



(10) **DE 10 2015 206 488 A1** 2016.10.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 206 488.3**

(22) Anmeldetag: **10.04.2015**

(43) Offenlegungstag: **13.10.2016**

(51) Int Cl.: **H02P 5/685 (2006.01)**

**F03D 1/06 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Wobben Properties GmbH, 26605 Aurich, DE**

(74) Vertreter:

**Eisenführ Speiser Patentanwälte Rechtsanwälte  
PartGmbH, 28217 Bremen, DE**

(72) Erfinder:

**Eden, Georg, 26556 Westerholt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

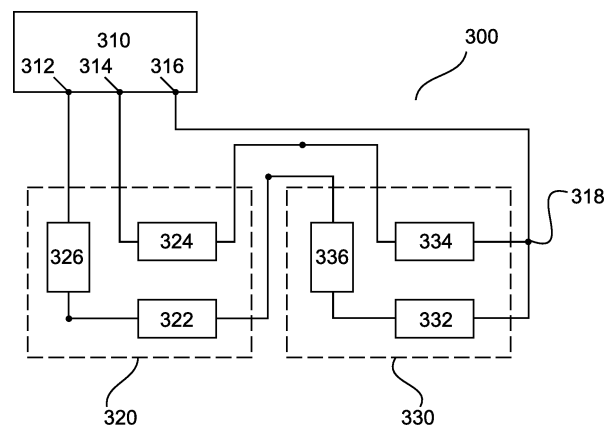
<b>DE</b>	<b>10 2004 005 169</b>	<b>B3</b>
<b>DE</b>	<b>10 2007 053 613</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>297 22 109</b>	<b>U1</b>
<b>DE</b>	<b>692 25 995</b>	<b>T2</b>
<b>DE</b>	<b>893 962</b>	<b>B</b>
<b>DE</b>	<b>19 37 306</b>	<b>A</b>
<b>FR</b>	<b>972 025</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>1 337 755</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verstelleinrichtung zum Verstellen eines Rotorblattes einer Windenergieanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Verstelleinrichtung zum Verstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblattes einer Windenergieanlage. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Verstelleinrichtung wenigstens zwei Gleichstrommotoren (320, 330) aufweist und die wenigstens zwei Gleichstrommotoren (320, 330) untereinander zumindest abschnittsweise elektrisch in Serie verschaltet sind.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verstelleinrichtung und ein Verfahren zum Verstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblattes einer Windenergieanlage. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine solche Verstelleinrichtung aufweisende Windenergieanlage.

**[0002]** Windenergieanlagen, die aus Wind elektrischen Strom erzeugen und diesen in ein elektrisches Versorgungsnetz einspeisen, sind allgemein bekannt. Ein Beispiel einer solchen Windenergieanlage ist in **Fig. 1** schematisch dargestellt.

**[0003]** Üblicherweise weisen moderne Windenergieanlagen eine Rotorblattverstelleinrichtung auf, also eine Einrichtung zum Verstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblattes. Solche Verstelleinrichtungen, die auch als Pitchverstelleinrichtung oder einfach als Pitcheinrichtungen bezeichnet werden können, können durch das Verstellen des Anstellwinkels sowohl die Abgabeleistung der Windenergieanlage regeln, als auch die Belastung der Windenergieanlage bei hohen Windgeschwindigkeiten begrenzen. Zum Verstellen weisen diese Verstelleinrichtungen einen oder mehrere Motoren auf, die auch als Pitchmotoren bezeichnet werden. Ein Verstellvorgang zum Verstellen des Anstellwinkels wird auch als Pitchen bezeichnet.

**[0004]** Das Streben nach immer leistungsstärkeren Windenergieanlagen führt unter anderem auch zu größer werdenden Rotorblättern. Somit steigen auch die Anforderungen, die an eine Rotorblattverstelleinrichtung gestellt werden. Insbesondere die Motorleistung der Rotorblattverstelleinrichtung steigt mit der Rotorblattgröße an.

**[0005]** Aus dem Dokument EP 1 337 755 ist eine Verstelleinrichtung mit mehreren Motoren zum Verstellen des Anstellwinkels eines Rotorblattes einer Windenergieanlage bekannt. Das Dokument offenbart hierzu unter anderem eine elektrische Verschaltung von mehreren Motoren. Nachteilig bei dieser Lösung ist vor allem der Umstand, dass eine elektrisch ungleiche Belastung der Motoren auftreten kann, die zu einer unzulässigen Erwärmung der Motoren, und zu einer ungewollten Feldschwächung, führen kann.

**[0006]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, wenigstens eines der vorgenannten Probleme zu adressieren. Insbesondere soll der bekannte Stand der Technik verbessert werden und eine Verstelleinrichtung vorgeschlagen werden, die eine gleiche Belastung von wenigstens zwei Gleichstrommotoren ermöglicht. Zumindest soll gegenüber dem bisher bekannten eine alternative Lösung vorgeschlagen werden.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird eine Verstelleinrichtung nach Anspruch 1 vorgeschlagen.

**[0008]** Es wird somit eine Verstelleinrichtung zum Verstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblattes einer Windenergieanlage vorgeschlagen, wobei die Verstelleinrichtung wenigstens zwei Gleichstrommotoren aufweist und die wenigstens zwei Gleichstrommotoren untereinander zumindest abschnittsweise elektrisch in Serie verschaltet sind.

**[0009]** Gleichstrommotoren sind rotierende elektrische Maschinen, die mit Gleichstrom betrieben werden und einen unbeweglichen Teil, den Stator, und einen beweglichen Teil, den Rotor, aufweisen. Konventionelle Gleichstrommotoren sind so eingerichtet, dass der Rotor den inneren Teil der Gleichstrommaschine bildet und wenigstens eine Wicklung, die Ankerwicklung, aufweist und der Stator entweder permanenterregt, also mit einem Permanentmagneten, oder mit wenigstens einer Wicklung, der Erregerwicklung, ausgeführt ist.

**[0010]** Die wenigstens zwei Gleichstrommotoren der vorgeschlagenen Verstelleinrichtung weisen Erreger- und Feldwicklungen bzw. Ankerwicklungen auf, diese können vollständig oder zumindest abschnittsweise elektrisch in Serie verschaltet sein. Eine elektrische Verschaltung in Serie kann auch als Reihenschaltung bezeichnet werden. Für eine abschnittsweise Verschaltung der wenigstens zwei Gleichstrommotoren können beispielsweise die Erregerwicklungen und/oder die Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren elektrisch in Serie verschaltet werden. Es kommt auch in Betracht, dass nur jeweils ein Teil der Wicklungen in Serie verschaltet sind. Für eine vollständige Verschaltung der wenigstens zwei Gleichstrommotoren werden insbesondere alle Anker- und Erregerwicklungen miteinander elektrisch in Serie verschaltet. Weiterhin kann auch in Betracht kommen, dass die Anker- und/oder Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren in Abschnitte, insbesondere Wicklungsabschnitte, aufgeteilt sind. Diese Wicklungsabschnitte werden dann, genau wie die Anker- und Erregerwicklungen, insbesondere als Zweipol, von einer Spannungsquelle angesteuert, insbesondere mit Strom versorgt.

**[0011]** Durch eine elektrische Verschaltung in Serie wird, was durch den Kirchhoffschen Knotensatz begründet ist, derselbe Strom durch die Wicklungen einer solchen Serienschaltung erzwungen. Somit wird zumindest für die elektrisch in Serie verschalteten Wicklungen bzw. Wicklungsabschnitte der wenigstens zwei Gleichstrommotoren erreicht, dass durch diese derselbe Strom fließt. Dadurch weisen die wenigstens zwei Gleichstrommotoren, aufgrund der proportionalen Strom-Drehmoment-Beziehung eines Gleichstrommotors, gleiche mechanische Momente, insbesondere Antriebskräfte, auf, unab-

hängig davon, ob beispielsweise einer der wenigstens zwei Gleichstrommotoren durch beispielsweise eine Erwärmung des Gleichstrommotors einen veränderten Innenwiderstand aufweist. Im Falle einer Parallelschaltung würden ungleiche Innenwiderstände der wenigstens zwei Gleichstrommotoren unvorteilhaft zu unterschiedlichen Strömen innerhalb der wenigstens zwei Gleichstrommotoren und somit zu unterschiedlichen mechanischen Momenten führen. Das wird nun vermieden.

**[0012]** Vorzugsweise sind die wenigstens zwei Gleichstrommotoren mechanisch gekoppelt.

**[0013]** Die wenigstens zwei Gleichstrommotoren können somit direkt oder indirekt mechanisch, insbesondere miteinander, gekoppelt sein. Bei einer direkten mechanischen Kopplung der wenigstens zwei Gleichstrommotoren können die Rotoren auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sein oder diese gemeinsame Welle bilden. Dafür sind beispielsweise die Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren auf derselben Welle, angeordnet und treiben diese im Betrieb an.

**[0014]** Bei einer indirekten mechanischen Kopplung der wenigstens zwei Gleichstrommotoren weisen diese separate Rotoren auf. Die Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren sind somit auf unterschiedlichen Wellen angeordnet, auf die sie wirken. Die mechanische Kopplung der Rotoren kann bspw. über ein gemeinsames Kopplungselement wie einen Zahnkranz erfolgen. Bspw. kann ein solcher Zahnkranz an einer Rotorblattwurzel angeordnet sein, so dass beide Rotoren über diesen Zahnkranz mechanisch gekoppelt sind und dabei gleichzeitig gemeinsam auf die Blattwurzel wirken und das Blatt in seinem Anstellwinkel verstellen können.

**[0015]** Durch die mechanische Kopplung der wenigstens zwei Gleichstrommotoren werden die Antriebskräfte mechanisch gleichmäßig auf die wenigstens zwei Gleichstrommotoren verteilt und durch die Serienschaltung wird dafür erreicht, dass auch elektrisch gleiche Drehmomente aufgebracht werden.

**[0016]** Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass jeweils zwei Motoren paarweise auf einen Zahnkranz wirken, besonders so, dass jeweils zwei elektrisch zueinander in Reihe geschaltete Motoren ein Motorenpaar bilden und auch örtlich zueinander benachbart angeordnet sind. Vorzugsweise sind zwei, drei oder mehr solcher Motorenpaare an einem Zahnkranz angeordnet. Jedes Motorenpaar kann dadurch die beschriebenen Vorteile der Reihenschaltung ausnutzen.

**[0017]** Vorzugsweise sind die Motoren in Motoraufnahmen aufgenommen, um von dort aus auf den Zahnkranz einzugreifen. Die Motoraufnahmen sind

dabei dazu vorbereitet, dass die Position der Pitchmotoren, insbesondere paarweise, verändert werden kann. Vorzugsweise sind dafür mehr Aufnahmen als Pitchmotoren vorgesehen, so dass jeweils ein Pitchmotor, oder ein Motorenpaar, aus einer Aufnahme bzw. zwei Aufnahmen, genommen und in einer günstigeren Position in einer bisher freien Aufnahme angeordnet werden, um dadurch an einem anderen, weniger verschlissenen Abschnitt des Zahnkranzes anzugreifen.

**[0018]** Vorzugsweise sind die Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren elektrisch in Serie verschaltet.

**[0019]** Die Erzeugung des Drehmomentes durch die Ankerwicklungen kann somit für beide, oder mehrere, Motoren in gleicher Höhe gewährleistet werden, weil durch beide Ankerwicklungen derselbe Strom fließt. Die elektrische Verschaltung der elektrisch in Serie verschalteten Ankerwicklungen kann dabei teilweise oder vollständig elektrisch in Serie und/oder elektrisch parallel zu den Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren ausgeführt sein. Beispielsweise können die Ankerwicklungen untereinander elektrisch in Serie verschaltet sein, wohingegen die Erregerwicklungen elektrisch getrennt voneinander und elektrisch getrennt von den Ankerwicklungen verschaltet sind. Dadurch wird erreicht, dass die elektrisch in Serie verschalteten Ankerwicklungen getrennt von den Erregerwicklungen gespeist werden können. Somit können verschiedene Kennlinienfelder, also Momentenverläufe, beispielsweise ein hohes Drehmoment bei Stillstand durch die Ansteuerung erreicht werden. Gleichzeitig können unterschiedliche Drehmomente zwischen den Motoren vermieden werden.

**[0020]** Durch ein Verschalten der Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren elektrisch in Serie, fließt durch die Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren derselbe Strom. Dadurch werden die wenigstens zwei Gleichstrommotoren ankerseitig gleich belastet

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird geschlagen, die Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren elektrisch in Serie zu verschalten.

**[0022]** Die Erregerwicklungen können teilweise oder vollständig elektrisch in Serie und/oder elektrisch parallel zu den Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren ausgeführt sein. Beispielsweise können die elektrisch in Serie verschalteten Erregerwicklungen niederohmig ausgeführt und elektrisch in Serie mit den Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren verschaltet sein. Dadurch wird erreicht, dass die so verschalteten Gleichstrommotoren ein Reihenschlussverhalten, nämlich ein stark

drehzahlabhängiges Drehmomentverhalten, aufweisen. Es kann auch in Betracht kommen, die Eisenkerne der Statoren geblecht auszuführen und somit die wenigstens zwei Gleichstrommotoren als Universalmotoren, insbesondere Einphasen-Reihenschlussmotoren mit Wechselspannung, einzurichten.

**[0023]** Durch ein Verschalten der Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren elektrisch in Serie, fließt durch die Erregerwicklungen dieser Gleichstrommotoren derselbe Strom. Dadurch werden die wenigsten zwei Gleichstrommotoren erregenseitig gleich belastet.

**[0024]** Weiterhin ist es erfindungsgemäß auch möglich, die Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren und die Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren gemeinsam elektrisch in Serie zu verschalten. Das ergäbe dann eine Serienschaltung aus wenigstens zwei Ankerwicklungen und zwei Erregerwicklungen.

**[0025]** Durch ein vollständiges und gemeinsames Verschalten der Anker- und Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren wird erreicht, dass sowohl durch die Anker- als auch durch die Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren ein und derselbe Strom fließt. Die wenigstens zwei Gleichstrommotoren sind somit vollständig miteinander elektrisch gekoppelt und weisen ein gemeinsames Reihenschlussverhalten auf. Insbesondere wird für eine solche Verschaltung vorgeschlagen, die Erregerwicklungen niederohmig auszuführen und die Gleichstrommotoren mechanisch zu koppeln. Hierdurch wird erreicht, dass die wenigstens zwei Gleichstrommotoren ein stark drehzahlabhängiges Drehmomentverhalten aufweisen. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn wie bei einer Rotorblattverstellung hohe Anlaufmomente benötigt werden.

**[0026]** Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Gleichstrommotoren jeweils eine zweite Erregerwicklung aufweisen, wobei diese zweiten Erregerwicklungen zu einander elektrisch in Serie verschaltet sind.

**[0027]** Die zweite Erregerwicklung erzeugt ein zweites Erregerfeld, wobei das zweite Erregerfeld beispielsweise von gleicher Richtung und gleichem Richtungssinn wie das übrige bzw. erste Erregerfeld ist.

**[0028]** Beispielsweise wird vorgeschlagen, die jeweils zweite oder jeweils erste Erregerwicklung als fremderregte Wicklung zur jeweiligen Ankerwicklung auszuführen und die Ankerwicklung und die jeweilige Erregerwicklung elektrisch in Serie zu verschalten. Dadurch weisen die wenigstens zwei Gleichstrommotoren ein insbesondere vorteilhaftes Betriebsverhalten für ein Verstellen eines Anstellwinkels eines

Rotorblattes auf, weil die Serienschaltung einen gleichen Strom in allen Motoren gewährleistet und über die Fremderregung gezielt eingegriffen werden kann. Es kann auch in Betracht kommen, die zweiten Erregerwicklungen so auszuführen, dass sie als Verzögerungseinrichtung, insbesondere Motorbremse, wirken.

**[0029]** Eine besonders bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Gleichstrommotoren jeweils eine bzw. die zweite Erregerwicklung aufweisen, und die zweiten Erregerwicklungen zu den Ankerwicklungen und/oder übrigen Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren elektrisch zu einander in Serie verschaltet sind.

**[0030]** Alternativ können die ersten, untereinander elektrisch in Serie verschalteten, Erregerwicklungen elektrisch parallel zu den übrigen Wicklungen verschaltet werden, was gemäß einer Ausführungsform vorgeschlagen wird. Hierdurch weisen die wenigsten zwei Gleichstrommotoren sowohl Reihen- als auch Nebenschlussverhalten auf und sind dadurch so eingerichtet wie ein Mehrfachmotor, insbesondere Doppelmotor, wobei jeder Gleichstrommotor insbesondere wie ein Doppelschlussmotor ausgeführt ist. Die Vorteile eines Doppelschlussmotors können somit genutzt werden, es besteht dann aber die Gefahr, dass sich die Motoren nicht ganz gleich verhalten.

**[0031]** Ferner wird vorgeschlagen die zweiten Erregerwicklungen jeweils als zuschaltbare Wicklungen auszuführen, so dass die zweiten Erregerwicklungen jeweils mittels eines Schalters zu- und/oder weggeschaltet werden können. Insbesondere bei einer Notverstellung des Rotorblattes können die zweiten Erregerwicklungen jeweils in Serie zur Ankerwicklung zugeschaltet werden. Durch das Zuschalten der zweiten Erregerwicklungen in Serie weisen die Gleichstrommotoren dann ein Reihenschlussverhalten auf, also ein Verhalten, das ein besonders hohes Anlaufmoment zum Verstellen des Rotorblattes erzeugen kann. Durch die Reihenschaltung der zweiten Erregerwicklung zur Ankerwicklung wirkt diese zweite Erregerwicklung nur in eine Richtung ergänzend und diese Richtung wird so gewählt, dass sie der Richtung einer Notverstellung des betreffenden Rotorblatts entspricht.

**[0032]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform liegen die zweiten Erregerwicklungen mechanisch in der ersten Erregerwicklung, können insbesondere jeweils in derselben Nut des Stators liegen.

**[0033]** Die Spannungsquelle versorgt somit die Verstelleinrichtung und durch die vorgeschlagene Serienschaltung stellt sich für die betroffenen Motoren jeweils derselbe Strom ein. Die Motoren der

Verstelleinheit, und damit die Verstelleinheit als solche, lassen sich dadurch auf einfache und gleichzeitig gleichmäßige Art und Weise ansteuern. Eine besonders bevorzugte Ansteuerung der wenigstens zwei Gleichstrommotoren erfolgt über die in Serie verschalteten Ankerwicklungen. Hierfür werden die ersten und zweiten Erregerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren in Serie verschaltet und mit einer konstanten Spannung versorgt. Die Ankerwicklungen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren werden ebenfalls in Serie verschaltet und mit einer variablen, regelbaren Spannung angesteuert. Besonders vorteilhaft bei einer solchen Ansteuerung ist, dass keine elektronische Regelung erforderlich ist, die das Moment der beiden Motoren symmetriert.

**[0034]** Außerdem wird eine Windenergieanlage vorgeschlagen, die wenigstens mit einer Verstelleinrichtung nach einem der vorstehenden Ausführungsformen versehen ist. Die Vorteile der Verstelleinrichtung kommen somit der Windenergieanlage zugute. Dabei können, besonders zum Erreichen einer Redundanz und/oder zum Aufteilen der benötigten Leistung, mehrere Pitchmotoren vorgesehen sein. Durch die vorgeschlagenen Verschaltungen können solche mehrere Pitchmotoren auf gleichmäßige und dabei einfache und verlässliche Art und Weise betrieben werden.

**[0035]** Verfahren zum Betreiben einer Verstelleinrichtung zum Verstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblatts einer Windenergieanlage, wobei wenigstens zwei Gleichstrommotoren verwendet und zum Verstellen angesteuert werden, wobei eine Verstelleinrichtung gemäß wenigstens einem der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird und/oder eine vorstehend beschriebene Windenergieanlage verwendet wird. Vorzugsweise werden die wenigstens zwei Gleichstrommotoren so angesteuert, wie oben insbesondere im Zusammenhang mit wenigstens einer Ausführungsform einer Verstelleinrichtung beschrieben wurde.

**[0036]** Die vorliegende Erfindung wird nun nachfolgend exemplarisch anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren näher erläutert.

**[0037]** Fig. 1: zeigt eine schematische Ansicht einer Windenergieanlage,

**[0038]** Fig. 2: zeigt schematisch einen Zahnkranz einer Rotorblattwurzel mit Pitchmotoren und

**[0039]** Fig. 3: zeigt eine schematische Verschaltung zweier Pitchmotoren elektrisch in Serie und

**[0040]** Fig. 4: zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines Pitchmotors.

**[0041]** Fig. 1 zeigt eine Windenergieanlage **100** mit einem Turm **102** und einer Gondel **104**. An der Gondel **104** ist ein Rotor **106** mit drei Rotorblättern **108** und einem Spinner **110** angeordnet. Der Rotor **106** wird im Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen Generator in der Gondel **104** an.

**[0042]** Fig. 2 verdeutlicht eine mechanische Kopplung **200**, die als mechanisches Kopplungselement einen Zahnkranz **210** aufweist, auf den zwei Pitchmotoren **220** und **230** wirken, die dadurch mechanisch gekoppelt sind. Solche Gleichstrommotoren können hier als Pitchmotoren **220** und **230** eingesetzt werden, wobei eine Serienschaltung gemäß wenigstens einer Ausführungsform verwendet wird. Das mechanische Kopplungselement **210**, ist somit als Zahnkranz **210** mit Außenverzahnung ausgebildet und an einer Rotorblattwurzel fest befestigt, so dass durch Antreiben des Zahnkranzes **210** durch die beiden Pitchmotoren **220** und **230** das betreffende Rotorblatt verdreht werden kann. Die beiden Pitchmotoren **220** und **230** sind in gleichem Abstand am Umfang des Zahnkranzes **210** angeordnet und greifen durch entsprechende Ritzel, die jeweils mit einer Rotorwelle der Pitchmotoren **220** bzw. **230** verbunden sind in die Außenverzahnung des Zahnkranzes ein. Bei konventionellen Gleichstrommotoren wird der drehbar gelagerte Teil der Gleichstrommotoren, also der Rotor, auch als Anker bezeichnet und ist innenliegend auf einer Welle angeordnet. Es kann auch in Betracht kommen, die Gleichstrommotoren als Außenläufer einzurichten und/oder das Rotorblatt mit einer Innenverzahnung auszuführen und die Gleichstrommotoren innerhalb der Innenverzahnung anzuordnen.

**[0043]** Fig. 3 zeigt eine besonders bevorzugte elektrische Verschaltung **300** eines ersten und zweiten Gleichstrommotors **320** bzw. **330**, die als erster bzw. zweiter Pitchmotor **220** bzw. **230** gemäß Fig. 2 eingesetzt werden können. Weiterhin weist die elektrische Verschaltung **300** eine elektrische Spannungsquelle **310** auf, wobei die elektrische Spannungsquelle **310** mit drei spannungsführenden Ausgängen **312**, **314** und **316** versehen ist. Die Gleichstrommotoren **320** und **330** weisen jeweils eine Ankerwicklung **322** und **332**, eine erste Erregerwicklung **324** und **334** und eine zweite Erregerwicklung **326** und **336** auf. Die Ankerwicklung **322** und die zweite Erregerwicklung **326** des Gleichstrommotors **320** sind ebenso elektrisch in Serie verschaltet wie die Ankerwicklung **332** und die zweite Erregerwicklung **336** des Gleichstrommotors **330**. Die so verschalteten Anker- und Erregerwicklungen **322** und **326** bzw. **332** und **336** sind ebenfalls miteinander elektrisch in Serie verschaltet und an den spannungsführenden Ausgang **312** der Spannungsquelle **310** angeschlossen, so dass diese vier Wicklungen zusammen in einer gemeinsamen Reihenschaltung verschaltet sind. Die ersten Erregerwicklungen **324** und **334** der Gleichstrommotoren **320**

und **330** sind ebenfalls elektrisch in Serie verschaltet und an den spannungsführenden Ausgang **314** der Spannungsquelle **310** angeschlossen. Die in Serie verschalteten Anker- und zweiten Erregerwicklungen **322**, **326** bzw. **332** und **336** werden gemeinsam parallel zu den in Serie verschalteten ersten Erregerwicklung **324** und **334** verschaltet.

**[0044]** Vorzugsweise können die beiden zweiten Erregerwicklungen **326** und **336** jeweils durch einen Schalter zu- oder wegschaltet werden. Vorzugsweise werden davon abhängig unterschiedliche Spannungsquellen verwendet, die auch als Stromsteller bezeichnet werden können. Insoweit ist in der gezeigten Ausführungsform der **Fig. 3** die Spannungsquelle **310** ein Stromsteller für den Betrieb mit den zweiten Erregerwicklungen **326** und **336**, insbesondere für einen Notverstellung.

**[0045]** Somit sind die zwei Gleichstrommotoren **320** und **330** teilweise elektrisch in Serie verschaltet und als Verbundmaschine eingerichtet, wobei die so verschalteten zwei Gleichstrommotoren die Eigenschaften eines Nebenschluss- und eines Reihenschlussmotors vereinen, also kompondiert sind. Je nach Auslegung der Wicklungen und deren Ansteuerung über die Spannungsquelle **310** weisen die zwei Gleichstrommotoren **320** und **330** unterschiedliche Betriebsverhalten auf. Wird die elektrische Verschaltung **300** beispielsweise überkompoundiert ausgeführt, weisen die zwei Gleichstrommotoren **320** und **330** vorwiegend Reihenschlussverhalten, also ein hohes Anzugsmoment, auf. Wird die elektrische Verschaltung **300** hingegen unterkompoundiert ausgeführt, weisen die zwei Gleichstrommotoren **320** und **330** vorwiegend Nebenschlussverhalten, also eine hohe Drehzahlstabilität, auf.

**[0046]** Besonders vorteilhaft bei der in **Fig. 3** gezeigten elektrischen Verschaltung ist die Möglichkeit, die beiden Gleichstrommotoren **320** und **330** über die Spannungsquelle **310** zu steuern. Dadurch lässt sich ein gutes Betriebsverhalten erreichen. Durch die vorgeschlagene Serienschaltung kann für ein gleiches Drehmoment beider Pitchmotoren **320** und **330** gesorgt werden, so dass auch die in **Fig. 2** gezeigte Kopplung gut betreibbar ist und nicht die Gefahr besteht, dass einer der Pitchmotoren **320** und **330** gemäß **Fig. 3** bzw. **220** und **230** gemäß **Fig. 2** durch eine geringe, z.B. thermisch bedingte Ungenauigkeit einen Großteil der Verstellarbeit übernimmt. Weiterhin vorteilhaft ist, dass bei steigender Rotorblattgröße die Verstelleinrichtung um einen Gleichstrommotor oder weitere Gleichstrommotoren erweitert werden kann, wobei insbesondere vorgeschlagen wird, dass dabei alle Gleichstrommotoren desselben Typs sind.

**[0047]** **Fig. 4** zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des Gleichstrommotors **430**, der als Pitchmo-

tor **220** bzw. **230** gemäß **Fig. 2** eingesetzt werden kann. Neben den Erregerwicklungen **434** und **436** – und Ankerwicklungen **432**, weist der Pitchmotor **430** eine elektrische Bremse **438** und einen elektrische Lüfter **440** auf. Die elektrische Bremse **438**, die als Feldebremse ausgeführt ist, und der elektrische Lüfter **440** werden durch die Spannungsquelle **410** angesteuert. Die Feldebremse **438** ist dabei so ausgeführt, dass sie das Erregerfeld des Gleichstrommotors **430** in der Art schwächen kann, dass der Anker des Gleichstrommotors gebremst wird. Die Ansteuerung der Feldebremse **438** erfolgt über die spannungsführenden Ausgänge **416** und **418**. Der elektrische Lüfter **440** des Gleichstrommotors **430** wird durch die Spannungsquelle **410** angesteuert, so dass im Falle eines Stillstandes des Gleichstrommotors **430**, dieser weiter durch den Lüfter **440** gekühlt werden kann. Die Ansteuerung des elektrischen Lüfters **440** erfolgt über die spannungsführenden Ausgänge **420** und **422**.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 1337755 [0005]

**Patentansprüche**

1. Verstelleinrichtung zum Verstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblatts einer Windenergieanlage, wobei die Verstelleinrichtung:

– wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) aufweist

und die wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**)

– untereinander zumindest abschnittsweise elektrisch in Serie verschaltet sind.

2. Verstelleinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) mechanisch gekoppelt sind.

3. Verstelleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ankerwicklungen (**322, 332**) der wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) elektrisch in Serie verschaltet sind.

4. Verstelleinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerwicklungen (**324, 334**) der wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) elektrisch in Serie verschaltet sind.

5. Verstelleinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ankerwicklungen (**322, 332**) der wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) und die Erregerwicklungen (**324, 334**) der wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) gemeinsam elektrisch in Serie verschaltet sind.

6. Verstelleinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Gleichstrommotoren jeweils eine zweite Erregerwicklung (**326, 336**) aufweisen, wobei diese zweiten Erregerwicklungen (**326, 336**) zu einander elektrisch in Serie verschaltet sind.

7. Verstelleinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweiten Erregerwicklungen (**326, 336**) der wenigstens zwei Gleichstrommotoren zu den Anker- (**322, 332**) und/oder Erregerwicklungen (**324, 334**) der wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) elektrisch in Serie verschaltet sind.

8. Verstelleinrichtung nach einem der Ansprüche 6 und 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweiten Erregerwicklungen jeweils als zuschaltbare Wicklung ausgeführt sind.

9. Verstelleinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtung eine Spannungsquelle (**310**) aufweist, eingerichtet die Anker- und Erregerspannun-

gen der wenigstens zwei Gleichstrommotoren (**320, 330**) zu steuern.

10. Windenergieanlage mit einem Rotor mit wenigstens einem verstellbaren Rotorblatt, wobei die Windenergieanlage wenigstens eine Verstelleinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche zum Verstellen eines Anstellwinkels des wenigstens einen Rotorblatts aufweist.

11. Verfahren zum Betreiben einer Verstelleinrichtung zum Verstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblatts einer Windenergieanlage, wobei wenigstens zwei Gleichstrommotoren verwendet und zum Verstellen angesteuert werden, wobei eine Verstelleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder eine Windenergieanlage nach Anspruch 10 verwendet wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

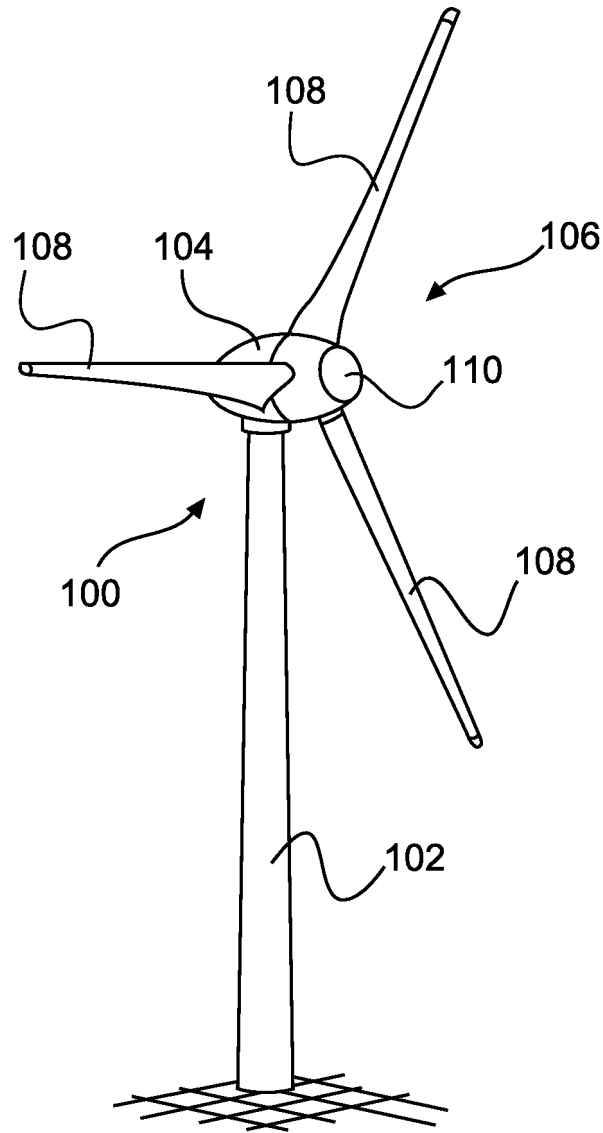


Fig. 1

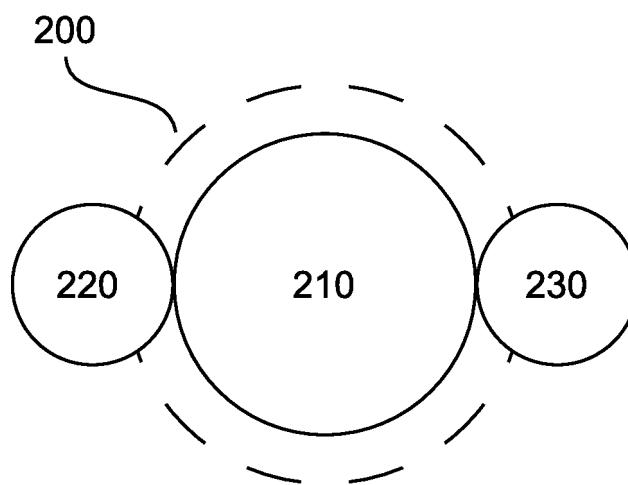


Fig. 2

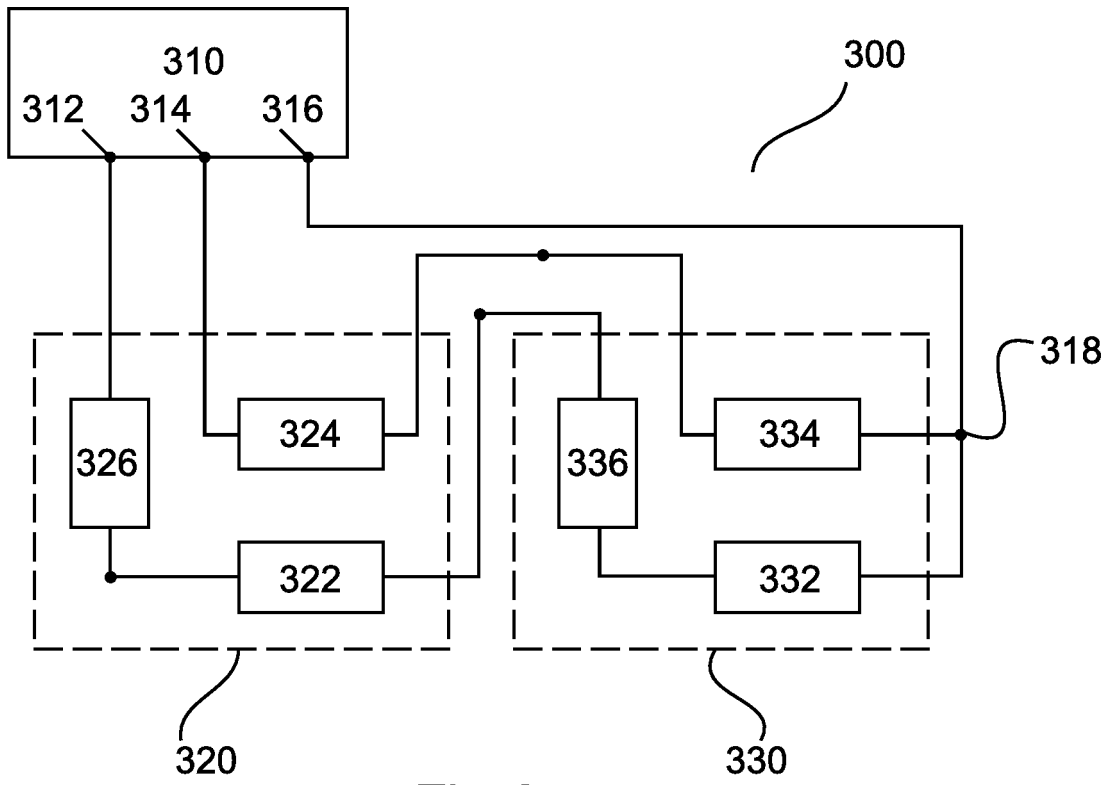


Fig. 3

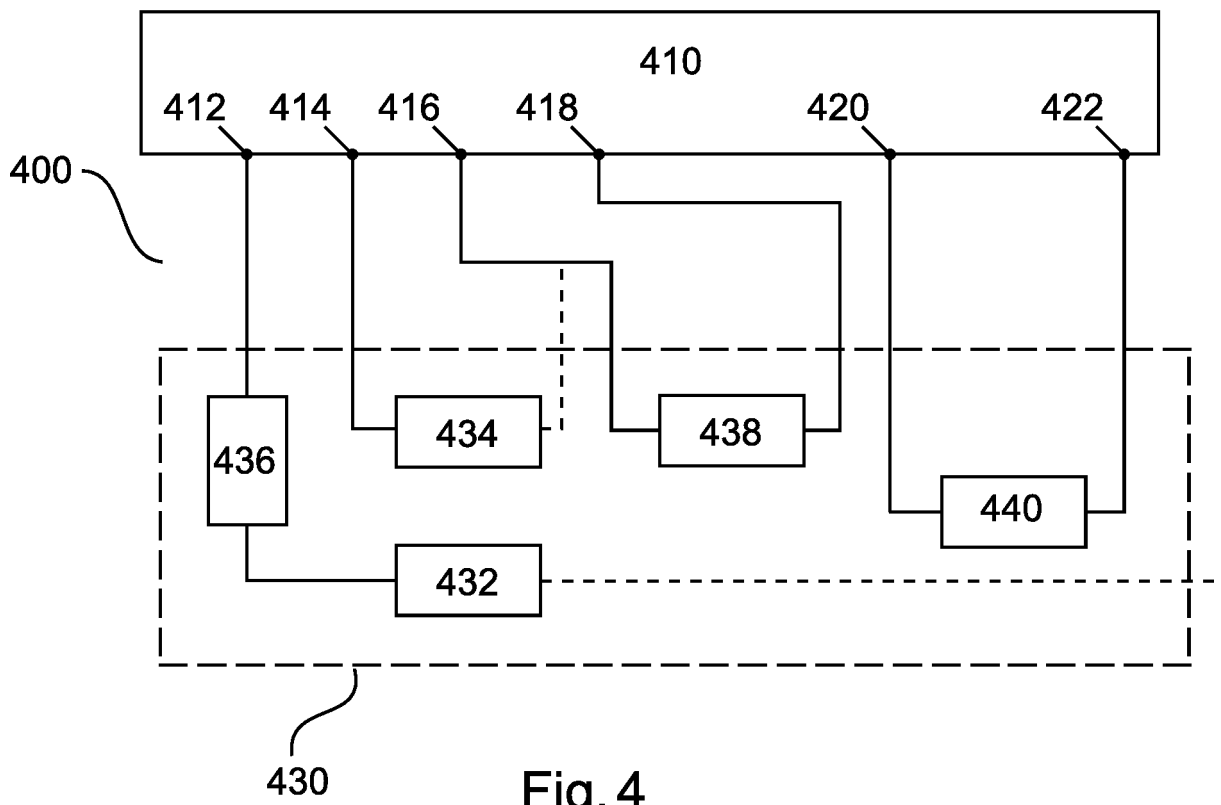


Fig. 4