

(19)



(11)

EP 2 551 844 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.05.2014 Patentblatt 2014/19

(51) Int Cl.:
G10K 1/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11405294.7**

(22) Anmeldetag: **28.07.2011**

(54) **Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels einer Glocke sowie Antriebsvorrichtung zum
geregelten Betreiben einer an die Antriebsvorrichtung angekoppelten Glocke**

Method for regulating the deflection angle of a bell and drive device for regulated operation of a bell
coupled to the drive device

Procédé de réglage d'un angle de déviation d'une cloche et dispositif d'entraînement pour le
fonctionnement réglé d'une cloche couplée au dispositif d'entraînement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.01.2013 Patentblatt 2013/05

(73) Patentinhaber: **Muff Kirchturmtechnik AG
6234 Triengen (CH)**

(72) Erfinder: **Dassow, Achim
6234 Triengen (CH)**

(74) Vertreter: **EGLI-EUROPEAN PATENT
ATTORNEYS
Horneggstrasse 4
Postfach
8034 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 094 443 EP-A1- 1 310 941
EP-A2- 0 191 889 EP-B1- 0 120 436
DE-A1- 3 714 465 DE-T2- 69 116 109**

EP 2 551 844 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels einer mittels einer Antriebsvorrichtung zeitweise antreibbaren und an diese angekoppelten schwingenden Glocke, insbesondere Kirchenglocke.

[0002] Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels, bzw. Schwingwinkels einer schwingenden Glocke sind dem Grunde nach aus der Technik bekannt, siehe z.B. die Dokumente EP 1 094 443 A1 oder EP 1 310 941 A1. Eine an einer Aufhängeeinrichtung, insbesondere einem Glockenjoch aufgehängte Glocke, insbesondere eine Kirchenglocke ist hierbei mit einer Antriebsvorrichtung verbunden, wobei die Antriebsvorrichtung ausgelegt ist, nach dem erfolgten Hochläuten die schwingende Glocke mehr oder weniger gut auf einem vorgegebenen Sollschiwungswinkel zu halten. Als solcher Winkel wird im Allgemeinen der maximale Auslenkwinkel bzw. der maximal gewünschte Auslenkwinkel der um ihre Ruhelage schwingenden Glocke während einer der beiden Glockenschwung-Halbperioden bezeichnet. Im Allgemeinen wird angestrebt, die Glocke gleichmässig zu beiden Seiten schwingen zu lassen, was zur Folge hat, dass der gewünschte Sollschiwungswinkel in die eine der beiden Auslenkrichtungen der Glocke gewöhnlicherweise gleich gross wie der gewünschte Sollschiwungswinkel in die jeweils andere Auslenkrichtung ist.

[0003] Zu diesem Zweck sind herkömmlicherweise Verfahren vorgesehen, in welchen die elektrische Maschine, welche mit der antreibbaren schwingenden Glocke gekoppelt ist, zum Antreiben motorisch und zum Messen als Sensor, vorzugsweise generatorisch, betrieben wird. Auf diese Weise können separate Winkelsensoren, welche beispielsweise den Auslenkwinkel der Glocke oder auch das Erreichen eines vorgegebenen Sollschiwungswinkels detektieren, eingespart werden. Anhand des Amplitudenverlaufes einer oder mehrerer der Generatorphasen der elektrischen Maschine im Generatorbetrieb können dann die Umkehrpunkte der Glockenschwungsperioden bzw. -halbperioden bestimmt werden, da in den Umkehrpunkten, d.h. bei Erreichen des Auslenkwinkels, die Glockengeschwindigkeit null ist.

[0004] Gemäss den herkömmlichen Verfahren zum Steuern oder Regeln des Auslenkwinkels einer Glocke durch Vorgabe eines gewünschten Sollschiwungswinkels ist vorgesehen, nach dem erfolgten Hochläuten bzw. Anfangsläuten der Glocke diese im schwingenden Zustand zu halten, indem die Antriebsvorrichtung, welche mit der aufgehängten Glocke gekoppelt ist, jeweils in einem zeitlichen Bereich in die jeweilige Auslenkrichtung der aktuellen Glockenschwunghalbperiode angetrieben wird, in welchem die schwingende Glocke in etwa ihre Ruhelage passiert. Dieses "Anschwing geben" wird hierbei gemäss dem gängigen herkömmlichen Verfahren an die Glockenparameter sowie die Parameter der Antriebsvorrichtung einmalig angepasst. Zu diesen Parametern zählen insbesondere das Trägheitsmoment der Glocke, das

Motormoment der Antriebsvorrichtung sowie die Glockenmasse und der Aufhängungspunkt der Glocke. Um systembedingten Parameteränderungen insbesondere durch Alterungsprozesse oder Temperatur (Änderung der Systemreibung) wirkungsvoll begegnen zu können, sehen herkömmliche Verfahren vor, die Umkehrpunkte der schwingenden Glocke am Ende einer jeweiligen Halbperiode, d.h. die Zeitpunkte, zu welchen der aktuelle Auslenkwinkel der in die eine wie in die andere Richtung schwingenden Glocke erreicht wird, zu bestimmen.

[0005] Aus der Kenntnis des Zeitabstandes zwischen den jeweiligen maximalen Auslenkwinkeln während einer Halbperiode der Glockenschwungung, d.h. aus der Kenntnis der Auslenkdauer, bzw. Schwingdauer kann bei verhältnismässig kleinen Auslenkwinkeln durch eine annähernd lineare Beziehung unmittelbar auf den aktuellen Auslenkwinkel geschlossen werden. Gemäss den bekannten herkömmlichen Verfahren wird dieser aus der Auslenkdauer bestimmte aktuelle Auslenkwinkel mit einem Sollschiwungswinkel verglichen und über einen Regler entsprechend auf die Antriebsvorrichtung eingewirkt, sodass eventuelle Abweichungen zwischen Soll und Istwerten ausgeglichen werden.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Problemstellung zugrunde, dass diese herkömmliche Bestimmung des aktuellen Auslenkwinkels über die Bestimmung der Auslenkdauer ungenau ist. Die näherungsweise lineare Beziehung zwischen Auslenkdauer und aktuellem Auslenkwinkel geht insbesondere dann in eine nichtlineare Beziehung über, wenn der Auslenkwinkel relativ gross ist. Relativ grosse Auslenkwinkel können sich bei bestimmten Glockenarten, beispielsweise kleineren Glocken unmittelbar durch Vorsehen eines grossen Sollschiwungswinkels (um einen festeren Klöppelschlag erzeugen zu können, vgl. DIN 4178) ergeben; ebenso macht sich eine derartige nichtlineare Beziehung auch störend bemerkbar, wenn während einer Hochläutphase einer grösseren Glocke mit einem relativ grossem Sollschiwungswinkel in der Anfangsphase des Hochläutens der aktuelle Auslenkwinkel während einer Halbperiode naturgemäss noch relativ klein ist.

[0007] Neben der geschilderten Nichtlinearität der Beziehung bei grossen aktuellen Auslenkwinkeln ergibt sich zusätzlich das Problem, dass bei einem Heranziehen der Umkehrpunkte der schwingenden Glocke während einer Halbperiode die genaue Lage dieser Umkehrpunkte nicht zuverlässig bestimmt werden kann. Durch die sehr geringe Geschwindigkeit der Glocke kurz vor oder auch kurz nach einem Wendepunkt ist die Generatorspannung bzw. sind die Generatorspannungen, welche an der als Sensor, vorzugsweise generatorisch, betriebenen elektrischen Maschine abgegriffen werden können, relativ klein. Derartig kleine Spannungsamplituden weisen dann nur noch einen sehr geringen Signal-Rausch-Abstand auf, was die Bestimmung der genauen Lage des Wendepunktes erschwert, zumal die Zuleitungen zu den Motoren i.d.R. lang und damit anfällig gegenüber Störeinflüssen sind. Weiter hinzu kommt das Problem,

dass die im System vorhandene Reibung insbesondere durch Temperaturschwankungen (Änderung der Viskosität der Schmierstoffe von Antriebsketten) und Abnutzungserscheinungen nicht konstant ist, sodass sich (aufgrund des Einflusses der Reibung auf die Auslenkdauer) weitere Ungenauigkeiten beim Bestimmen des Auslenkwinkels ergeben. Ein weiterer Nachteil herkömmlicher Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels ist die zeitliche Verzögerung, die sich zwischen der Auslenkwinkelbestimmung und der Eingriffsmöglichkeit des Reglers ergibt. Da es gemäss den herkömmlichen Verfahren notwendig ist, zwei Umkehrpunkte, nämlich einen zu Beginn der aktuellen Auslenkhalbperiode und einen zum Ende der aktuellen Auslenkhalbperiode in Betracht zu ziehen, ist es nicht möglich, regelnd auf die aktuelle Schwingungshalbperiode, sondern lediglich auf die nächstfolgende einzuwirken.

[0008] Durch die geschilderten Ungenauigkeiten, welche sich bei derartigen herkömmlichen Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels einer Glocke ergeben, kann eine zuverlässige Regelung und insbesondere das Erreichen und Aufrechterhalten des Glockenschwunges eines vorgegebenen oder vorgebbaren Sollschrwingwinkels nicht immer eingehalten werden. Auf Grundlage dieser geschilderten Problemstellung liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels einer schwingenden Glocke sowie eine passende Antriebsvorrichtung anzugeben, welche die Regelgenauigkeit verbessern.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels einer mittels einer Antriebsvorrichtung zeitweise antreibbaren und an diese angekoppelten schwingenden Glocke gemäss den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ausserdem wird die Aufgabe durch eine Antriebsvorrichtung zum geregelten Betreiben einer an die Antriebsvorrichtung angekoppelten Glocke gemäss den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst.

[0010] Die Aufgabe wird insbesondere durch ein Verfahren gelöst, bei welchem zunächst eine elektrische Maschine der Antriebsvorrichtung, welche als Sensor, vorzugsweise generatorisch, und motorisch betreibbar ist, im Generatorbetrieb betrieben wird. Davon ausgehend, dass die Antriebsvorrichtung mit einer bereits schwingenden, an die Antriebsvorrichtung gekoppelten Glocke verbunden ist, wird gemäss dem erfindungsgemässen Verfahren zunächst die Frequenz zumindest einer der an der elektrischen Maschine durch die Pendelbewegung der Glocke erzeugten Generatorspannungen fortlaufend gemessen. Das fortlaufende Messen wird mindestens bis zu einem Zeitpunkt durchgeführt, an welchem ein Maximum der gemessenen Frequenz erreicht ist. Dieses Frequenzmaximum wird bei Durchlauf der Ruhelage der schwingenden Glocke, d.h. im Stillstandspunkt einer ruhenden Glocke erreicht. Auf Grundlage des Frequenzmaximums ist somit die Geschwindigkeit der Glocke im Durchlauf dieser Ruhelage bestimmbar, wobei die Glockengeschwindigkeit bis zu einem Auslenkwinkel

von 60 Grad nahezu direkt proportional zum aktuellen Auslenkwinkel der Glocke ist. Bei grösseren Auslenkwinkeln ist ein Linearisierungsverfahren erforderlich, das aber deutlich weniger komplex als das für die Umrechnung einer Zeitmessung erforderliche ist und das deshalb direkt über eine geschlossene Funktion während des Betriebs berechnet werden kann. Eine direkte Berechnung ist einer tabellengestützten Linearisierung wegen der höheren Auflösung immer überlegen. Nachdem dieser aktuelle Auslenkwinkel der aktuellen Halbperiode des Glockenschwunges bestimmt ist, sieht das erfindungsgemässe Verfahren vor, nachdem die aktuelle Maximalfrequenz der Maschine innerhalb der aktuellen Halbperiode des Glockenschwunges bestimmt ist, einen ersten Korrekturfaktor zu bestimmen. Dieser erste Korrekturfaktor ergibt sich aus der Abweichung des bestimmten aktuellen Auslenkwinkels von einem vorgegebenen oder vorgebbaren Sollschrwingwinkel. Weicht der aktuelle Auslenkwinkel nicht vom vorgegebenen oder vorgebbaren Sollschrwingwinkel ab, so wird der Korrekturfaktor null, und es ist keine Korrektur bzw. kein korrigierender Eingriff in die aktuellen Antriebsparameter vonnöten. Bei Vorliegen einer Abweichung des aktuellen Auslenkwinkels von dem Sollschrwingwinkel wird der erste Korrekturfaktor ungleich null, und aus diesem ersten Korrekturfaktor wird ein Antriebsparameter bestimmt. Gemäss diesem Antriebsparameter wird die elektrische Maschine im Motorbetrieb betrieben, um regelnd in den aktuellen Glockenschwing einzugreifen und die Abweichung zwischen dem aktuellen Auslenkwinkel und dem Sollschrwingwinkel zu kompensieren.

[0011] Die erfindungsgemässe Lösung weist hierbei insbesondere den Vorteil auf, dass aufgrund der deutlich geringeren Nichtlinearität der aktuelle Auslenkwinkel der aktuellen Halbperiode des Glockenschwunges sehr genau bestimmt werden kann, ohne dass die genauen Lagen der Umkehrpunkte des Glockenschwunges hierzu vonnöten sind. Durch die hierdurch verbesserte Genauigkeit ist die Eingriffsmöglichkeit durch den Regler wesentlich schneller und genauer, wodurch insbesondere bei kleinen Auslenkwinkeln, beispielsweise durch Vorgabe eines kleinen Sollschrwingwinkels, eine wesentlich präzisere Auslenkwinkelregelung möglich ist.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0013] Beispielsweise ist es vorgesehen, dass der Antriebsparameter einer Einschaltdauer für den Betrieb der elektrischen Maschine im Motorbetrieb entspricht. Genauso ist es aber auch möglich, diese an eine zeitliche Komponente gebundene Einschaltdauer der elektrischen Maschine im Motorbetrieb an das Überstreichen eines bestimmten Auslenkwinkelbereiches zu koppeln. In beiden Fällen wird durch Änderung der Antriebsparameter in den Antriebsvorgang der Glocke derart regelnd eingegriffen, dass der Antriebszeitraum, welcher in der Regel im Bereich des Durchgangspunktes der Glocke durch die Ruhelage liegt, dem Glockenschwing entsprechend gedehnt oder gekürzt wird, um die Abweichung

des aktuellen Auslenkwinkels vom Sollsprungwinkel zu minimieren. Hierbei ist insbesondere von Vorteil, dass ein derartiger Antriebsparameter durch einfaches Aktivieren bzw. Deaktivieren des Motorbetriebes der elektrischen Maschine umgesetzt werden kann. Gleichzeitig sorgt ein Antreiben der Glocke in dem Bereich ausserhalb ihres Ruhelagendurchgangspunkts mit einem annähernd gleichen Anteil des Antreibens während des fallenden und während des steigenden Bewegungsanteils der Glocke für einen homogenen und ausgeglichenen Antrieb.

[0014] Genauso gut kann aber auch vorgesehen sein, dass der Antriebsparameter ein Abschaltzeitpunkt oder ein Abschaltauslenkwinkel ist, wobei ein derartiger Abschaltzeitpunkt bzw. Abschaltauslenkwinkel den Zeitpunkt für das Beenden des Betriebes der elektrischen Maschine im Motorbetrieb angibt. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn der motorische Antrieb der elektrischen Maschine zeitlich vor dem Erreichen des Durchgangspunktes durch die Ruhelage aktiviert wird, die Glocke dann die Ruhelage durchläuft und dann anhand der gemessenen Maximalfrequenz auf den momentanen Auslenkwinkel der aktuellen Glockenschwunghalbperiode geschlossen wird. In diesem Fall ist es möglich, bereits für die aktuelle Halbperiode des Glockenschwunges dadurch eine Regelmöglichkeit zu schaffen, dass der motorische Antrieb der elektrischen Maschine bereits im aktuellen Glockenschwung je nach Korrekturnotwendigkeit frühzeitiger oder verspäteter als ursprünglich vorgesehen abgeschaltet wird. Hierdurch kann bereits der Auslenkwinkel der aktuellen Glockenhalbperiode an den Sollsprungwinkel angeglichen werden, was die Reglerverzögerung minimiert.

[0015] Genauso gut kann es aber auch vorgesehen sein, dass der Antriebsparameter ein direkter, auf den Motorbetrieb der elektrischen Maschine bezogener Motorparameter ist, wie beispielsweise eine Motorenergie, eine Motorleistung oder ein Motormoment.

[0016] In bevorzugter Weise ist es vorgesehen, dass, während die elektrische Maschine im Generatorbetrieb betrieben wird, eine Maschinenphasenverschiebung zwischen mindestens zwei der Maschinenphasen der an der elektrischen Maschine erzeugten Generatorspannungen bestimmt wird. Da die Phasenlage der Maschinenphasen zueinander bekannt ist, kann anhand der gemessenen Phasenverschiebung die aktuelle Auslenkrichtung der aktuellen Halbperiode des Glockenschwunges aus dem Vorzeichen der Maschinenphasenverschiebung bestimmt werden. Hierdurch ist auf besonders einfache Weise gewährleistet, dass bei einem möglicherweise anschliessenden Korrektureingriff im Motorbetrieb der elektrischen Maschine der Motor in die richtige, d.h. die momentane Glockenschwungrichtung der aktuellen Halbperiode angetrieben wird.

[0017] Um die Reglergenauigkeit weiter zu verbessern, ist es in bevorzugter Weise vorgesehen, dass das erfindungsgemässe Verfahren weiterhin den Verfahrensschritt des Entmagnetisierens der elektrischen Ma-

schine aufweist. Dieser Verfahrensschritt des Entmagnetisierens der elektrischen Maschine wird zeitlich vor dem Betreiben der elektrischen Maschine im Generatorbetrieb ausgeführt und stellt sicher, dass die Messergebnisse, welche die Grundlage für einen korrigierenden Reglereingriff bilden, nicht durch eine eventuell vorhandene Restmagnetisierung des Motors (inhärente Remanenz) verfälscht werden.

[0018] In besonders bevorzugter Weise ist es vorgesehen, dass das Verfahren ferner vorsieht, dass ab dem Zeitpunkt, an welchem das Maximum der gemessenen Frequenz erreicht wurde, die Spannungsperioden mindestens einer der an der elektrischen Maschine erzeugten Generatorspannungen fortlaufend gezählt werden. Dadurch, dass die Übersetzung des Systems (Getriebe) sowie die Polpaarzahl der elektrischen Maschine bekannt sind, kann aufgrund eines solchen Zählvorganges insbesondere ab dem Durchlaufpunkt der Ruhelage der Glocke der momentane Auslenkwinkel dieser Glocke bestimmt werden. Hierdurch ist es besonders einfach möglich, eventuelle, auf einen derartigen momentanen Auslenkwinkel der Glocke bezogene Antriebsparameter, insbesondere zum Festlegen eines Auslenkwinkelbereiches bzw. zum Bestimmen eines Abschaltauslenkwinkels relativ exakt auf einen bestimmten Ausführzeitpunkt zu beziehen.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, dass die aktuelle Klöppelschlagstärke des auf die Glocke treffenden mitschwingenden Klöppels an den momentanen Auslenkwinkel angepasst wird. Hierbei ist es insbesondere vorgesehen, dass eine aktuelle Klöppelschlagstärke mit Hilfe der Geschwindigkeit der Glocke im Ruhelagendurchgangspunkt bestimmt wird und diese aktuelle Klöppelschlagstärke mit einer vorgegebenen oder vorgebbaren Sollklöppelschlagstärke verglichen wird, wobei aus diesem Vergleichsergebnis ein zweiter Korrekturfaktor ermittelt wird. Mit Hilfe dieses zweiten Korrekturfaktors wird anschliessend ein Einschaltzeitpunkt oder ein Einschalt-Auslenkwinkel bestimmt, ab welchem die elektrische Maschine im Motorbetrieb betrieben wird. Es ist insbesondere vorgesehen, die Einschaltdauer der elektrischen Maschine im Motorbetrieb nicht zeitlich symmetrisch um den Ruhelagendurchgangspunkt vorzusehen, sondern den Einschaltzeitpunkt vielmehr entsprechend der gewünschten Sollklöppelschlagstärke zeitlich vorzuziehen, d.h. während der fallenden Bewegung der Glocke einen Grossteil des Einschaltzeitraumes vorzusehen, bzw. umgekehrt den Einschaltzeitpunkt nach hinten zu verschieben, d.h. während der steigenden Bewegung der Glocke vorzusehen. Wird der Einschaltzeitraum der elektrischen Maschine im Motorbetrieb in den Zeitraum der fallenden Bewegung der Glocke vorgezogen, so wird die Klöppelmasse zusätzlich beschleunigt, wodurch sich die Klöppelschlagstärke erhöht. Im Gegenzug sorgt eine zeitliche Verlagerung des Motorantriebes der Glocke in die steigende Bewegung der Glocke hinein dafür, dass die Klöppelmasse relativ zur Glocke abgebremst wird, wodurch sich

die Schlagstärke vermindert. Insbesondere ist hierbei von Vorteil, dass die Klöppelschlagstärke unabhängig von den jeweiligen momentanen Auslenkwinkeln beeinflusst werden kann.

[0020] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, dass der aktuelle Klöppelschlagzeitpunkt bestimmt wird. Ferner wird ein Korrekturfaktor aus der Abweichung des aktuellen Klöppelschlagzeitpunktes von einem vorgegebenen oder vorgebbaren Klöppelschlagzeitpunkt bestimmt. Aus diesem ermittelten Korrekturfaktor wird ein Einschaltzeitpunkt (31) oder ein Einschalt-Auslenkwinkel (30) bestimmt. Ferner wird die Verteilung der Einschaltdauer (20) der elektrischen Maschine über den aktuell möglichen Auslenkwinkel bestimmt. Es besteht ein Vorteil darin, dass die Klöppelschlagstärke unabhängig von den jeweiligen momentanen Auslenkwinkeln beeinflusst werden kann.

[0021] Weiterhin ist zur Verbesserung der Reglergenauigkeit in besonders vorteilhafter Weise vorgesehen, dass die während des Betriebes der elektrischen Maschine im Motorbetrieb anliegende Netzspannung oder der dabei in den Motor fließende Strom zumindest an einer Phase fortlaufend gemessen wird. Anhand dieses Messwertes wird ein dritter Korrekturfaktor aus der Abweichung des gemessenen Netzspannungsverlaufes zu einem Sollnetzspannungsverlauf ermittelt, wobei mit Hilfe dieses dritten Korrekturfaktors der Antriebsparameter dahingehend korrigiert werden kann, dass eventuelle Netzspannungsschwankungen, welche sich in einer Abweichung ausdrücken, wirkungsvoll kompensiert werden. Auch im Falle einer Netzspannungsschwankung ist somit sichergestellt, dass der Auslenkwinkel der Glocke zuverlässig geregelt wird.

[0022] Weiterhin ist eine Antriebsvorrichtung zum geregelten Betreiben einer an diese Antriebsvorrichtung angekoppelten Glocke vorgesehen, wobei die Antriebsvorrichtung eine wechselweise als Sensor, vorzugsweise generatorisch, und motorisch betreibbare elektrische Maschine, vorzugsweise eine Asynchronmaschine, eine Spannungsmesseinrichtung zum Messen des Frequenzverlaufes und/oder zum Messen des Amplitudenverlaufes zumindest einer der an der elektrischen Maschine anliegenden oder erzeugten Spannungen, eine Stelleinrichtung, insbesondere eine Umschalteneinrichtung zum wechselweisen Umschalten der elektrischen Maschine zwischen dem Generatorbetrieb und dem Motorbetrieb, sowie eine Regeleinrichtung zum Ansteuern der Stelleinrichtung in Abhängigkeit eines mittels einer Spannungsmesseinrichtung oder Strommeseinrichtung erhaltenen Messwertes aufweist. Die Spannungsmesseinrichtung einer derartigen erfindungsgemässen Antriebsvorrichtung ist dazu ausgelegt, den erwähnten gemessenen Frequenzverlauf und/oder den Amplitudenverlauf nicht nur während des Generatorbetriebes der elektrischen Maschine, sondern auch während des Motorbetriebes der elektrischen Maschine zu messen. Hierbei ist insbesondere vorteilhaft, dass sich die Umschaltzeit der elektrischen Maschine aus dem Motorbe-

trieb (Antreiben) in den Generatorantrieb (Messen) signifikant verkürzt, da im Gegensatz zu herkömmlichen Antriebsvorrichtungen vor diesem Umschalten erfindungsgemäss nicht sichergestellt werden muss, dass die Spannungsmesseinrichtung vor dem Umschalten in den Generatorbetrieb von den Anschlusspunkten getrennt wird. Eine derartige erfindungsgemässe Antriebsvorrichtung mit einer permanent mitbetriebenen Messeinrichtung kann also in besonders guter Weise dazu verwendet werden, durch eine Reduktion der Reaktionszeit des Reglers die Regelabweichung zu minimieren.

[0023] In besonders vorteilhafter Weise ist hierbei vorgesehen, dass die Spannungsmesseinrichtung mindestens eine Messstromquelle, insbesondere mindestens eine hochohmige Messstromquelle aufweist. Eine derartige hochohmige Messstromquelle ist hierbei dazu ausgelegt, einen Messstrom durch zumindest eine Phase der elektrischen Maschine zu treiben. Dies ist aufgrund der notwendigen Fremderregung insbesondere dann von Nöten, wenn eine Asynchronmaschine zum Einsatz kommt. Durch ein hochohmiges Auslegen der Messstromquelle ist dann sichergestellt, dass auch im Motorbetrieb der elektrischen Maschine ein schadenfreies Mitlaufen der Spannungsmesseinrichtung möglich ist. Beispielsweise kann der Messstrom in eine Phase hinein geleitet und aus zwei Phasen heraus geleitet werden. Alternativ kann der Messstrom in zwei Phasen hinein geleitet und aus einer Phase heraus geleitet werden.

[0024] In besonders bevorzugter Weise ist es vorgesehen, dass die Antriebsvorrichtung weiterhin eine Entmagnetisierungseinrichtung aufweist. Eine derartige Entmagnetisierungseinrichtung dient dazu, die elektrische Maschine von magnetischen Remanenzfeldern (inhärente Remanenz) in kurzer Zeit zu befreien, was eine weitere Erhöhung der Reglergenauigkeit ermöglicht. Als Entmagnetisierungseinrichtung kommen insbesondere elektronische Schalter in Frage, welche selektiv und ansteuerbar einen niederohmigen Abschluss zwischen den jeweiligen Phasen der (vom Netz getrennten) elektrischen Maschine herbeiführen können.

[0025] Ferner kann vorgesehen sein, dass die Antriebsvorrichtung Impedanzsteuerglieder aufweist. Derartige Impedanzsteuerglieder sind ausgelegt, durch eine Impedanzangleichung der Anschlüsse der elektrischen Maschine die mittels der Spannungsmesseinrichtung gemessenen Verläufe an den einzelnen Phasen der elektrischen Maschine aneinander anzugleichen. Hierbei ist insbesondere vorteilhaft, dass die Amplituden der phasenversetzten Signalspannungen im Generatorbetrieb, d.h. während der Messung, angeglichen werden können und somit die Signale besser aufeinander bezogen werden können. Dies erhöht wiederum die Reglergenauigkeit.

[0026] Ferner kann vorgesehen sein, dass die Impedanzsteuerglieder eine Vorrichtung zur Begrenzung der in ihnen entstehenden Verlustleistung während des Motorbetriebes der elektrischen Maschine aufweisen.

[0027] Ausserdem kann vorgesehen sein, dass die

Spannungsmesseinrichtung mindestens ein Trennelement, insbesondere ein galvanisches Trennelement und hierbei vorzugsweise Optokoppler aufweist. Das mindestens eine Trennelement dient dazu, eine (galvanische) Trennung zwischen den Phasen der elektrischen Maschine und der Spannungsmesseinrichtung herzustellen, um die Spannungsmesseinrichtung vor der möglicherweise an der elektrischen Maschine anliegenden Hochspannung zu schützen. Hierbei ist vorgesehen, dass das mindestens eine Trennelement einen einstellbaren Arbeitspunkt und/oder eine einstellbare Verstärkung aufweist, um eine Anpassung der Messparameter zu ermöglichen. Mögliche Nichtlinearitäten des Optokopplers können durch einen zweiten Optokoppler in der Rückkopplungsschleife des Fototransistor-/Empfangskreises ausgeglichen werden. Hierbei kommt ein Servoverstärker für die Linearisierung zum Einsatz. Die Besonderheit dieses Servoverstärkers liegt in der Tatsache begründet, dass der Servoverstärker mit gewöhnlichen Transistor-Optokopplern aufgebaut ist. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass sich der Servoverstärker im Gegensatz zur allgemeinen Praxis auf der Empfängerseite befindet, nicht auf der Senderseite, was insbesondere eine einfache Einrichtung von Abgleichelementen erlaubt.

[0028] In besonders vorteilhafter Weise ist hierbei weiterhin eine Einstelleinrichtung vorgesehen, welche ausgelegt ist, einen derartigen Arbeitspunkt und/oder eine derartige Verstärkung des mindestens einen Trennelementes einzustellen. Die Einstelleinrichtung arbeitet dabei automatisch und ist weiterhin ausgelegt, ein derartiges automatisches Einstellen in Abhängigkeit von einer Messgrösse vorzunehmen, wobei hierbei insbesondere eine Temperaturmessung oder eine Steuerspannungsmessung in Betracht kommt. Auf diese Weise können Temperatureinflüsse, wie beispielsweise der temperaturabhängige Motorinnenwiderstand oder das Signalverhalten der temperaturabhängigen signalaufbereitenden Elemente wirkungsvoll kompensiert werden.

[0029] Im Folgenden werden das erfindungsgemässe Verfahren sowie die erfindungsgemässe Antriebsvorrichtung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer schwingenden Glocke, welche gemäss dem erfindungsgemässen Verfahren angetrieben wird, bei Erreichen ihres Auslenkwinkels;

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer schwingenden Glocke ähnlich Fig. 1, wobei die Glocke einen momentanen Auslenkwinkel erreicht hat, welcher noch nicht ihrem Auslenkwinkel entspricht;

Fig. 3 ein Diagramm, welches den Verlauf des Auslenkwinkels der Glocke über der Zeit darstellt;

Fig. 4 ein Frequenz-Zeit-Diagramm des Frequenz-

verlaufes einer Generatorspannung während des Glockenschwunges;

Fig. 5 den Amplitudenverlauf über der Zeit an den Klemmen der elektrischen Maschine mit einer entsprechenden Phasenverschiebung zueinander;

Fig. 6 den Amplitudenverlauf einer der drei Netzphasen sowie den Sollnetzspannungsverlauf dieser Phase;

Fig. 7 ein Logikdiagramm über der Zeit zum Verdeutlichen der Betriebszustände der elektrischen Maschine; und

Fig. 8 ein Blockschaltbild der erfindungsgemässen Antriebsvorrichtung.

[0030] Fig. 1 zeigt schematisch eine in einem Aufhängpunkt A aufgehängte Glocke 10. Ein Bezugspunkt M auf der Glocke definiert die Auslenkung bzw. den Auslenkwinkel 14 der schwingenden Glocke gegenüber einem Lot B. Das Lot B kennzeichnet dementsprechend die Ruhelage der Glocke 10, wenn sie nicht schwingt und verläuft somit durch den Ruhelagendurchgangspunkt bzw. Nulllagendurchgangspunkt der Glocke 10. Der Glockenbezugspunkt M stellt hierbei einen gewählten Bezugspunkt dar und liegt auf der Symmetrieachse des Glockenkörpers.

[0031] Wie in Fig. 1 gezeigt, hat die dort dargestellte schwingende Glocke 10 ihren Umkehrpunkt erreicht, sodass der Auslenkwinkel $\varphi(t)$ 14 zwischen dem Lot B und einer durch den Aufhängpunkt A und den Glockenbezugspunkt M gehenden Achse mit dem Auslenkwinkel $\varphi(p)$ 12 zusammenfällt. Der Sollschrungswinkel $\varphi(p)_{\text{soll}}$ 13, welcher durch Regelung des Auslenkwinkels 12 der Glocke erreicht werden soll, weicht bei dem in Fig. 1 gezeigten Schwingungszustand der Glocke 10 vom Auslenkwinkel $\varphi(p)$ 12 ab.

[0032] In Fig. 2 ist eine schwingende Glocke 10 ähnlich der schwingenden Glocke aus Fig. 1 dargestellt, wobei in diesem Fall der Auslenkwinkel $\varphi(p)$ 12 und der Auslenkwinkel $\varphi(t)$ 14 der Glocke 10 nicht zusammenfallen. Folglich befindet sich die in Fig. 2 dargestellte schwingende Glocke 10 nicht in ihrem Umkehrpunkt, sondern wird diesen Umkehrpunkt in Auslenkwinkel $\varphi(p)$ 12 erst noch erreichen, was durch den die Schwungrichtung 15 bezeichnenden Pfeil angedeutet ist. Nachdem sich nach dem Erreichen des Umkehrpunktes, d.h. des Auslenkwinkels $\varphi(p)$ 12 die Auslenkringung 15 umgekehrt haben wird, durchquert die schwingende Glocke in der darauffolgenden Halbperiode ihres Schwunges ihren Nulldurchgangspunkt bzw. Ruhelagenpunkt, welcher mit dem Lot B zusammenfällt und wird in die entsprechend andere Richtung, in Fig. 2 also schematisch links vom Lot liegend, ausgelenkt. In diesem Fall kehren sich somit die Vorzeichen der jeweiligen Winkel bzw. Richtungen,

wie Sollschwingwinkel $\varphi(p)_{\text{soll}}$ 13 oder Auslenkrichtung 15, um.

[0033] Fig. 3 zeigt ein Verlaufsdiagramm des Auslenkwinkels $\varphi(t)$ 14 einer schwingenden Glocke 10 gemäss der Fig. 1 oder 2 über der Zeit. In Fig. 3 beschreibt der Glockenschwung, d.h. das Diagramm des Auslenkwinkels $\varphi(t)$ 14 über der Zeit einen annähernd sinusförmigen Verlauf. Der betragsmässig jeweils maximal erreichte Auslenkwinkel $\varphi(t)$ 14 entspricht, wie in Fig. 3 gezeigt, dem Auslenkwinkel 12. Bei Erreichen des Auslenkwinkels 12 jeweils in der einen oder in der anderen Auslenkrichtung, bezogen auf das Lot B, liegt ein Umkehrpunkt, d.h. ein Zustand minimaler Auslenkgeschwindigkeit der Glocke 10 vor. Der Schwung von einem Umkehrpunkt zu dem nächsten Umkehrpunkt mit entgegengesetztem Vorzeichen beschreiben die Halbperioden 16 und 17 des Schwunges der Glocke 10.

[0034] In Fig. 4 ist der Frequenzverlauf 111 einer der Maschinenphasen der elektrischen Maschine 110 in Fig. 8 über der Zeit gezeigt. Wenn die Glocke 10 ihren Ruhelagenpunkt zwischen zwei Umkehrpunkten, d.h. während einer Halbperiode 16 durchläuft, erreicht sie in diesem Ruhelagendurchgangspunkt ihre höchste Geschwindigkeit für die aktuelle Halbperiode 16. In diesem Punkt wird an den Generatorklemmen der an die schwingende Glocke angekoppelten elektrischen Maschine die höchste Frequenz der induzierten Spannungen gemessen, da in Bezug auf die aktuelle Halbperiode 16 des Glockenschwunges auch die elektrische Maschine 110 zu diesem Zeitpunkt mit ihrer höchsten Geschwindigkeit angetrieben wird. Das Maximum 113 der Frequenz 111 fällt also mit dem Zeitpunkt zusammen, in welchem die Glocke ihren Nulldurchgangspunkt durchläuft. Aus dem Wert dieses Frequenzmaximums 113 lässt sich wiederum die Glockengeschwindigkeit der Glocke 10 bestimmen, welche bei bekannten weiteren Glockenparametern nahezu direkt proportional zum Auslenkwinkel 12 ist, wodurch sich ohne das Vorsehen von Winkelsensoren der Auslenkwinkel 12 aus dieser Messung der Frequenz 111 ableiten lässt.

[0035] In Fig. 5 ist der Amplitudenverlauf 112 der ersten Maschinenphase U, der zweiten Maschinenphase V, sowie der dritten Maschinenphase W während des Schwingens einer Glocke 10, welche mit der elektrischen Maschine 110 verbunden ist, dargestellt. Sowohl die Frequenz 111 als auch die Amplitude 112 der jeweiligen Maschinenphasen U, V, W nehmen im Verlauf eines Glockenschwunges, d.h. von einem Umkehrpunkt bis zum Durchgangspunkt der Ruhelage zu. Anschliessend nehmen sie bis zum Erreichen des Umkehrpunktes entgegengesetzten Vorzeichens wieder ab. Aus dem Vorzeichen der Phasenverschiebung 114 zwischen zwei beispielhaft gewählten Maschinenphasen der Maschinenphasen U, V, W kann die Auslenkrichtung 15 der Glocke 10 ermittelt werden.

[0036] Fig. 6 zeigt den Sollnetzspannungsverlauf einer beispielhaft gewählten ersten Netzphase L1 von Netzphasen L1, L2, L3 sowie einen tatsächlich gemessenen

Netzspannungsverlauf 190 dieser Netzphase L1.

[0037] Fig. 7 zeigt ein Logikdiagramm, welches darstellt, wann die elektrische Maschine 110 im Motorbetrieb betrieben wird. Zwischen einem Einschaltzeitpunkt 31 entsprechend dem Einschalt-Auslenkwinkel 30 in Fig. 3 und einem Abschaltzeitpunkt 21 entsprechend dem Abschalt-Auslenkwinkel 23 befindet sich die elektrische Maschine 110 über die Einschaltdauer 20 im Motorbetrieb.

[0038] Fig. 8 zeigt das Blockschaltbild einer erfindungsgemässen Antriebsvorrichtung 100 zum geregelten Betreiben einer an dieser Antriebsvorrichtung 100 angekoppelten, nicht dargestellten Glocke 10. Die Antriebsvorrichtung 100 weist hierbei eine elektrische Maschine 110 auf, welche vorzugsweise eine Asynchronmaschine ist und wechselweise als Sensor, vorzugsweise generatorisch, und motorisch betrieben werden kann. Weiterhin ist eine Spannungsmesseinrichtung 130 vorgesehen, welche an mindestens eine, im dargestellten Blockschaltbild gemäss Fig. 8 an alle drei Phasen der elektrischen Maschine 110, angeschlossen ist und ausgelegt ist, einen Frequenzverlauf und/oder einen Amplitudenverlauf der jeweiligen Maschinenphasen U, V, W der elektrischen Maschine 110 bzw. der jeweiligen Netzphasen L1, L2, L3 des Netzes zu messen. Weiterhin ist eine Umschalteneinrichtung 151 vorgesehen, welche dem Anschalten der elektrischen Maschine 110 an das bzw. dem Trennen der elektrischen Maschine 110 vom Versorgungsnetz, d.h. den Netzphasen L1, L2, L3 dient. Hierdurch wird zwischen dem Generatorbetrieb und dem Motorbetrieb der elektrischen Maschine 110 umgeschaltet.

[0039] Weiterhin ist eine Regeleinrichtung 180 vorgesehen, welche die Umschalteneinrichtung 151 oder auch eine genereller ausgebildete Stelleinrichtung 150 in Abhängigkeit eines mittels der Spannungsmesseinrichtung 130 oder einer Strommeseinrichtung erhaltenen Messwertes ansteuert.

[0040] Wie im Blockschaltbild gemäss Fig. 8 gezeigt, ist die Spannungsmesseinrichtung 130 ständig mitlaufend ausgebildet, d.h. sie wird nicht von den Klemmen der elektrischen Maschine 110 getrennt, wenn die elektrische Maschine 110 an die Netzphasen L1, L2, L3 angekoppelt wird.

[0041] Wenn die Stelleinrichtung 150, im Blockschaltbild gemäss Fig. 8 also die Umschalteneinrichtung 151, die Netzphasen L1, L2, L3 von den Maschinenphasen U, V, W getrennt hat und die elektrische Maschine 110 im Generatorbetrieb betrieben werden soll, ist es insbesondere bei einer Asynchronmaschine erforderlich, mindestens eine Motorphase mit einer Erregerspannung zu beaufschlagen. In dem Blockschaltbild der erfindungsgemässen Antriebsvorrichtung 100 gemäss Fig. 8 ist zu diesem Zweck eine Messstromquelle 131 vorgesehen, welche hochohmig ausgebildet ist. Diese hochohmige Messstromquelle 131 treibt einen Messstrom 135 im dargestellten Ausführungsbeispiel durch die dritte Maschinenphase W der elektrischen Maschine 110.

[0042] Weiterhin ist eine Entmagnetisierungseinrich-

tung 170 vorgesehen, welche schaltbar und selektiv zum Zwecke des Entmagnetisierens der elektrischen Maschine 110 ein niederohmiges Belasten der jeweiligen Phasen der elektrischen Maschine 110 erlaubt, um eine Remanenzmagnetisierung zu entfernen und somit die Messung des Spannungsverlaufes zu verbessern.

[0043] Die Antriebsvorrichtung 100 weist im dargestellten Ausführungsbeispiel gemäss dem Blockschaltbild aus Fig. 8 weiterhin Impedanzsteuerglieder 132 auf. Hierdurch ist sichergestellt, dass die mittels der Spannungsmesseinrichtung 130 gemessenen Spannungsverläufe an den einzelnen Phasen U, V, W der elektrischen Maschine 110 aneinander angeglichen werden und eine Vergleichbarkeit der Spannungsamplituden der induzierten Spannungen gewährleistet ist.

[0044] Die Antriebsvorrichtung 100 gemäss Blockschaltbild 8 weist weiterhin galvanische Trennelemente 133, im gezeigten Ausführungsbeispiel in Gestalt von Optokopplern, auf. Die Trennelemente 133, d.h. die Optokoppler, sind sekundärseitig mit Signalverstärkern ausgestattet. Hierdurch sind der Arbeitspunkt und/oder die Verstärkung der Trennelemente 133 einstellbar.

[0045] Zum Zwecke einer automatischen Einstellung der Arbeitspunkte bzw. Verstärkungen der Trennelemente 133, weist die erfindungsgemässe Antriebsvorrichtung 100 gemäss dem in Fig. 8 gezeigten Ausführungsbeispiel eine Einstelleinrichtung 134 auf, welche es ermöglicht, in Abhängigkeit von einer Messung, beispielsweise einer Temperaturmessung oder einer Steuerspannungsmessung, einen automatischen Abgleich, d.h. ein automatisches Einstellen der Arbeitspunkte bzw. der Verstärkungen der Trennelemente 133 vorzunehmen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln des Auslenkwinkels (12) einer mittels einer Antriebsvorrichtung (100) zeitweise antreibbaren und an diese angekoppelten schwingenden Glocke (10), wobei die Antriebsvorrichtung (100) eine elektrische Maschine (110) aufweist, wobei die elektrische Maschine (110) gemäss den Verfahrensschritten wechselweise als Sensor und motorisch betreibbar ist, wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

- Betreiben der elektrischen Maschine (110) im Generatorbetrieb;
- Fortlaufendes Messen der Frequenz (111) zumindest einer der an der elektrischen Maschine (110) durch die Pendelbewegung der Glocke (10) erzeugten Generatorspannungen mindestens bis zu einem Zeitpunkt, an welchem ein Maximum (113) der gemessenen Frequenz erreicht ist;
- Bestimmen der Glockengeschwindigkeit im Ruhelagendurchgangspunkt der Glocke aus

dem Maximum (113) der gemessenen Frequenz;

- Bestimmen des aktuellen Auslenkwinkels (12) der aktuellen Halbperiode (16, 17) des Glockenschwunges aus der Glockengeschwindigkeit im Ruhelagendurchgangspunkt der Glocke;
- Bestimmen der aktuellen Auslenkrichtung (15) der aktuellen Halbperiode (16, 17) des Glockenschwunges;
- Bestimmen eines ersten Korrekturfaktors aus der Abweichung des aktuellen Auslenkwinkels (12) von einem vorgegebenen oder vorgebbaren Sollschwungwinkel (13);
- Bestimmen eines Antriebsparameters aus dem ersten Korrekturfaktor; und
- Betreiben der elektrischen Maschine (110) gemäss dem Antriebsparameter im Motorbetrieb.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Antriebsparameter eine Einschaltdauer (20) oder ein Auslenkwinkelbereich (22) für den Betrieb der elektrischen Maschine (110) im Motorbetrieb ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Antriebsparameter ein Abschaltzeitpunkt (21) oder ein Abschaltauslenkwinkel (23) für das Beenden des Betriebes der elektrischen Maschine (110) im Motorbetrieb ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Antriebsparameter ein Motorparameter, insbesondere eine Motorenergie, eine Motorleistung oder ein Motormoment für den Betrieb der elektrischen Maschine im Motorbetrieb ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Verfahren weiterhin den folgenden Verfahrensschritt aufweist:

während des Betriebes der elektrischen Maschine (110) im Generatorbetrieb, Bestimmen einer Maschinenphasenverschiebung (114) zwischen mindestens zwei der Maschinenphasen U, V, W der an der elektrischen Maschine (110) erzeugten Generatorspannungen, und wobei im Verfahrensschritt des Bestimmens der aktuellen Auslenkrichtung (15) der aktuellen Halbperiode (16, 17) des Glockenschwunges die aktuelle Auslenkrichtung (15) aus dem Vorzeichen der Maschinenphasenverschiebung (114) bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Verfahren weiterhin den Verfahrensschritt des Entmagnetisierens der elektrischen Maschine (110) aufweist, wobei dieser Verfahrensschritt des

Entmagnetisierens zeitlich vor dem Betreiben der elektrischen Maschine (110) im Generatorbetrieb ausgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Verfahren weiterhin die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

ab dem Zeitpunkt, an welchem das Maximum (113) der gemessenen Frequenz (111) erreicht ist, fortlaufendes Zählen der Spannungsperioden (116) oder von Teilen davon an mindestens einer der an der elektrischen Maschine (110) durch die Pendelbewegung der Glocke (10) erzeugten Generatorspannungen; fortlaufendes Bestimmen des momentanen Auslenkwinkels (14) der Glocke (10).

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Verfahren weiterhin die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

Bestimmen einer aktuellen Klöppelschlagstärke;
Bestimmen eines zweiten Korrekturfaktors aus der Abweichung der aktuellen Klöppelschlagstärke von einer vorgegeben oder vorgebbaren Sollklöppelschlagstärke;
Bestimmen eines Einschaltzeitpunktes (31) oder eines Einschalt-Auslenkwinkels (30) aus dem zweiten Korrekturfaktor;
Betreiben der elektrischen Maschine (110) im Motorbetrieb ab dem Einschaltzeitpunkt (31) oder bis zu dem Einschalt-Auslenkwinkel (30).

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Verfahren weiterhin die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

Bestimmen des aktuellen Klöppelschlagzeitpunktes;
Bestimmen eines Korrekturfaktors aus der Abweichung des aktuellen Klöppelschlagzeitpunktes von einem vorgegebenen oder vorgebbaren Klöppelschlagzeitpunkt;
Bestimmen eines Einschaltzeitpunktes (31) oder eines Einschalt-Auslenkwinkels (30) aus dem ermittelten Korrekturfaktor; und
Bestimmen der Verteilung der Einschaltdauer (20) der elektrischen Maschine über den aktuell möglichen Auslenkwinkel.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Verfahren weiterhin die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

fortlaufendes bzw. intermittierendes Messen der an zumindest einem der Anschlüsse der

elektrischen Maschine (110) während des Betriebens im Motorbetrieb anliegenden Netzspannungen (190) bzw. der in den Motor fließenden Ströme;

Bestimmen eines dritten Korrekturfaktors aus der Abweichung des gemessenen Verlaufes der Netzspannungen (190) bzw. der in den Motor fließenden Ströme zu einem Sollnetzspannungsverlauf (191) bzw. einem Sollstromverlauf;
Korrigieren des Antriebsparameters gemäß dem dritten Korrekturfaktor.

11. Antriebsvorrichtung (100) zum geregelten Betreiben einer an die Antriebsvorrichtung (100) angekoppelten Glocke (10), wobei die Antriebsvorrichtung (100) folgendes aufweist:

eine wechselweise als Sensor und motorisch betreibbare elektrische Maschine (110);
eine Spannungsmesseinrichtung (130) zum Messen des Frequenzverlaufes (111) und/oder zum Messen des Amplitudenverlaufes (112) zumindest einer der an der elektrischen Maschine (110) anliegenden oder erzeugten Spannungen;
eine Stelleinrichtung (150);
eine Regeleinrichtung (180) zum Ansteuern der Stelleinrichtung (150) in Abhängigkeit eines mittels der Spannungsmesseinrichtung (130) erhaltenen Messwertes bezüglich des Auslenkungswinkels (15) der aktuellen Halbperiode (16, 17) des Glockenschwungs, wobei die Spannungsmesseinrichtung (130) ausgelegt ist, den Frequenzverlauf (111) und/oder den Amplitudenverlauf (112) sowohl während des Generatorbetriebes als auch während des Motorbetriebes der elektrischen Maschine (110) zu messen; aus dem Maximum der gemessenen Frequenz die Glockengeschwindigkeit im Ruhelagendurchgangspunkt der Glocke zu ermitteln; und aus der Glockengeschwindigkeit im Ruhelagendurchgangspunkt der Glocke den aktuellen Auslenkungswinkel (15) der aktuellen Halbperiode (16, 17) des Glockenschwungs zu bestimmen.

12. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 11, wobei die Spannungsmesseinrichtung (130) ferner mindestens eine Messstromquelle (131), insbesondere mindestens eine hochohmige Messstromquelle (131) aufweist, wobei die mindestens eine Messstromquelle (131) ausgelegt ist, einen Messstrom (135) durch zumindest eine Phase U, V, W der elektrischen Maschine (110) zu treiben.

13. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 11 oder

12,
wobei die Antriebsvorrichtung (100) weiterhin eine Entmagnetisierungseinrichtung (170) zum Entmagnetisieren der elektrischen Maschine (110) aufweist.

14. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
wobei die Antriebsvorrichtung (100) ferner Impedanzsteuerglieder (132) aufweist, welche ausgelegt sind, durch Impedanzangleichung von Anschlüssen (115) der elektrischen Maschine (110) die mittels der Spannungsmesseinrichtung (130) gemessenen Verläufe an den einzelnen Phasen U, V, W der elektrischen Maschine (110) aneinander anzugleichen.

15. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 14,
wobei die Impedanzsteuerglieder (132) eine Vorrichtung zur Begrenzung der in ihnen entstehenden Verlustleistung während des Motorbetriebs der elektrischen Maschine (110) aufweisen.

16. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 11 bis 15,
wobei die Spannungsmesseinrichtung (130) mindestens ein Trennelement (133), insbesondere ein galvanisches Trennelement, vorzugsweise in Form eines Optokopplers aufweist, und
wobei das mindestens eine Trennelement (133) in seinem Arbeitspunkt und/oder in seiner Verstärkung einstellbar ausgebildet ist.

17. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 16,
wobei eine Einstelleinrichtung (134) zum Einstellen des Arbeitspunktes und/oder zum Einstellen der Verstärkung des mindestens einen Trennelementes (133) vorgesehen ist, und wobei die Einstelleinrichtung (134) ausgelegt ist, das Einstellen in Abhängigkeit von einer Messung, insbesondere Temperaturmessung oder Steuerspannungsmessung automatisch vorzunehmen.

Claims

1. A method for regulating the deflection angle (12) of an oscillating bell (10) that can be intermittently driven by a drive device (100) and is coupled thereto, wherein the drive device (100) exhibits an electric machine (110), wherein the electric machine (110) can be alternately operated as a sensor and motor according to the procedural steps, wherein the method exhibits the following procedural steps:

- Operating the electric machine (110) in the generator mode;
- Continuously measuring the frequency (111) of at least one of the generator voltages generated on the electric machine (110) by the pen-

dular motion of the bell (10), at least to a point where a maximum (113) has been reached for the measured frequency;

- Determining the bell speed at the point where the bell passes through the rest position based on the maximum (113) for the measured frequency;

- Determining the current deflection angle (12) of the current half-period (16, 17) of the bell swing based on the bell speed at the point where the bell passes through the rest position;

- Determining the current deflection direction (15) of the current half-period (16, 17) of the bell swing;

- Determining a first correction factor based on the deviation by the current deflection angle (12) from a prescribed or prescribable desired oscillating angle (13);

- Determining a drive parameter based on the first correction factor; and

- Operating the electric machine (110) according to the drive parameters in the motor operating mode.

2. The method according to claim 1, wherein the drive parameter is a duty cycle (20) or deflection angle range (22) for operating the electric machine (110) in the motor operating mode.

3. The method according to claim 1, wherein the drive parameter is a turn-off time (21) or turn-off deflection angle (23) for ending the operation of the electric machine (110) in the motor operating mode.

4. The method according to claim 1, wherein the drive parameter is a motor parameter, in particular a motor energy, motor power or motor torque for operating the electric machine in the motor operating mode.

5. The method according to one of claims 1 to 4, wherein the method further exhibits the following procedural step:

while the electric machine (110) is operating in the generator operating mode,
determining a machine phase shift (114) between at least two of the machine phases U, V, W of the generator voltages generated on the electric machine (110),
and wherein the current deflection direction (15) is determined based on the sign of the machine phase shift (114) in the procedural step of determining the current deflection direction (15) of the current half-period (16, 17) of the bell swing.

6. The method according to one of claims 1 to 5,

wherein the method further exhibits the procedural step of demagnetizing the electric machine (110), wherein this procedural step of demagnetization chronologically precedes operating the electric machine (110) in the generator operating mode.

7. The method according to one of claims 1 to 6, wherein the method further exhibits the following procedural steps:

Starting at the point where the maximum (113) for the measured frequency (111) has been reached, continuously counting the voltage periods (116) or portions thereof on at least one of the generator voltages generated on the electric machine (110) by the pendular motion of the bell (10); continuously determining the instantaneous deflection angle (14) of the bell (10).

8. The method according to one of claims 1 to 7, wherein the method further exhibits the following procedural steps:

Determining a current clapper impact force; determining a second correction factor based on the deviation by the current clapper impact force from a prescribed or prescribable desired clapper impact force; determining a switch-on time (31) or switch-on deflection angle (30) based on the second correction factor; operating the electric machine (110) in the motor operating mode starting at the switch-on time (31) or up to the switch-on deflection angle (30).

9. The method according to one of claims 1 to 7, wherein the method further exhibits the following procedural steps:

Determining the current clapper impact time; determining a correction factor based on the deviation by the current clapper impact time from a prescribed or prescribable clapper impact time; determining a switch-on time (31) or switch-on deflection angle (30) based on the determined correction factor; and determining the distribution of the duty cycle (20) of the electric machine over the currently possible deflection angle.

10. The method according to one of claims 1 to 9, wherein the method further exhibits the following procedural steps:

continuously or intermittently measuring the mains voltages (190) applied to at least one of

the terminals of the electric machine (110) during operation in the motor operating mode or the currents flowing in the motor; determining a third correction factor based on the deviation by the measured progression of mains voltages (190) or currents flowing in the motor for a desired mains voltage progression (191) or a desired current progression; correcting the drive parameter according to the third correction factor.

11. A drive device (100) for regulated operation of a bell (10) coupled to the drive device (100), wherein the drive device (100) exhibits the following:

an electric machine (110) that can alternately operate as a sensor and motor; a voltage measuring device (130) for measuring the frequency progression (111) and/or for measuring the amplitude progression (112) of at least one of the voltages applied to or generated on the electric machine (110); a control device (150); a regulating device (180) for actuating the control device (150) as a function of a measured value obtained by the voltage measuring device (130) in relation to the deflection angle (15) of the current half-period (16, 17) of the bell swing, wherein the voltage measuring device (130) is configured in such a way as to measure the frequency progression (111) and/or amplitude progression (112) both in the generator operating mode and in the motor operating mode of the electric machine (110); determine the bell speed at the point where the bell passes through the rest position based on the maximum for the measured frequency; and determine the current deflection angle (15) of the current half-period (16, 17) of the bell swing based on the bell speed at the point where the bell passes through the rest position.

12. The drive device (100) according to claim 11, wherein the voltage measuring device (130) further exhibits at least one measuring current source (131), in particular at least one high-impedance measuring current source (131), wherein the at least one measuring current source (131) is configured to drive a measuring current (135) through at least one phase U, V, W of the electric machine (110).

13. The drive device (100) according to claim 11 or 12, wherein the drive device (100) further exhibits a demagnetizer (170) for demagnetizing the electric machine (110).

14. The drive device (100) according to one of claims 11

to 13,
wherein the drive device (100) further exhibits impedance control elements (132) configured to match the progressions measured with the voltage measuring device (130) on the individual phases U, V, W of the electric machine (110) to each other by matching the impedance of terminals (115) of the electric machine (110).

15. The drive device (100) according to claim 14,
wherein the impedance control elements (132) exhibit a device for limiting the power loss arising therein with the electric machine (110) in the motor operating mode.

16. The drive device (100) according to one of claims 11 to 15,
wherein the voltage measuring device (130) exhibits at least one separating element (133), in particular a galvanic separating element, preferably in the form of an optical coupler, and
wherein the at least one separating element (133) can be adjusted in terms of its operating point and/or reinforcement.

17. The drive device (100) according to claim 16,
wherein an adjustment device (134) is provided for adjusting the operating point and/or for adjusting the gain of the at least one separating element (133), and wherein the adjustment device (134) is configured to automatically perform the adjustment as a function of a measurement, in particular a temperature measurement or control voltage measurement.

Revendications

1. Procédé pour régler l'angle de déviation (12) d'une cloche (10) oscillante pouvant être entraînée de façon intermittente à l'aide d'un dispositif d'entraînement (100) et couplée à celui-ci, le dispositif d'entraînement (100) présentant une machine électrique (110), la machine électrique (110) pouvant être exploitée tour à tour en tant que capteur et de manière motorisée conformément aux étapes du procédé, le procédé comprenant les étapes suivantes du procédé :

- exploitation de la machine électrique (110) en mode générateur ;
- mesure en continu de la fréquence (111) d'au moins l'une des tensions de générateur générées au niveau de la machine électrique (110) par le mouvement pendulaire de la cloche (10) au moins jusqu'à un moment où un maximum (113) de la fréquence mesurée est atteint ;
- détermination de la vitesse de la cloche au point de passage par la position de repos de la

cloche à partir du maximum (113) de la fréquence mesurée ;

- détermination de l'angle de déviation (12) actuel de la demi-période actuelle (16, 17) de la volée de la cloche à partir de la vitesse de la cloche au point de passage par la position de repos de la cloche ;
- détermination de la direction de déviation (15) actuelle de la demi-période (16, 17) actuelle de la volée de la cloche ;
- détermination d'un premier facteur de correction d'après la divergence entre l'angle de déviation (12) actuel et un angle de volée de consigne (13) prescrit ou prescriptible ;
- détermination d'un paramètre d'entraînement à partir du premier facteur de correction ; et
- exploitation de la machine électrique (110) conformément au paramètre d'entraînement en mode moteur.

2. Procédé selon la revendication 1,
dans lequel le paramètre d'entraînement est une durée de mise en marche (20) ou une plage d'angles de déviation (22) pour l'exploitation de la machine électrique (110) en mode moteur.

3. Procédé selon la revendication 1,
dans lequel le paramètre d'entraînement est un moment d'arrêt (21) ou un angle de déviation d'arrêt (23) pour mettre fin au fonctionnement de la machine électrique (110) en mode moteur.

4. Procédé selon la revendication 1,
dans lequel le paramètre d'entraînement est un paramètre de moteur, en particulier une énergie du moteur, une puissance du moteur ou un couple moteur pour l'exploitation de la machine électrique en mode moteur.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le procédé comprend en outre l'étape suivante du procédé :

pendant l'exploitation de la machine électrique (110) en mode générateur,
détermination d'un décalage de phase de machine (114) entre au moins deux des phases de machine U, V, W des tensions de générateur générées au niveau de la machine électrique (110),
et dans lequel, lors de l'étape du procédé consistant à déterminer la direction de déviation (15) actuelle de la demi-période (16, 17) actuelle de la volée de la cloche, la direction de déviation (15) est déterminée à partir du sens du décalage de phase de la machine (114).

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5,

dans lequel le procédé présente en outre l'étape du procédé consistant à démagnétiser la machine électrique (110), moyennant quoi cette étape du procédé consistant à démagnétiser est réalisée temporellement avant l'exploitation de la machine électrique (110) en mode générateur.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le procédé comprend en outre les étapes suivantes du procédé :

à partir du moment où le maximum (113) de la fréquence (111) mesurée est atteint, comptage en continu des périodes de tension (116) ou de parties de celles-ci au niveau d'au moins l'une des tensions de générateur générées au niveau de la machine électrique (110) du fait du mouvement pendulaire de la cloche (10) ;
détermination en continu de l'angle de déviation (14) momentané de la cloche (10).

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le procédé comprend en outre les étapes suivantes du procédé ;
détermination d'une force de percussion de battant de cloche actuelle ;
détermination d'un deuxième facteur de correction à partir de la divergence entre la force de percussion du battant de cloche actuelle et une force de percussion du battant de cloche de consigne prescrite ou prescriptible ;
détermination d'un moment de mise en marche (31) ou d'un angle de déviation de mise en marche (30) à partir du deuxième facteur de correction :
exploitation de la machine électrique (110) en mode moteur à partir du moment de la mise en marche (31) ou bien jusqu'à l'angle de déviation de mise en marche (30).

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le procédé comprend en outre les étapes suivantes du procédé :

détermination du moment de percussion du battant de cloche actuel ;
détermination d'un facteur de correction à partir de la divergence entre le moment de percussion du battant de cloche actuel et un moment de percussion du battant de cloche prescrit ou prescriptible ;
détermination d'un moment de mise en marche (31) ou d'un angle de déviation de mise en marche (30) à partir du facteur de correction déterminé ; et
détermination de la répartition de la durée de mise en marche (20) de la machine électrique sur l'angle de déviation actuellement possible.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le procédé comprend en outre les étapes suivantes du procédé :

mesure en continu, ou de façon intermittente, des tensions du secteur (190) appliquées à au moins l'une des bornes de la machine électrique (110) pendant l'exploitation en mode moteur, ou des courants circulant dans le moteur ;
détermination d'un troisième facteur de correction à partir de la divergence entre la variation mesurée des tensions du secteur (190) ou des courants circulant dans le moteur et une variation de tension du secteur de consigne (191) ou une variation de courant de consigne ;
correction des paramètres d'entraînement conformément au troisième facteur de correction.

11. Dispositif d'entraînement (100) pour l'exploitation régulée d'une cloche (10) couplée au dispositif d'entraînement (100), le dispositif d'entraînement (100) présentant ce qui suit :

une machine électrique (110) pouvant être exploitée tour à tour en tant que capteur et de manière motorisée ;
un dispositif de mesure de tension (130) pour mesurer la variation de fréquence (111) et/ou pour mesurer la variation d'amplitude (112) d'au moins l'une des tensions appliquée à la machine électrique (110) ou générée au niveau de celle-ci ;
un dispositif de commande (150) ;
un dispositif de réglage (180) pour la commande du dispositif de commande (150) en fonction d'une valeur de mesure obtenue à l'aide du dispositif de mesure de tension (130) concernant l'angle de déviation (15) de la demi-période (16, 17) actuelle de la volée de la cloche, le dispositif de mesure de tension (130) étant étudié pour mesurer la variation de la fréquence (111) et/ou la variation de l'amplitude (112) pendant le mode générateur tout comme également le mode moteur de la machine électrique (110) ;
pour déterminer, à partir du maximum de la fréquence mesurée, la vitesse de la cloche au point de passage par la position de repos de la cloche ; et pour déterminer, à partir de la vitesse de la cloche au point de passage par la position de repos de la cloche, l'angle de déviation (15) actuel de la demi-période (16, 17) actuelle de la volée de la cloche.

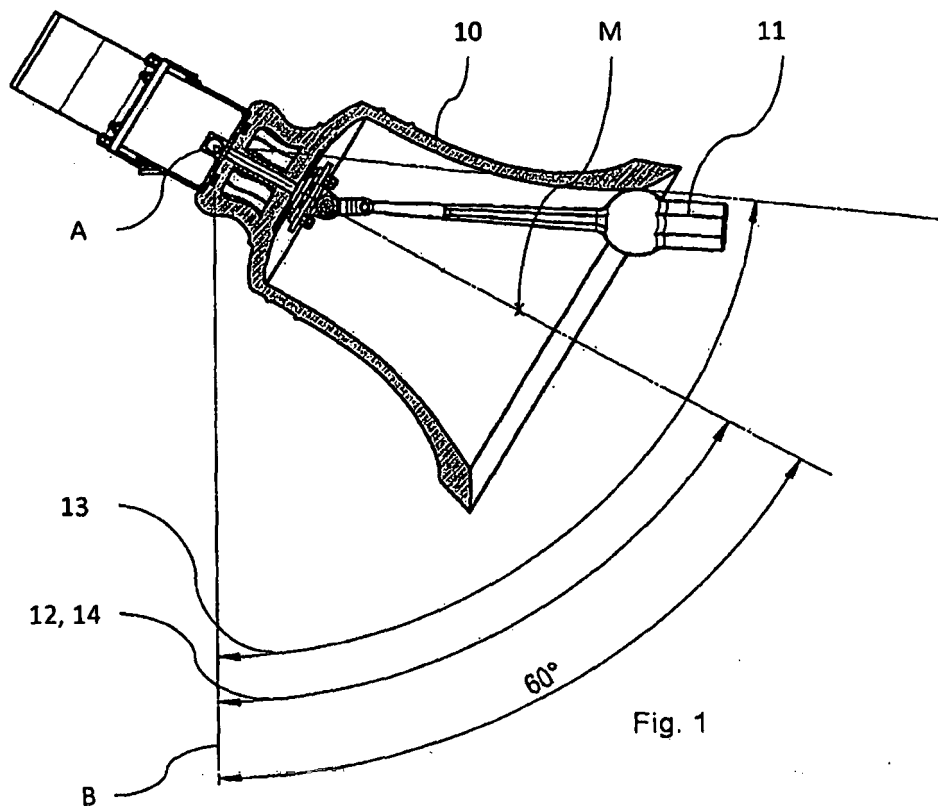
12. Dispositif d'entraînement (100) selon la revendication 11, dans lequel le dispositif de mesure de tension (130) présente en outre au moins une source de courant de mesure (131), en particulier au moins une source

de courant de mesure (131) à haute impédance, moyennant quoi l'au moins une source de courant de mesure (131) est étudiée pour commander un courant de mesure (135) via au moins une phase U, V, W de la machine électrique (110).

5

13. Dispositif d'entraînement (100) selon les revendications 11 ou 12,
dans lequel le dispositif d'entraînement (100) présente en outre un dispositif de démagnétisation (170) pour démagnétiser la machine électrique (110). 10
14. Dispositif d'entraînement (100) selon l'une des revendications 11 à 13, 15
dans lequel le dispositif d'entraînement (100) présente en outre des organes de commande d'impédance (132), lesquels sont étudiés pour harmoniser entre elles, grâce à une harmonisation d'impédances de bornes (115) de la machine électrique (110), 20
les variations au niveau des phases individuelles U, V, W de la machine électrique (110) mesurées à l'aide du dispositif de mesure de tension (130).
15. Dispositif d'entraînement (100) selon la revendication 14, 25
dans lequel les organes de commande d'impédance (132) présentent un dispositif pour la limitation de la puissance dissipée générée à l'intérieur d'eux pendant le mode moteur de la machine électrique (110). 30
16. Dispositif d'entraînement (100) selon l'une des revendications 11 à 15,
dans lequel le dispositif de mesure de tension (130) présente au moins un élément de séparation (133), 35
en particulier un élément de séparation galvanique, de préférence sous la forme d'un optocoupleur, et dans lequel l'au moins un élément de séparation (133) est réalisé de manière réglable concernant son point de fonctionnement dynamique et/ou son amplification. 40
17. Dispositif d'entraînement (100) selon la revendication 16,
dans lequel un dispositif de réglage (134) pour régler 45
le point de fonctionnement dynamique et/ou pour régler l'amplification de l'au moins un élément de séparation (133) est prévu, et moyennant quoi le dispositif de réglage (134) est étudié pour procéder automatiquement au réglage en fonction d'une mesure, en particulier d'une mesure de température ou d'une mesure de tension de commande. 50

55



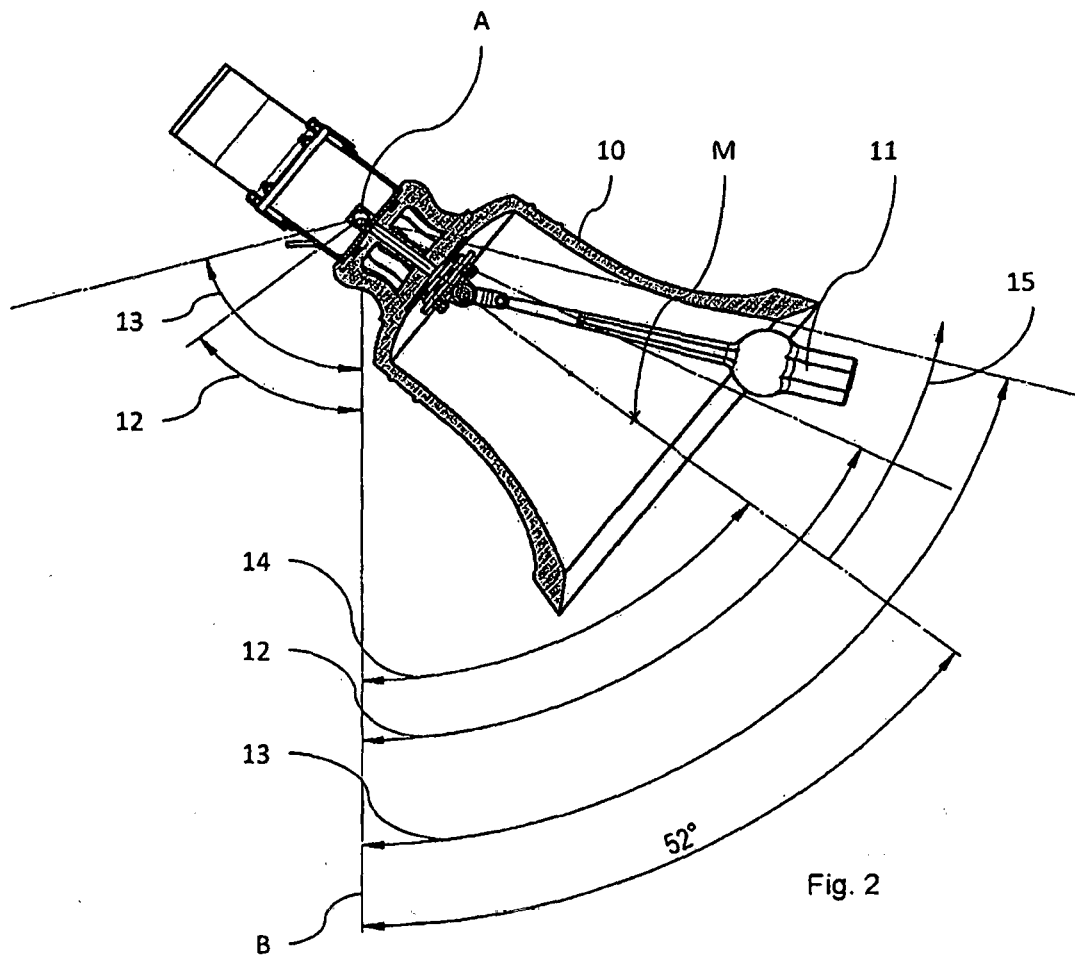
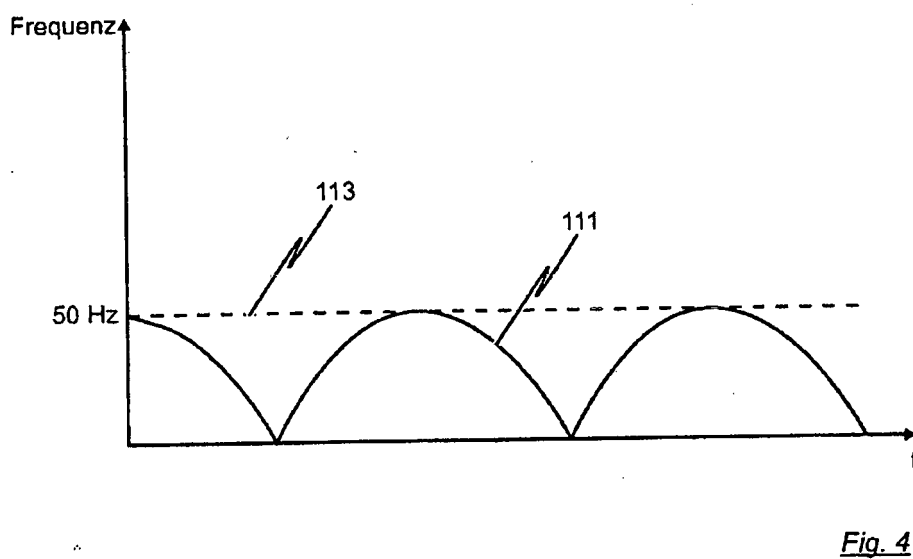
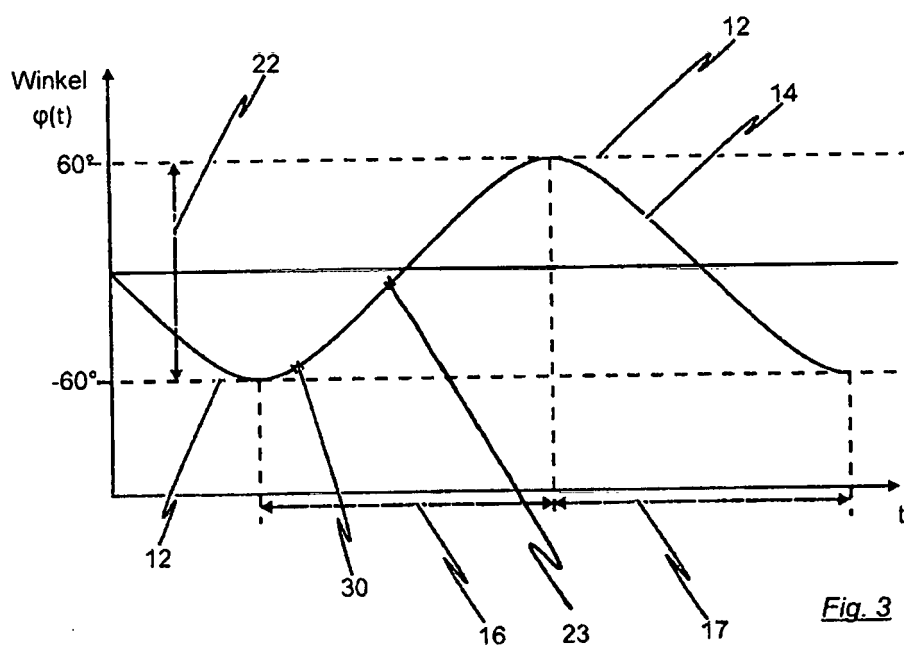


Fig. 2



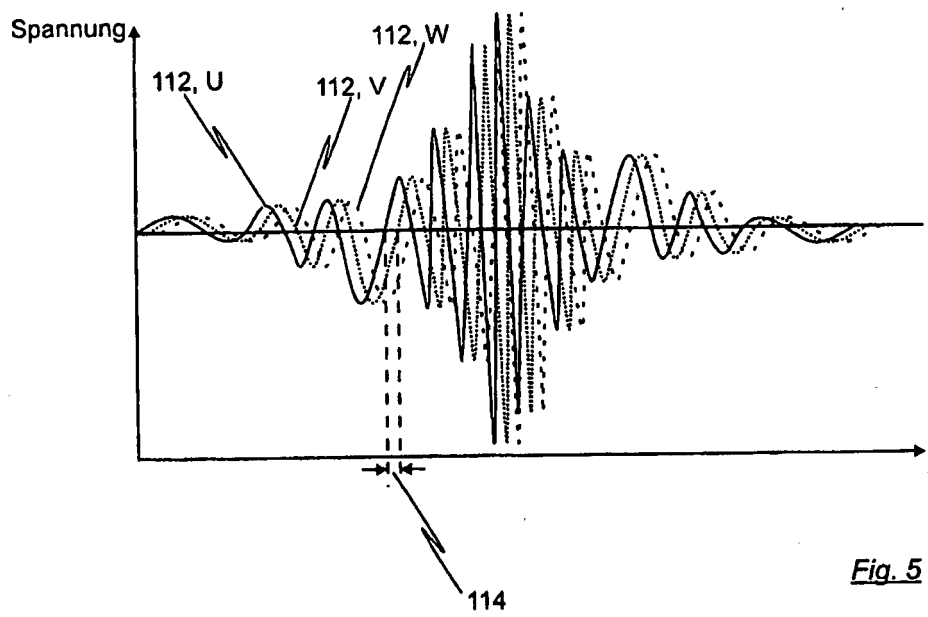


Fig. 5

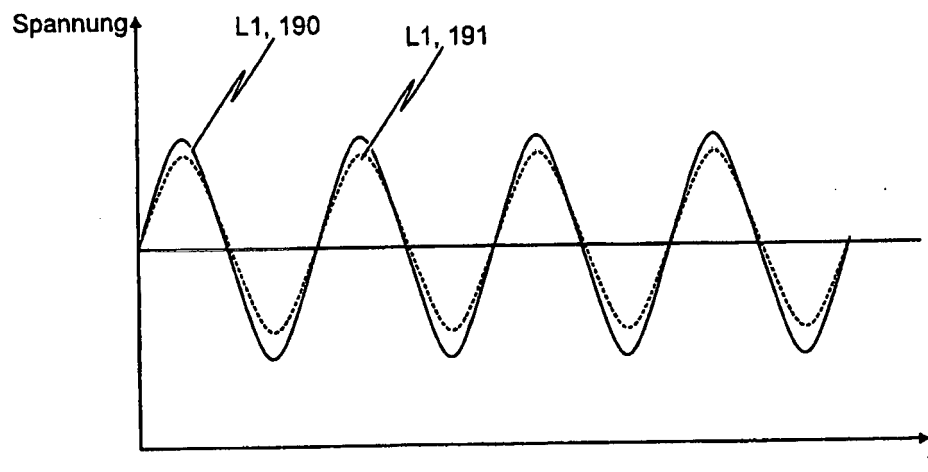


Fig. 6

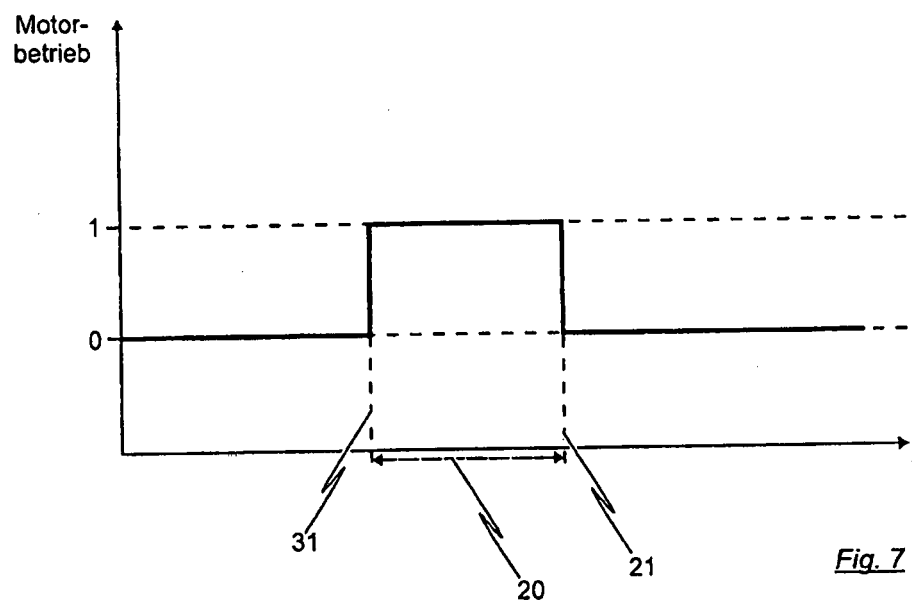


Fig. 7

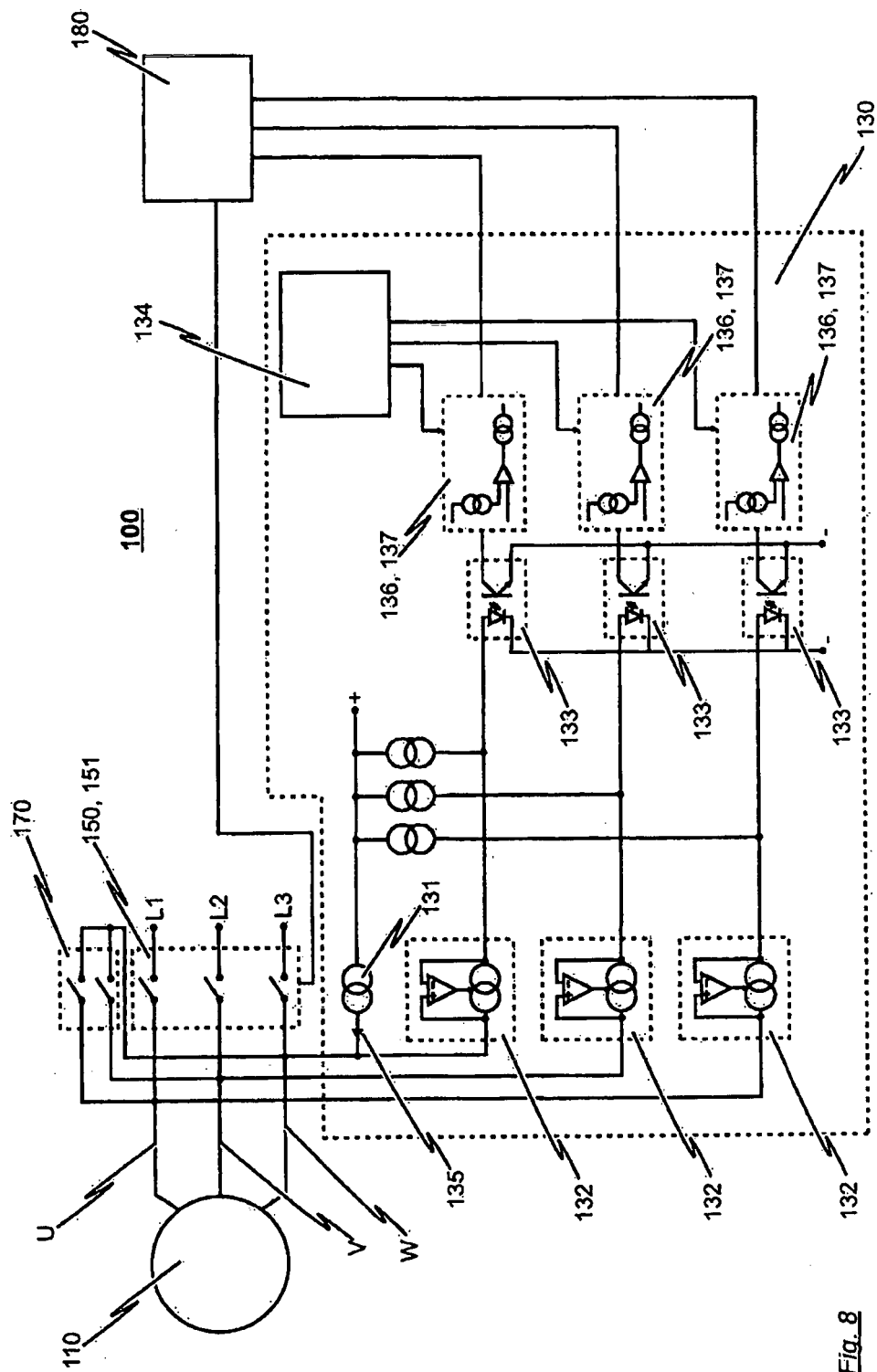


Fig. 8

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1094443 A1 [0002]
- EP 1310941 A1 [0002]