksichtigt werden.

Eine vorteilhafte Reduktion des Rastmoments kann, wie in Fig. 5b dargestellt, erreicht werden, wenn die harmonischen Welle 14 mit der Grundwelle 15 einen gemeinsamen Nulldurchgang 34 sowie an deren Wendepunkten 34 ein Maximum in entgegen gesetzter Richtung aufweist.

Gemäß Fig. 11 wird eine Darstellung zu einer eine Schwankungsbreite 35 aufweisenden Polausbildung $H(\phi)$ gezeigt. So ist im Wesentlichen in Fig. 11 dargestellt, dass bei einem im Wesentlichen radialen Austritt des Luftspaltfelds 31 bei einer permanentmagnetischer Polschuhgestaltung die Höhe $H(\phi)$ der Polausbildung 30 im Wesentlichen proportional dem Verlauf der Amplitude des Erregerfelds 13 folgt. Ebenso ist dargestellt, dass die winkelabhängige Kontur $K(\phi)$ der Polausbildung 30 der Höhe $H(\phi)$ oder der Höhe $H(\phi)$ mit winkelabhängiger Verlaufskorrektur mit einer Schwankungsbreite 35 von bis zu +25 bis -25 Prozent, vorzugsweise von bis zu +10 bis -10 Prozent, bezogen auf den Maximalwert von Höhe $H(\phi)$ oder von Höhe $H(\phi)$ mit winkelabhängiger Verlaufskorrektur, folgt. So ist strichpunktiert mit $K(\phi)$ dargestellt, dass die Kontur $K(\phi)$ im rechten Bereich $H(\phi)$ abweichend, jedoch innerhalb der Schwankungsbreite 35 verläuft.

Außerdem entspricht nach Fig. 5b die Amplitude mindestens einer der ausgewählten harmonischen Wellen 14 dem Betrag x , um den die Amplitude 37 der Grundwelle 15 gegenüber der maximalen Amplitude 37 des Erregerfelds 13 erhöht ist. Eine Schwankung 38 ist hier angedeutet, wobei beim Betrag x eine Schwankung 38 von bis zu +25 bis -25 Prozent, vorzugsweise von bis zu +10 bis -10 Prozent, der maximalen Amplitude 36 des Erregerfelds 13 zugelassen wird.

NACHGEREICHT

Im Allgemeinen wird weiter erwähnt, dass bei Maschinen die Periodizität des Nutrastrmoments bezüglich der der Leistungsübertragung dienlichen Bewegung, hervorgerufen durch eine beliebige, einzelne harmonische Welle, von den zur Grundwelle bezogenen harmonischen Wellen, mithilfe folgender Formel berechnet werden kann:

$$n_c = \frac{2N_s}{ggT(N_s, p_z n_m)} n_m$$

Dabei bezeichnet

- n_c die Periodizität des Nutrastrmens bezogen auf die Periodizität der Grundwelle, beide Periodizitäten bezogen auf die der Leistungsübertragung dienlichen Bewegung,
- N_s die Anzahl der Statornuten,
- p_z die Polpaarzahl des Erregerteils und
- n_m die auf die Periodizität des Verlaufs der Grundwelle bezogene Periodizität der betrachteten harmonischen Welle.

Beispielsweise wäre für die Betrachtung der Grundwelle n_m gleich 1 und für die Betrachtung der auf die Grundwelle bezogenen dritten Oberwelle n_m gleich 3 zu setzen.

Daraus ergeben sich für unterschiedliche Anzahl an Statornuten N_s und Polpaarzahlen p_z folgende Periodizitäten des Nutrastmoments:

N_s	3		6		9				12		
p_z	1	2	2	4	3	4	5	6	4	5	7
n_m	Periodizität des Nutrastmomentes n_c für ausgewählte Welle n_m und entsprechende Maschinentopologie										
1	6	6	6	6	6	18	18	6	6	12	12
3	6	6	6	6	6	18	18	6	6	12	12
5	30	30	30	30	30	90	90	30	30	60	60
7	42	42	42	42	42	126	126	42	42	84	84
9	18	18	18	18	18	18	18	18	18	36	36

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Reduktion eines Rastmoments einer elektrischen Maschine, insbesondere einer Synchronmaschine, mit einem Rotor/Aktor, mit einem durch einen Spalt zum Rotor/Aktor beabstandeten Stator, mit mindestens einer am Stator und/oder am Rotor/Aktor vorgesehenen Ankerwicklung und mit einem am Stator und/oder am Rotor/Aktor vorgesehenen Erregerteil, der im Spalt ein Erregerfeld, aufweisend eine Grundwelle, erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass zum Reduzieren des Rastmoments für das Erregerfeld (13) eine Auswahl wenigstens einer harmonischen Welle (14), von den zur Grundwelle (15) bezogenen harmonischen Wellen (14), getroffen wird, die bei Überlagerung mit der Grundwelle (15) zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, und die ausgewählte Welle (14) oder ausgewählten Wellen mit der Grundwelle (15) überlagert wird bzw. werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundwelle (15) mit mindestens einer ausgewählten harmonischen Welle (14) überlagert wird, welche harmonische Welle (14) bzw. harmonische Wellen (14) eine Anteilskomponente des Nutrastmoments gleicher Ordnung zur von der Grundwelle (15) erzeugten anderen Anteilskomponente des Nutrastmoments erzeugt bzw. erzeugen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Reduktion des Rastmoments die Amplitude und/oder der Phasenwinkel der Grundwelle (15) und mindestens einer ausgewählten harmonischen Welle (14) oder den ausgewählten harmonischen Wellen zueinander eingestellt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine (14) der ausgewählten harmonischen Wellen einen kleineren Wicklungsfaktor als die Grundwelle (15), insbesondere einen Wicklungsfaktor kleiner gleich 0,25 vorzugsweise 0, aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Überlagerung der Grundwelle (15) mit mindestens einer (14) der ausgewählten harmonischen Wellen ein Erregerfeld (13) mit einer Amplitude kleiner gleich der Amplitude der Grundwelle (15) erzeugt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundwelle (15) mit mindestens einer harmonischen Welle (14) ungerader Ordnungszahl, insbesondere der harmonischen Welle (14) dritter Ordnung, überlagert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine ausgewählte harmonische Welle (14) mit der Grundwelle (15) mindestens einen im Toleranzbereich von +/- einer Viertelperiode bezogen auf die jeweilige harmonische Welle (14) benachbarten Nulldurchgang (34), insbesondere mindestens eine ausgewählte harmonische Welle mindestens einen gemeinsamen Nulldurchgang (34), aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude der Grundwelle (15) kleiner gleich 127% der Amplitude des Erregerfelds (13) eingestellt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Überlagerung der Grundwelle (15) mit mindestens einer ausgewählten harmonischen Welle (14) zumindest über eine Teilstrecke mit Hilfe des Verlaufs wenigstens einer der zueinander zugewandten Stator- und Rotor-/Aktorgrenzflächen (27, 30, 32) ausgebildet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Überlagerung der Grundwelle (15) mit mindestens einer ausgewählten harmonischen Welle (14) mit Hilfe einer örtlichen Verteilung und/oder des örtlichen Verlaufs der Magnetisierungsrichtung und/oder des örtlichen Verlaufs der Magnetisierungsstärke von permanentmagnetischen Werkstoffen, insbesondere von Permanentmagneten (8), ausgebildet wird.

11. Elektrische Maschine, insbesondere Synchronmaschine, mit einem Rotor/Aktor, mit einem durch einen Spalt zum Rotor/Aktor beabstandeten Stator, mit mindestens einer am Stator und/oder Rotor/Aktor vorgesehenen Ankerwicklung und mit einem am Stator und/oder Rotor/Aktor vorgesehenen Erregerfeld zum Erzeugen eines eine Grundwelle aufweisenden Erregerfelds im Spalt, wobei die Konstruktion des Rotors/Aktors und/oder Stators derart ausgebildet ist, dass es zu einer Reduktion des Rastmoments kommt, dadurch gekennzeichnet, dass die Konstruktion des Rotors/Aktors (2) und/oder Stators (4) entsprechend einer Erzeugung eines Erregerfelds (13), aufweisend eine Überlagerung der Grundwelle (15) mit mindestens einer (14) aus den auf die Grundwelle (15) bezogenen harmonischen Wellen ausgewählten harmonischen Welle, die bei Überlagerung mit der Grundwelle (15) zu einer wenigstens teilweisen Reduktion des Rastmoments führt, ausgebildet ist.

12. Elektrische Maschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Erregerfeld (13) eine Abhängigkeit von einer konstruktiven Ausbildung wenigstens einer Grenzfläche (27, 30, 32), insbesondere von spaltseitigen permanentmagnetischen und/oder ferromagnetischen Werkstoffen, aufweist.

13. Elektrische Maschine nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Erregerfeld (13) eine Abhängigkeit von mindestens einer örtlichen Verteilung wenigstens eines Werkstoffs und/oder mindestens einer örtlichen Verteilung wenigstens einer Werkstoffeigenschaft aufweist.

14. Elektrische Maschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die örtliche Verteilung der magnetischen Werkstoffeigenschaften zumindest in Teilbereichen eine homogene oder in Richtung und/oder Amplitude örtlich unterschiedlich verteilte Magnetisierung aufweist.

15. Elektrische Maschine nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor/Aktor (2) und/oder Stator (4) zumindest eine Sättigungszone, insbesondere in Form von Sättigungsstegen zum Beispiel bei eingebetteten Permanentmagneten (8), aufweist.

16. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude mindestens einer der ausgewählten harmonischen Wellen (14) dem Betrag (x) mit einer eventuellen Schwankung (38) von bis zu +25 bis -25 Prozent, vorzugsweise von bis zu +10 bis -10 Prozent, der maximalen Amplitude (36) des Erregerfelds (13) entspricht, um den die Amplitude (37) der Grundwelle (15) gegenüber der maximalen Amplitude (37) des Erregerfelds (13) erhöht ist.

17. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem im Wesentlichen radialen Austritt des Luftspaltfelds (31), insbesondere bei ferromagnetischer Polschuhgestaltung und/oder permanentmagnetischer Polschuhgestaltung, die Höhe $H(\phi)$ der Polausbildung (30) im Wesentlichen proportional dem Verlauf der Amplitude des Erregerfelds (13) folgt.

18. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem im Wesentlichen nicht radialen Austritt des Luftspaltfelds (31), insbesondere bei permanentmagnetischer Polschuhgestaltung mit im Wesentlichen nicht radialer Magnetisierung, die Höhe $H(\phi)$ der Polausbildung (32) im Wesentlichen proportional dem Verlauf der winkelabhängigen Amplitude des Erregerfelds (13) mit einer winkelabhängigen Verlaufskorrektur folgt.

19. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die winkelabhängige Kontur $K(\phi)$ der Polausbildung der Höhe $H(\phi)$ oder der Höhe $H(\phi)$ mit winkelabhängiger Verlaufskorrektur mit einer Schwankungsbreite (35) von bis zu +25 bis -25 Prozent, vorzugsweise von bis zu +10 bis -10 Prozent, bezogen auf den Maximalwert von Höhe $H(\phi)$ oder von Höhe $H(\phi)$ mit winkelabhängiger Verlaufskorrektur, folgt.

Linz, am 21. Mai 2010

Austrian Center of Competence
in Mechatronics GmbH
durch:



NACHGEREICHT

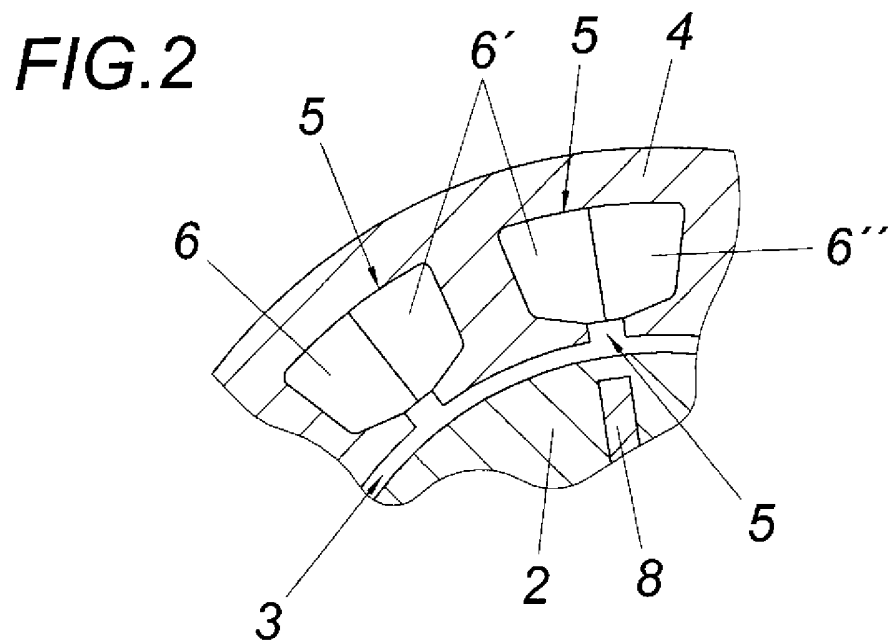
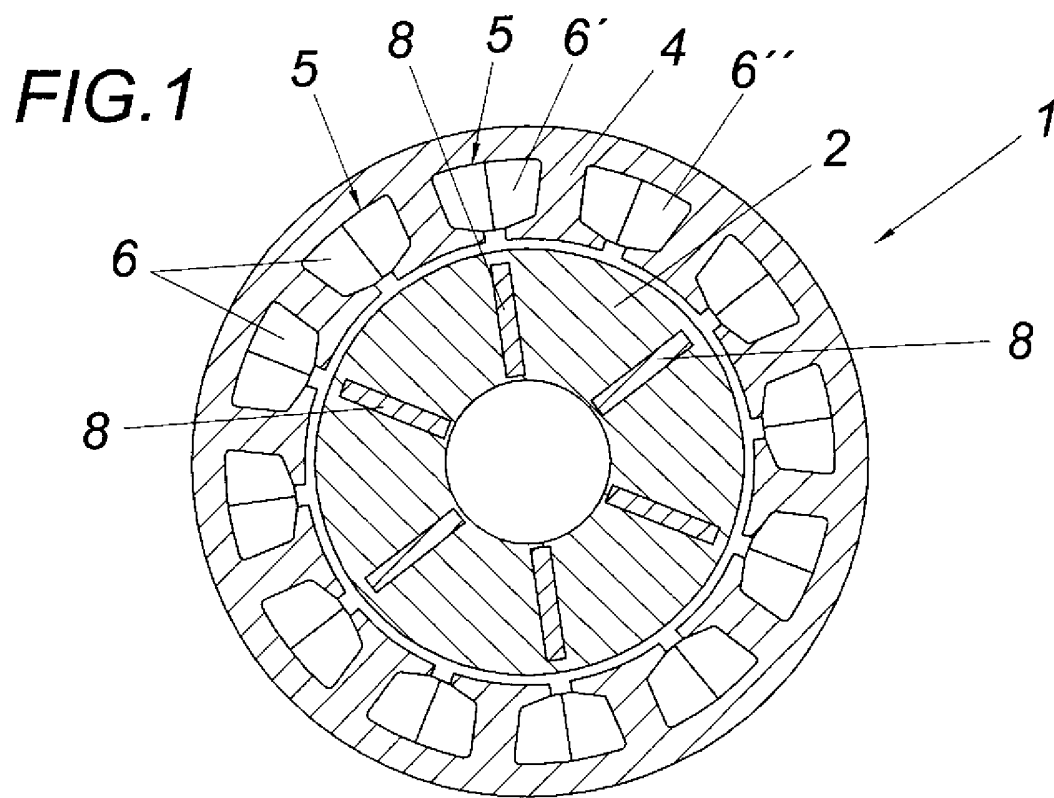


FIG.3

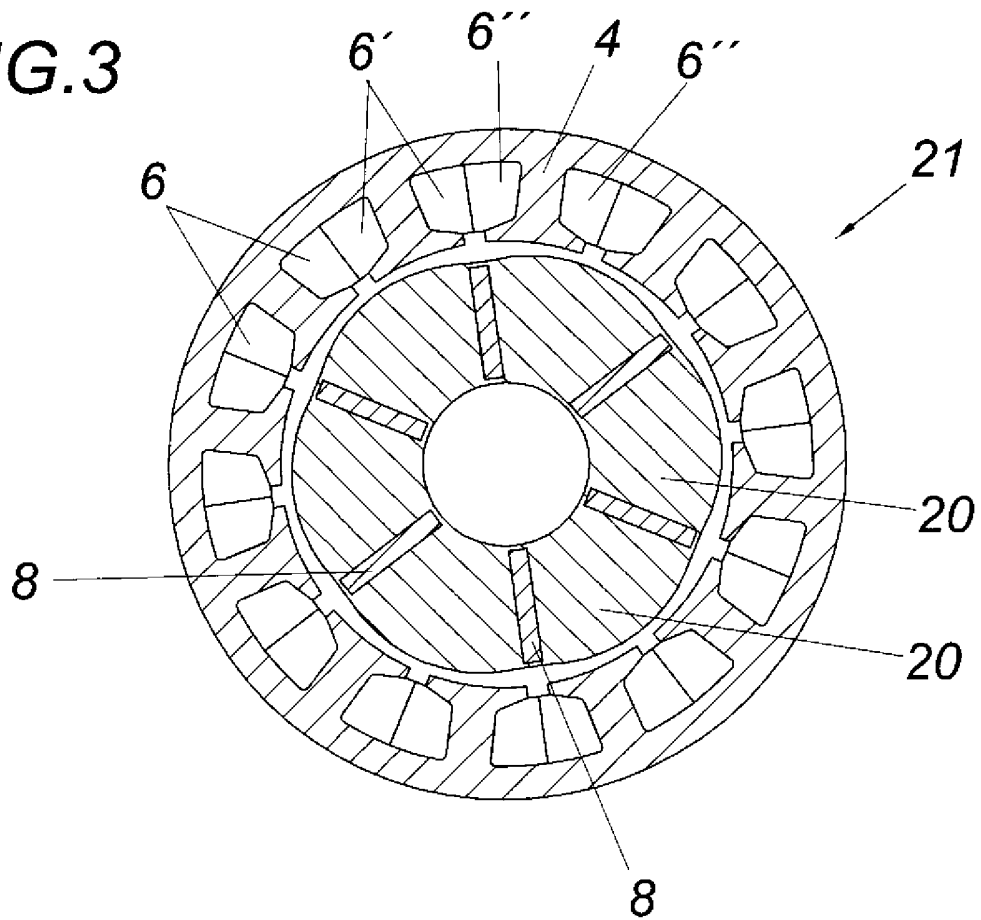
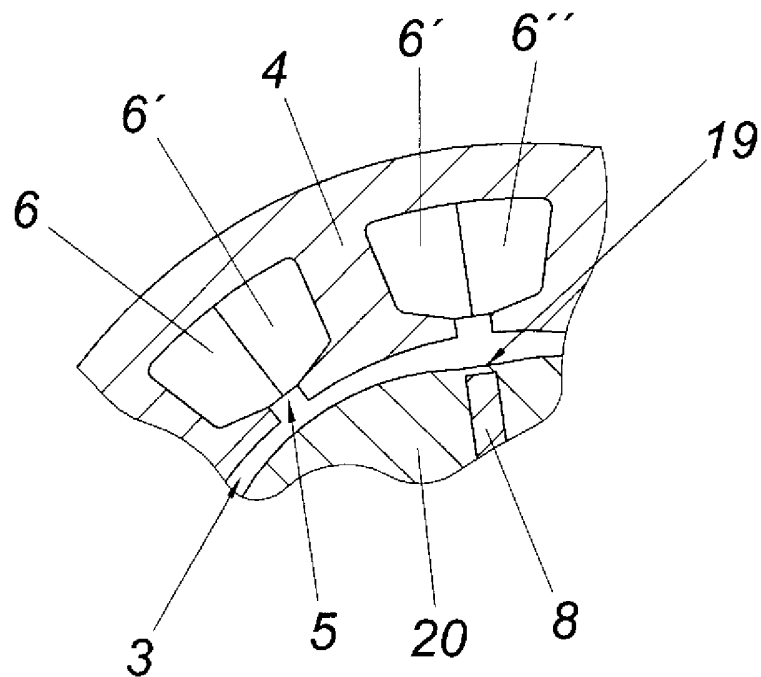
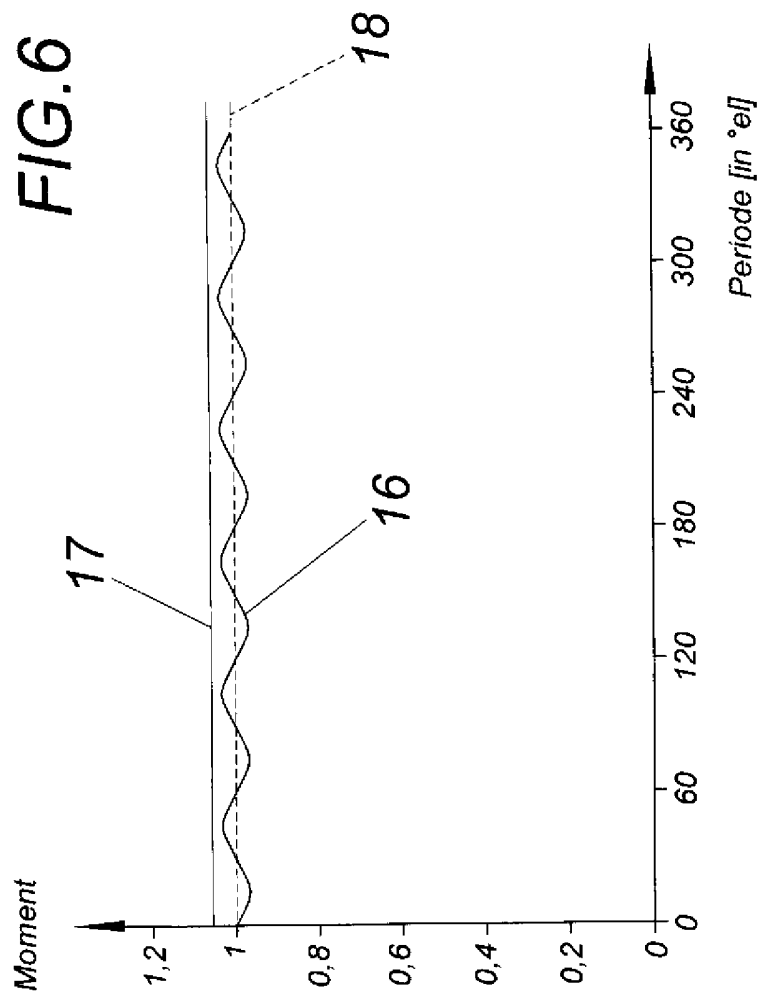


FIG.4





010041

FIG.7a

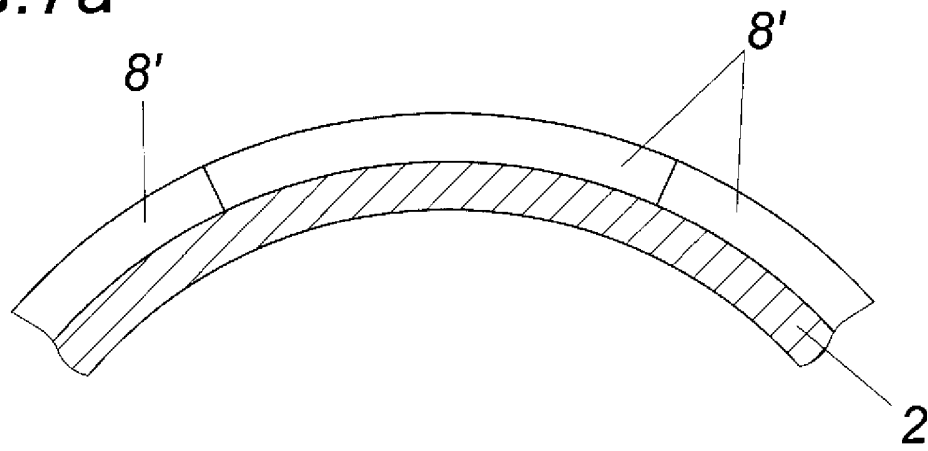


FIG.7b

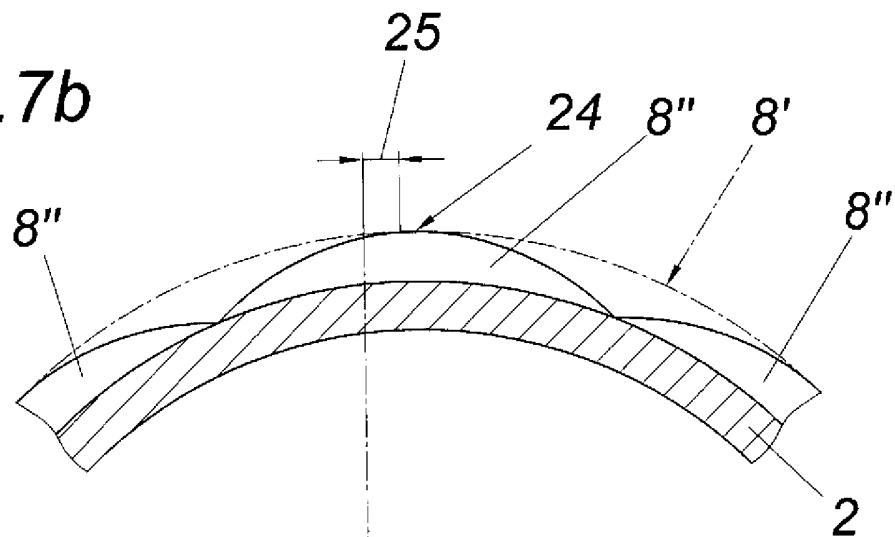
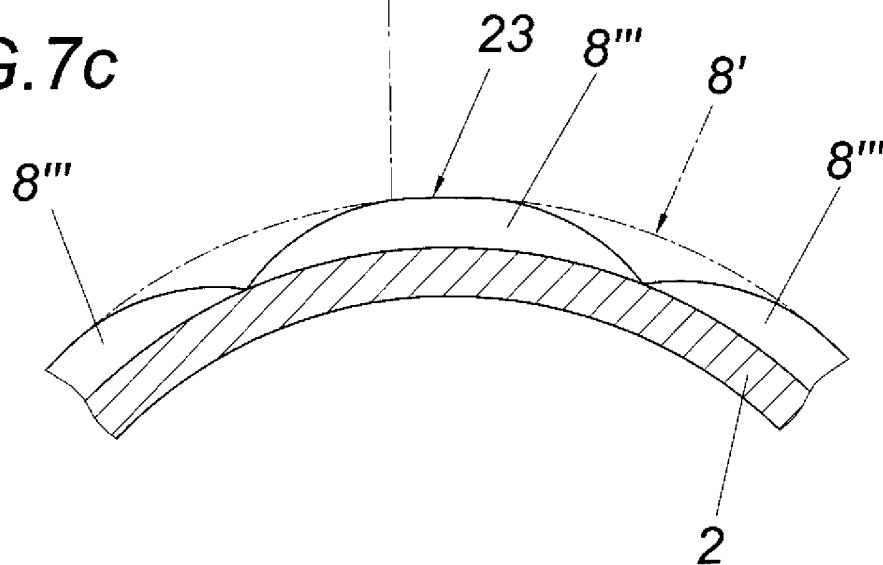


FIG.7c



NACHGEREICHT

FIG.8

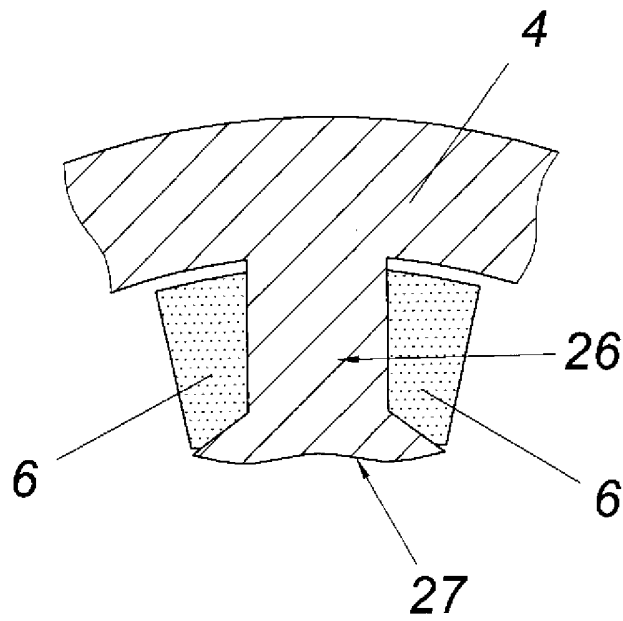


FIG.9

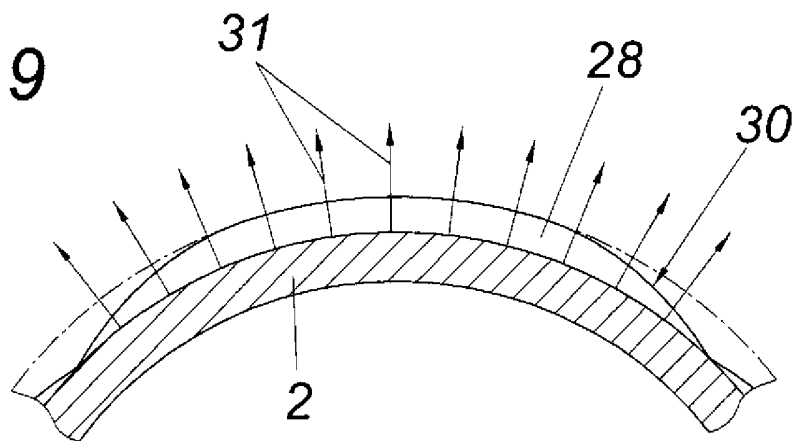
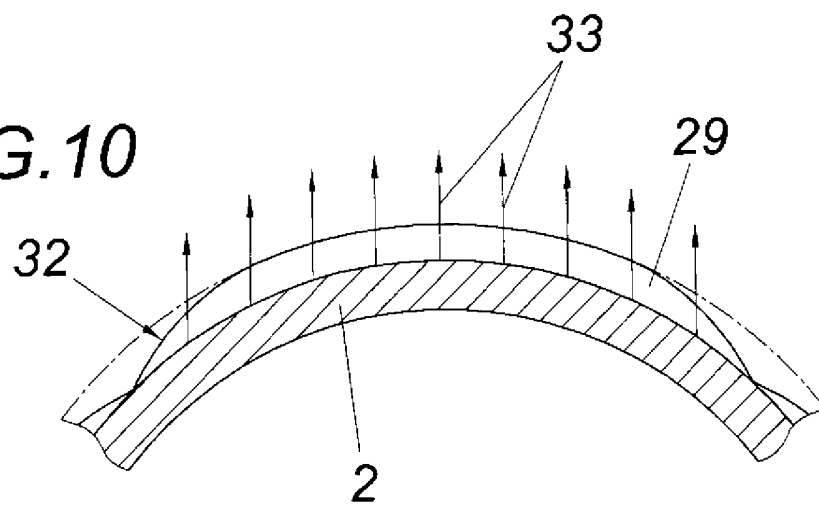
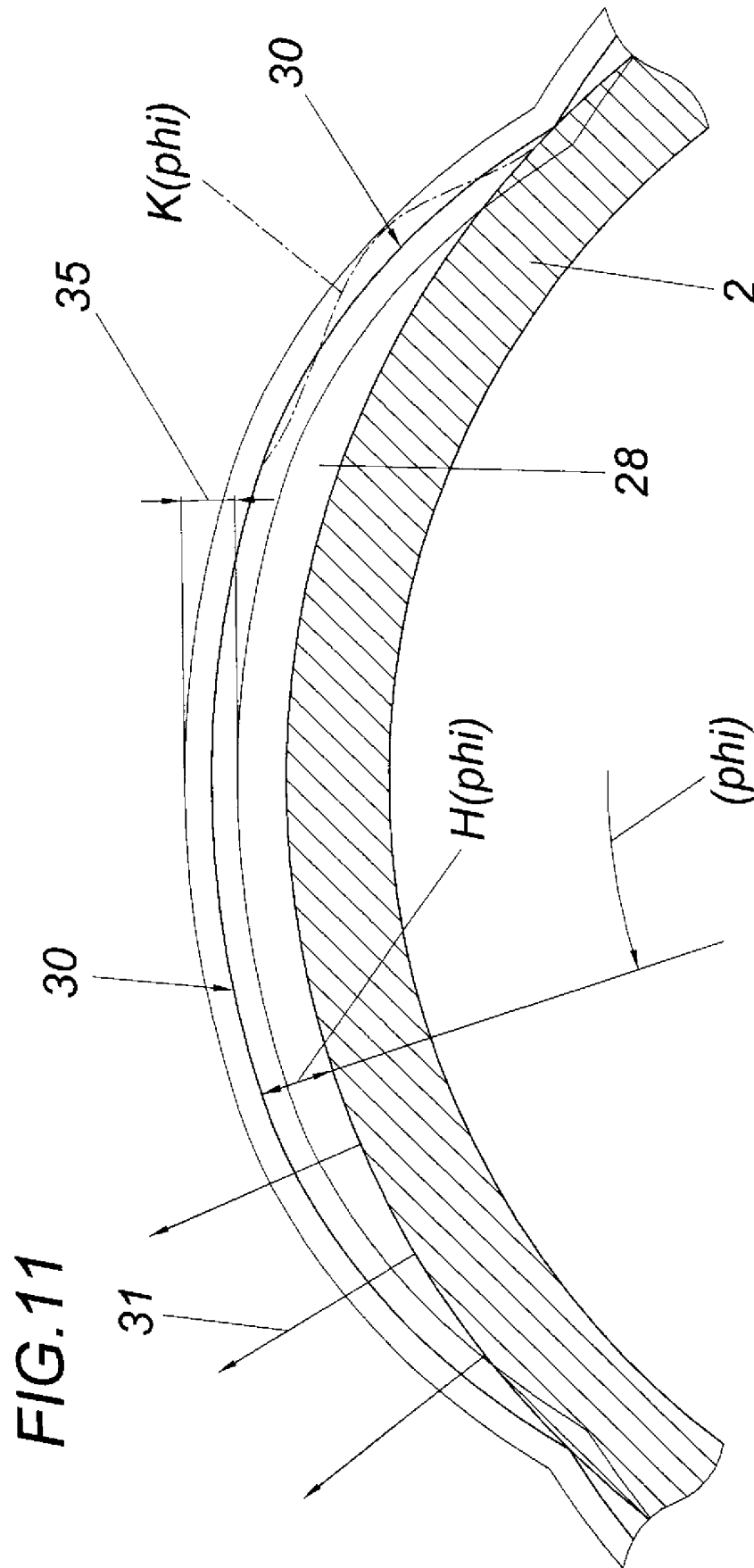


FIG.10







Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ^a : H02K 1/06 (2006.01); H02K 1/27 (2006.01); H02K 21/02 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H02K 1/06, H02K 1/27, H02K 21/02
Recherchierte Prüfsubstanz (Klassifikation): H02K
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 21. Mai 2010 eingereichten Ansprüchen 1-19 erstellt.

Kategorie ¹	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	JP 2007-209186 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 16. August 2007 (16.08.2007) <i>Zusammenfassung, Absätze: [0003], [0012], [0023], [0026]-[0033], [0050], [0053]-[0057], Fig. 1, 2, 11-15</i>	1-19
A	JP 2004-72858 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 4. März 2004 (04.03.2004) <i>Zusammenfassung, Fig. 2-8</i>	1-19
A	KR 2009-0132219 A (DONGYANG MECHATRONICS CORP) 30. Dezember 2009 (30.12.2009) <i>Zusammenfassung, Fig. 1-6</i>	1-19
A	JP 2006-304472 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2. November 2006 (02.11.2006) <i>Zusammenfassung, Fig. 1-10</i>	1-19
A	US 6 858 960 B1 (MUSZYNSKI, J.) 22. Februar 2005 (22.02.2005) <i>Zusammenfassung, Fig. 1, 2</i>	1-19

Datum der Beendigung der Recherche:
23. Mai 2011

☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt

Prüfer(in):
Dipl.-Ing. KOVACS

¹ Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung von **besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung von **Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung** für einen Fachmann **naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den **allgemeinen Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das **von Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein **älteres Recht** hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.