



(10) **DE 10 2011 089 498 A1** 2013.06.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 089 498.5**

(22) Anmeldetag: **21.12.2011**

(43) Offenlegungstag: **27.06.2013**

(51) Int Cl.: **H02K 11/04 (2012.01)**

(71) Anmelder:
Wobben Properties GmbH, 26605, Aurich, DE

(74) Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 28217, Bremen, DE

(72) Erfinder:
Giengiel, Wojciech, 26605, Aurich, DE

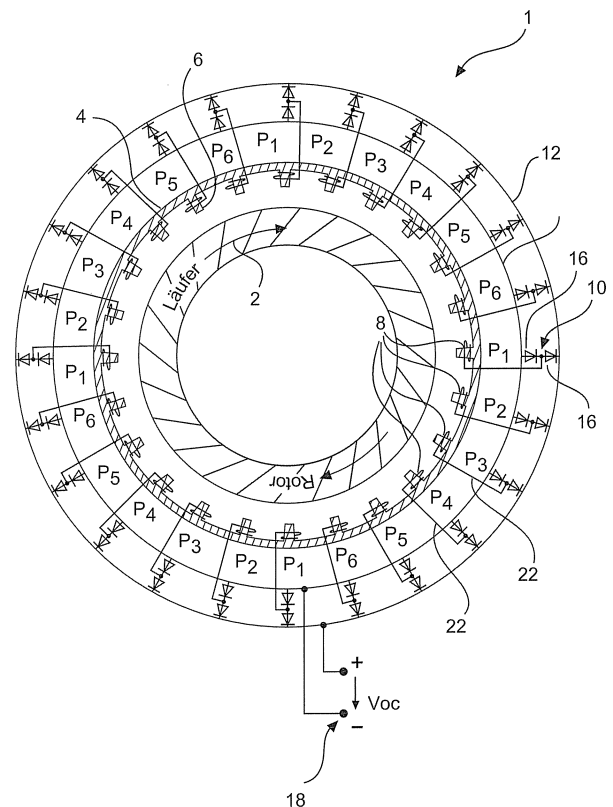
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	197 29 034	A1
DE	20 52 808	A
US	6 894 411	B2
US	2009 / 0 212 568	A1
US	2010 / 0 072 834	A1
EP	2 472 714	A1
WO	2006/ 100 420	A1

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

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Generator einer getriebelosen Windenergieanlage**



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Generator (1) einer getriebelosen Windenergieanlage (100), mit einem Stator (4) und einem Läufer (2), umfassend: – Statorwicklungen (8) zum Erzeugen mehrerer Wechselströme, insbesondere wenigstens dreier, zu einander phasenverschobener Wechselströme, Gleichrichtmittel (10) zum Gleichrichten der Wechselströme und wenigstens zwei Gleichstromsammelschienen (12, 14) zum Sammeln der gleichgerichteten Wechselströme.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Generator einer getriebelosen Windenergieanlage sowie einen Gleichrichter und eine Windenergieanlage.

[0002] Windenergieanlagen sind allgemein bekannt. Sie wandeln Energie aus dem Wind in elektrische Energie. Hierbei wird ein aerodynamischer Rotor vom Wind angetrieben, der wiederum einen elektrischen Generator antreibt. Dabei kann unter anderem zwischen zwei generellen Typen von Windenergieanlagen unterschieden werden, nämlich solche, bei denen zwischen dem aerodynamischen Rotor und dem Generator ein Getriebe vorgesehen ist und solche, die getriebelos arbeiten.

[0003] Getriebelose Windenergieanlagen zeichnen sich dadurch aus, dass sie einen langsam laufenden, vielpoligen Generator, insbesondere Ringgenerator verwenden, der damit auch prinzipbedingt einen großen Durchmesser, insbesondere großen Luftspaltdurchmesser aufweist. Moderne getriebelose Windenergieanlagen können heutzutage einen Luftspaltdurchmesser von bis zu 10 m aufweisen. Zumindest sind Luftspaltdurchmesser von etwa 4,5 m heutzutage durchaus üblich. Insbesondere solche Generatoren betrifft auch die vorliegende Erfindung.

[0004] Solche Generatoren erzeugen im Betrieb üblicherweise zumindest ein dreiphasiges Wechselstromsystem, häufig sind zwei dreiphasige Systeme vorgesehen. Wenn die Windungen bzw Teilwicklungen jeder Phase jeweils in Reihe geschaltet sind, muss die Wicklung jeder Phase den gesamten Strom dieser Phase führen. Entsprechend sind sehr dicke Leiter oder Leiterstränge vorzusehen, um diesen Strom führen zu können. Um das zu vermeiden, kann die Wicklung jeder Phase in Teilwicklungen aufgeteilt werden, die parallel zueinander geschaltet werden. Dies hat den Vorteil, dass Formspulen verwendet werden können, wodurch insbesondere der Füllfaktor erhöht werden kann. Solche Teilwicklungen sind entsprechend über den gesamten Umfang des Generators verteilt und die Parallelschaltung kann über eine umlaufende Stromschiene für jede Phase erfolgen. Diese umlaufende Stromschiene sammelt dann den Strom der Phase. Der Strom einer solchen Sammelschiene entspricht dann im Wesentlichen dem Strom, der sich in dem Wicklungsstrang der Variante ergibt, bei der alle Teilwicklungen einer Phase in Reihe geschaltet sind. Diese Ströme können dann im Grunde bei beiden Varianten auf gleiche Art und Weise für eine Weiterverarbeitung, nämlich Einspeisung in ein elektrisches Netz, verwendet werden, indem sie mit einem Gleichrichter gleichgerichtet und damit einem Wechselrichter zur Einspeisung in das Netz bereitgestellt werden.

[0005] Die Parallelschaltung mehrerer Teilwicklungen erlaubt zwar jeweils Wicklungsstränge mit geringerem Querschnitt als im Fall der Reihenschaltung, die Verwendung der Sammelschienen kann aber ebenfalls Probleme bereiten. Insbesondere benötigen zwei dreiphasige Systeme sechs Sammelschienen. Diese Sammelschienen können als sechs Kreislänge mit entsprechender Isolation dazwischen zu einem etwa zylindrischen Sammelschienenkörper kombiniert werden, der jedoch Ausmaße annehmen kann, die Probleme an den Platzbedarf stellen. Sie können insbesondere die Befestigung des Generators, nämlich des Stators des Generators, behindern oder erschweren.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, eines der oben genannten Probleme zu adressieren, insbesondere einen Generator einer getriebelosen Windenergieanlage hinsichtlich der Stromverteilung des erzeugten Stroms zu verbessern, insbesondere auch eine Lösung mit möglichst geringem Platzbedarf vorzuschlagen. Zumindest soll eine alternative Lösung gefunden werden.

[0007] Erfindungsgemäß wird somit ein Generator nach Anspruch 1 vorgeschlagen. Demnach weist der Generator einen Stator und einen Läufer auf. Der Stator trägt Statorwicklungen zum Erzeugen mehrerer Wechselströme, insbesondere wenigstens dreier zueinander phasenverschobener Wechselströme. Weiterhin sind Gleichrichtmittel zum Gleichrichten der Wechselströme vorgesehen. Die Gleichrichtmittel sind somit Teil des Generators. Am Stator bzw. unmittelbar benachbart dazu sind Gleichstromsammelleitungen, insbesondere Gleichstromsammelschienen zum Sammeln der zu Gleichstrom gleichgerichteten Wechselströme vorgesehen. Die Gleichstromsammelschienen sind somit ebenfalls Teil des Generators und die Gleichrichtmittel sind zwischen den Statorwicklungen und den Sammelschienen angeordnet, insbesondere verschaltet und auch örtlich dort angeordnet. Die Gleichstromsammelschienen nehmen somit die gesamten erzeugten und gleichgerichteten Ströme auf. Insbesondere beim Vorsehen von nur zwei Gleichstromsammelschienen, nämlich eine für positives und eine für negatives Potential, fließt der gesamte gleichgerichtete Strom über jede Gleichstromsammelschiene. Aus diesem Grunde sind die Gleichstromsammelleitungen zweckmäßigerweise als Gleichstromsammelschienen ausgebildet. Auch eine feste örtliche Anordnung am Stator ist zweckmäßigerweise mit einer Schiene zu realisieren, wobei eine anders geartete Gleichstromsammelleitung nicht auszuschließen ist.

[0008] Die Lösung sieht somit vor, die erzeugten Wechselströme bereits am Generator, nämlich am Stator, gleichzurichten und erst die gleichgerichteten Ströme, die sich zu einem entsprechend großen Gleichstrom addieren, vom Ort ihrer Entstehung

weiterzuleiten. Hier liegt insbesondere der Gedanke zugrunde, dass die Generatoren einer getriebelosen Windenergieanlage eine große örtliche Ausdehnung aufweisen. Im Falle eines Generators mit einem Durchmesser von 5 m ergibt sich ein Umfang von über 15 m, an dem ein Teil der Ströme entlang geleitet werden muss mit den entsprechenden Leitungen. Selbst bei einem dreiphasigen Strom müssten hierzu zumindest drei Leitungen vorgesehen sein. Im Falle eines sechsphasigen Systems sind sogar sechs Leitungen vorzusehen, die je nach Stromgröße auch als Sammelschienen vorgesehen sein könnten. Durch die Gleichrichtung vor Ort brauchen nur noch zwei Gleichstromsammelschienen vorgesehen zu sein.

[0009] Darüber hinaus kann ein separater Gleichrichter eingespart werden, wenn die Gleichrichtung direkt am Generator erfolgt. Die Gleichrichtmittel des Generators können jeweils wenigstens aus einem Diodenpaar oder aus wenigstens einem Thyristorpaar gebildet sein, wobei jeweils eine Diode bzw. ein Thyristor jeweils zwischen einem Wechselstromanschluss der Statorwicklungen und einer Gleichstromsammelschiene angeordnet ist und eine weitere Diode bzw. ein weiterer Thyristor zwischen diesem Wechselstromanschluss und der zweiten Gleichstromsammelschiene. Die Gleichrichtung erfolgt grundsätzlich auf bekannte Art und Weise unter Verwendung bekannter Gleichrichtmittel, die dabei insbesondere in der Dimensionierung dem konkreten Aufbau dieses Generators angepasst sind.

[0010] Gemäß einer Ausgestaltung ist der Generator als Synchrongenerator ausgebildet, insbesondere als fremderregter Synchrongenerator und dabei vorzugsweise als Außenläufer. Bei einem Synchrongenerator rotiert ein Läufer mit festem Magnetfeld, das im Falle des fremderregten Synchrongenerators durch entsprechende Gleichströme bzw. entsprechenden Gleichstrom als Erregerstrom erzeugt wird, und durch die Drehung erzeugt der Läufer im Stator und damit in den Statorwicklungen ein entsprechendes Drehfeld und dadurch die mehreren Wechselströme. Bei der Ausführung eines Außenläufers liegt der Stator relativ zum Läufer innen, wodurch nach innen viel Raum für die Gestaltung des Stators bleibt. Somit findet sich Raum für die Anordnung der Gleichrichtmittel und der Gleichstromsammelschienen und ebenfalls Raum zum Vorsehen einer Kühlung, die ggf. auch zum Kühlen der Gleichrichtmittel verwendet werden kann.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die Sammelschienen ringförmig ausgebildet sind und sich etwa entlang des Stators erstrecken und/oder dass die Gleichrichtmittel und/oder die Gleichstromsammelleitungen, insbesondere Gleichstromsammelschienen an dem Generator, insbesondere Stator befestigt sind, insbesondere so,

dass sie mit dem Generator zusammen gekühlt werden. In diesem Fall liegen die Gleichstromsammelschienen so bei oder an dem Stator oder einer Kühleinrichtung und/oder einem Kühlkörper des Stators oder des Generators, dass die für den Generator vorgesehene Kühlung auch für die Gleichstromsammelschienen und/oder die Gleichrichtmittel wirkt. Insbesondere wird die Anordnung so gewählt, dass ein Luftstrom zum Kühlen des Generators auch für die Gleichstromsammelschienen und/oder die Gleichrichtmittel die Kühlung übernimmt. Der Stator kann hierdurch die Kühlung insbesondere für die Gleichrichtmittel mit übernehmen.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die Wechselströme ein System mit wenigstens drei Phasen bilden, also ein Dreiphasensystem, insbesondere ein Sechshephasensystem bilden. Ein Sechshephasensystem ist dabei insbesondere ein System aus zwei Dreiphasensystemen. Die Phasen eines Dreiphasensystems sind um 120° zueinander verschoben und zwei dreiphasige Systeme sind zueinander um etwa 30° verschoben, so dass dann sechs Phasen vorhanden sind, von denen zwei benachbarte jeweils um 30° verschoben sind. Die Statorwicklungen weisen jeweils eine Phasenwicklung für jede Phase auf.

[0013] Die Phasenwicklungen sind vorzugsweise in Teilphasenwicklungen unterteilt. Somit gibt es für das Beispiel von sechs Phasen im Grunde einen Satz Statorwicklungen, nämlich die Gesamtheit aller Wicklungen des Stators, sechs Phasenwicklungen und insgesamt für den gesamten Stator wenigstens 12 Teilphasenwicklungen, nämlich wenigstens zwei für jede Phase für das genannte Beispiel.

[0014] Jede Teilphasenwicklung ist über eines der Gleichrichtmittel mit wenigstens zwei Sammelschienen verbunden. Somit wird für jede Teilphasenwicklung eine Gleichrichtung vorgenommen und der jeweilige Wechselstrom der Teilphasenwicklung gleichgerichtet als Gleichstrom auf die beiden Sammelschienen gespeist. In obigem Beispiel wären demnach wenigstens 12 Gleichrichtmittel vorgesehen und entsprechend würde an 12 über den Generator verteilten Stellen Gleichstrom in die Sammelschienen eingeleitet.

[0015] Insbesondere sind jeweils drei Phasen über einen gemeinsamen Sternpunkt verschaltet. Im oben genannten Beispiel bei sechs Phasen und sechs Phasenwicklungen und 12 Teilphasenwicklungen würden jeweils sechs Teilphasenwicklungen einen gemeinsamen Sternpunkt aufweisen. Somit sind zwei gemeinsame Sternpunkte vorhanden, nämlich einer für jedes der beiden dreiphasigen Systeme.

[0016] Somit ist eine Parallelschaltung von Teilphasenwicklungen möglich, die für den gesamten Ge-

erator mit zwei Gleichstromsammelschienen auskommt. Durch die im Grunde übliche Verschaltung im Sternpunkt braucht bei der Gleichrichtung nur jeweils ein Anschlusspunkt je Teilphasenwicklung berücksichtigt zu werden.

[0017] Günstig ist es, wenn wenigstens sechs Gleichrichtmittel, vorzugsweise wenigstens 12, wenigstens 24 oder wenigstens 48 Gleichrichtmittel vorgesehen und in Umfangsrichtung über den Generator verteilt sind. Hierbei ist es günstig, als Anzahl der Gleichrichtmittel ein Vielfaches der Anzahl der Phasen zu verwenden, so dass für jede Phase jeweils mehrere Gleichrichtmittel vorgesehen sind, nämlich insbesondere auch entsprechend viele Teilphasenwicklungen vorhanden sind. Es ist grundsätzlich vorteilhaft, sehr viele Gleichrichtmittel vorzusehen, die dann jeweils entsprechend klein ausfallen können. Damit wird zum einen eine Wärmequelle in viele kleine Wärmequellen aufgeteilt, so dass die Wärmequelle räumlich verteilt ist. Zum anderen bilden kleinere Halbleiterbauelemente, wie Dioden oder Thyristoren, grundsätzlich eher ein Massenprodukt und sind damit kostengünstig und erprobt erhältlich, als wenn die Halbleiterbauelemente besonders groß ausgestaltet sind. Zudem kann schließlich ein eigenes Gehäuse für die Gleichrichtmittel vermieden werden. Durch diese Variante kann nämlich ein kompakter Gleichrichter, der den gesamten Strom des Generators gleichrichtet, vermieden werden. Ein solcher separater Gleichrichter kann sehr groß ausfallen, benötigt für den entsprechend großen Strom ausgelegte Halbleiterbauelemente und die dazu notwendige Kühlung. Stattdessen wird vorgeschlagen, die Wechselströme direkt dort, wo sie entstehen, gleichzurichten und sie somit gleichzurichten, bevor sie zu einem großen Wechselstrom summiert werden.

[0018] Vorzugsweise weist der Generator eine Nennleistung von wenigstens 500 kW, wenigstens 1 MW, insbesondere wenigstens 2 MW auf. Dies unterstreicht, dass ein großer, moderner Generator verwendet wird, bei dem die genannten Probleme eine große Rolle spielen können. Insbesondere benötigt auch ein solcher großer Generator zur Weiterverarbeitung des erzeugten Stromes einen entsprechend großen Gleichrichter, der ein spezielles und damit teures und Wärme erzeugendes Gerät darstellt. Im Ergebnis kann sogar in der Gondel einer Windenergieanlage ein entsprechender Schaltschrank für den Gleichrichter eingespart werden.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass der Generator als langsam laufender Generator und/oder als vielpoliger Generator mit wenigstens 48, 72, 96, insbesondere wenigstens 192 Statorpolen ausgebildet ist und/oder als dreiphasiger oder sechsphasiger Generator ausgebildet ist. Insbesondere bei solchen vielpoligen Generatoren ist die vorgeschlagene Lösung effizient einsetzbar,

weil hier viele Gleichrichtermittel über den Generator verteilt werden können, um jeweils einen kleinen Teil des Stromes der erzeugten Leistung gleichzurichten. Grundsätzlich kann auch ein bekannter dreiphasiger oder sechsphasiger Generator verwendet werden, der durch das Vorsehen der Gleichrichtmittel und der Gleichstromsammelschienen modifiziert wird.

[0020] Erfindungsgemäß wird zudem ein Ringgleichrichter zum Gleichrichten mehrerer von einem Generator erzeugter Wechselströme vorgeschlagen. Ein solcher Ringgleichrichter umfasst wenigstens drei Gleichrichtmittel zum Gleichrichten jeweils eines der erzeugten Wechselströme und er umfasst wenigstens zwei ringförmig angeordnete und in ihrer Größe an den Generator angepasste Gleichstromsammelleitungen, insbesondere Gleichstromsammelschienen, zum Aufnehmen der gleichgerichteten Wechselströme. Insbesondere ist der Ringgleichrichter so ausgebildet, wie oben die beiden Sammelschienen zusammen mit den Gleichrichtmitteln beschrieben wurden, wobei die Gleichrichtmittel dazu vorbereitet sind, jeweils an eine Phasenwicklung bzw. Teilphasenwicklung angeschlossen zu werden, um dort den erzeugten Wechselstrom aufzunehmen und gleichzurichten. Der Ringgleichrichter ist insbesondere dazu angepasst, mit einem Generator so verbunden zu werden, dass der Ringgleichrichter und der Generator zusammen einen neuen Generator bilden, nämlich wie in wenigstens einer der obigen Ausführungsformen erläutert wurde.

[0021] Vorzugsweise ist der Ringgleichrichter dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichrichtermittel gesteuert sind und mit Steuerleitungen zum Steuern der Gleichrichtmittel verbunden sind. Eine solche Ausgestaltung betrifft insbesondere Gleichrichtmittel, die aus Thyristoren und/oder IGBTs gebildet sind, die angesteuert werden müssen. Im Übrigen können solche Steuerleitungen auch für den beschriebenen Generator vorgesehen sein, um dort die Gleichrichtmittel anzusteuern. Durch ganz oder teilweise gesteuerte Gleichrichtmittel kann mitunter die Gleichrichtung verbessert werden, beispielsweise hinsichtlich Verlusten an den entsprechenden Halbleiterbauelementen. Darüber hinaus kann es mitunter für die Steuerung des Generators vorteilhaft sein, durch den Gleichrichter, also hier durch die Gleichrichtmittel, auf den vom Generator entnommenen Strom und damit auf den Generator einzuwirken, um diesen ggf. teilweise zu steuern.

[0022] Weiterhin wird eine Windenergieanlage mit einem Generator, wie in wenigstens einer der obigen Ausführungsformen beschrieben, vorzusehen. Dieser hat vorzugsweise einen wie oben beschriebenen Ringgleichrichter.

[0023] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren näher erläutert.

[0024] **Fig. 1** zeigt eine Windenergieanlage in einer perspektivischen Darstellung.

[0025] **Fig. 2** zeigt schematisch einen Generator, mit Rotor, Stator, Gleichstromsammelschienen und Gleichrichtmitteln.

[0026] **Fig. 3** zeigt schematisch in einer Schnittdarstellung einen Teil eines Ringgenerators mit Gleichstromsammelschienen und Gleichrichtmitteln.

[0027] **Fig. 4** zeigt die Gleichstromsammelschienen mit Gleichrichtmitteln der **Fig. 3** in einer vergrößerten Darstellung.

[0028] **Fig. 5** zeigt einen Ausschnitt aus zwei Gleichstromsammelschienen in einer perspektivischen Darstellung.

[0029] **Fig. 6** zeigt schematisch einen Ausschnitt eines Generators gemäß dem Stande der Technik mit sechs Wechselstromsammelschienen.

[0030] Nachfolgend können identische Bezugszeichen für ähnliche aber ggf. nicht identische oder aufgrund der schematischen Darstellung nicht identisch dargestellte Elemente verwendet werden. Für identische oder ähnliche Elemente können unterschiedliche Maßstäbe verwendet werden.

[0031] **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.

[0032] **Fig. 2** zeigt schematisch einen Generator **1** mit einem sehr vereinfacht dargestellten Läufer **2** bzw. Rotor **2** und einem Stator **4**. Der Läufer **2** dreht sich bestimmungsgemäß relativ zum Stator **4**, der bestimmungsgemäß zumindest hinsichtlich der Drehbewegung des Läufers stillsteht. Der veranschaulicht dargestellte Stator **4** weist 24 Pole **6** auf. Die Darstellung mit 24 Polen ist lediglich zur Veranschaulichung gewählt. Die Erfindung ist vielmehr vorzugsweise für wesentlich mehr Pole vorgesehen. Auch auf den Abstand zwischen den Polen **6**, der hier wesentlich größer als in einem vergleichbaren realen System ist, kommt es nicht an und er ist nur ein Ergebnis der schematischen Darstellung. Vielmehr soll die **Fig. 2** der Veranschaulichung der Verschaltung und ihrer örtlichen Verteilung über den Umfang des Generators dienen.

[0033] Gemäß **Fig. 2** weist jeder Pol **6** eine Teilphasenwicklung **8** auf. In der Darstellung der **Fig. 2** ist jede Teilphasenwicklung **8** einem Pol **6** zugeordnet. Das ist jedoch nur ein veranschaulichendes Beispiel. Ebenso kann eine Teilphasenwicklung **8** die Reihenschaltung von Wicklungen mehrerer Statorpole sein.

[0034] Gemäß des veranschaulichenden Beispiels der **Fig. 2** sind jedenfalls insgesamt 24 Teilphasenwicklungen **8** vorgesehen, nämlich jeweils vier zu jeder Phase. Die Phasen sind in der **Fig. 2** mit P_1 bis P_6 bezeichnet. Zwei benachbarte Phasen sind jeweils um 30° zueinander verschoben. Somit sind zwei Dreiphasensysteme vorgesehen, nämlich ein erstes Dreiphasensystem mit den Phasen P_1 , P_3 und P_5 und ein zweites Dreiphasensystem mit den Phasen P_2 , P_4 und P_6 . Dabei sind jeweils die Phasen eines Dreiphasensystems, also P_1 , P_3 und P_5 einerseits und P_2 , P_4 und P_6 andererseits über einen gemeinsamen Sternpunkt verschaltet, der in der **Fig. 2** aber nicht dargestellt ist.

[0035] Jede Teilphasenwicklung **8** ist über ein Gleichrichtmittel **10** mit zwei Gleichstromsammelschienen **12**, **14**, nämlich der positiven Gleichstromsammelschiene **12** und der negativen Gleichstromsammelschiene **14** verbunden. Jedes Gleichrichtmittel **10** weist zum Gleichrichten zwei Dioden **16** auf. Hier wurden zur Veranschaulichung Dioden als klassische Elemente zum Gleichrichten verwendet. Statt Dioden können beispielsweise auch Thyristoren oder IGBTs verwendet werden.

[0036] Somit sind im vorliegenden Beispiel 24 Gleichrichtmittel **10** über den Umfang des Generators **1**, insbesondere über den Umfang des Stators **4** verteilt. Jede Phase ist in diesem Beispiel auf jeweils vier Teilphasenwicklungen **8** aufgeteilt und somit wird auch die Gleichrichtung für jede Phase an vier unterschiedlichen Positionen, nämlich etwa in 90° -Abständen über den Generator verteilt, vorgenommen. Es werden somit in dem gezeigten Beispiel **24** Wechselströme durch 24 Gleichrichtmittel **10** gleichgerichtet und die sich ergebenden Teilgleichströme sind schließlich, aufsummiert als ein Gleichstrom bzw. als ein positiver und ein negativer Gleichstrom, in den beiden Gleichstromsammelschienen **12** und **14** vorhanden. Die beiden Gleichstromsammelschienen **12** und **14** führen somit die gesamte von dem Generator **1** erzeugte elektrische Leistung und stellen sie an einem Gleichstromausgang **18** mit einer entsprechenden Gleichspannung U_{DC} bereit. Die Gleichrichtmittel **10**, die im gezeigten Beispiel jeweils nur ein $1/24$ der Leistung gleichrichten müssen, die letztlich von den Gleichstromsammelschienen **12** und **14** geführt wird, können entsprechend klein ausgeführt werden. Entsprechend kommt auch in Betracht, vergleichbare Standardbauteile einzusetzen, die kostengünstig und erprobt sind.

[0037] Die [Fig. 2](#) zeigt die Gleichstromsammelschienen **12** und **14** mit unterschiedlichem Durchmesser zueinander und mit größerem Durchmesser gegenüber dem Stator **4**. Die Darstellung der [Fig. 2](#) ist jedoch nur eine Veranschaulichung und vorzugsweise sind der Stator **4**, die positive Gleichstromsammelschiene **12** und die negative Gleichstromsammelschiene **14** nicht radial, sondern axial zueinander beabstandet.

[0038] [Fig. 3](#) zeigt einen Ausschnitt aus einem Generator in einer Ansicht in Umfangsrichtung des Generators **1**. Der Generator **1** weist dabei einen Läufer **2** und einen Stator **4** mit Wickelköpfen **20** auf. An dem Stator **4** sind gemäß [Fig. 3](#) an der linken Seite und damit in axialer Richtung eine positive Gleichstromsammelschiene **12** und eine negative Gleichstromsammelschiene **14** dargestellt. Zwischen diesen beiden Gleichstromsammelschienen **12**, **14** ist das Gleichrichtmittel **10** angeordnet und über einen Wechselstromanschluss **22** mit einer entsprechenden Wicklung, insbesondere Teilphasenwicklung verschaltet, die in der [Fig. 3](#) aber nicht näher dargestellt ist.

[0039] Somit funktioniert der gezeigte Generator **1** so, dass sich der Rotor bzw. Läufer **2** relativ zum Stator **4** dreht, im Stator **4** werden dabei eine Vielzahl von Wechselströmen erzeugt, die jeweils über Gleichrichtmittel **10** gleichgerichtet und auf die beiden Gleichstromsammelschienen **12**, **14** übertragen werden. Es ist somit ein Rotor **2** bzw. Läufer **2** und ein Stator **4** vorgesehen, ebenfalls ist eine positive Gleichstromsammelschiene **12** und eine negative Gleichstromsammelschiene **14**, aber sehr viele Gleichrichtmittel **10** vorgesehen, von den nur eines in [Fig. 3](#) gezeigt ist.

[0040] [Fig. 2](#) zeigt dabei die Verteilung solcher Gleichstrommittel **10** über den Umfang des Generators **1** schematisch. Im Übrigen können die positive Gleichstromsammelschiene **12** mit der negativen Gleichstromsammelschiene **14** und der Vielzahl der Gleichrichtmittel **10** und schließlich den Gleichstromanschlüssen **18** als Ringgleichrichter angesehen werden. Die Wechselstromanschlüsse **22** können teilweise als Element eines solchen Ringgleichrichters angesehen werden. Entsprechend ist ein solcher Ringgleichrichter separat vom Rest des Generators **1** vorbereitbar und braucht beim Zusammenbau mit diesem restlichen Generator **1** lediglich an seinen Wechselstromanschlüssen **22** mit den jeweiligen Teilphasenwicklungen **8** elektrisch verbunden zu werden.

[0041] Durch das Vorsehen von Gleichstromsammelschienen **12**, **14** kann hierbei auch ein insgesamt mechanisch stabiles Gebilde geschaffen werden.

[0042] [Fig. 4](#) zeigt einen Ausschnitt der [Fig. 3](#), nämlich die positive Gleichstromsammelschiene **12**, die

negative Gleichstromsammelschiene **14**, die Gleichrichtmittel **10**, von denen die Darstellung der [Fig. 4](#) nur eines zeigt und die Wechselstromanschlüsse **22**, von denen die [Fig. 4](#) aufgrund der gewählten Darstellung auch nur einen zeigt. Das Gleichrichtmittel **10** kann zwei Thyristoren **16'** jeweils als gleichrichtendes Bauelement aufweisen. Zwischen zwei Thyristoren **16'** ist der Wechselstromanschluss **22** angeordnet. Die Thyristoren **16'** können über Steuerleitungen **24** angesteuert werden. Auch bei der Verwendung von IGBTs wären diese anzusteuern, was durch die Ansteuerleitung **24** bzw. entsprechend angepasste Ansteuerleitungen erreicht werden kann.

[0043] Dieser Ausschnitt der [Fig. 3](#), der in [Fig. 4](#) dargestellt ist, zeigt somit einen Ringgleichrichter **26**. Wird dieser mit dem Generator **1**, insbesondere mit dem Stator **4** verbunden, wie es in [Fig. 3](#) gezeigt ist, ist dieser Ringgleichrichter **26** Teil des Generators **1**. In [Fig. 4](#) sind zudem noch schematisch die Gleichstromanschlüsse **18** angedeutet.

[0044] [Fig. 5](#) zeigt einen Ausschnitt eines Ringgleichrichters **26** in einer perspektivischen Darstellung. Hier wird die Anordnung der positiven Gleichstromsammelschiene **12** zu der gemäß [Fig. 5](#) dahinter liegenden negativen Gleichstromsammelschiene **14** verdeutlicht. Zwischen diesen beiden Gleichstromsammelschienen **12**, **14** ist das Gleichrichtmittel **10** mit dem Wechselstromanschluss **22** zur Erläuterung eingezeichnet. Von dem Gleichrichtmittel **10** ist ein Thyristor **16'** als im Grunde rundes Bauteil dargestellt. Tatsächlich würde natürlich die in der [Fig. 5](#) vorne liegende positive Gleichstromsammelschiene **12** diesen Thyristor **16'** verdecken, der hier nur zur Veranschaulichung dargestellt ist.

[0045] [Fig. 6](#) zeigt in Anlehnung an die in [Fig. 3](#) gewählte Perspektive einen Generator **601** mit einem Läufer **602** und einem Stator **604**. Auch hier sind mehrere Teilphasenwicklungen vorgesehen, die zur Parallelschaltung phasenweise jeweils an eine Wechselstromschiene L1 bis L6 angeschlossen sind. Die Wechselstromschienen L1 bis L6 sind von dem Stator **604** aus gemäß der Darstellung nach links und damit in axialer Richtung angeordnet. Es ist zu erkennen, dass hier ein ganz erheblicher Raumbedarf besteht, obgleich nicht einmal Halbleiterbauelemente enthalten sind. Jedoch ist gemäß der gezeigten bekannten Lösung für jede Phase eine getrennte Wechselstromsammelschiene vorzusehen, die zu den anderen Wechselstromsammelschienen elektrisch zu isolieren ist. Auch müssen alle sechs Wechselstromsammelschienen L1 bis L6 mechanisch ausreichend befestigt sein, was aufgrund der gezeigten räumlichen Ausgestaltung Probleme bereiten kann.

[0046] [Fig. 6](#) verdeutlicht somit, dass zum Zusammenschalten von Formspulen in einem großen Ringgenerator Sammelschienen benötigt werden. Ent-

sprechend benötigen Generatoren mit mehreren Phasen entsprechend viele Ringe solcher Sammelschienen, nämlich einen pro Phase. Es wird somit vorgeschlagen, einen Ringgleichrichter zu bauen, um das Problem zu vermeiden und damit insbesondere die Anzahl der Ringe zu verringern und dabei auch das vorhandene Volumen besser auszunutzen. Die Lösung schafft die Möglichkeit, mit zwei Gleichstromsammelschienen **12** und **14**, also mit zwei Ringen, auszukommen. Auch für die vorgeschlagene Lösung können die Teilphasenwicklungen mittels Formspulen realisiert werden. Solche Formspulen werden entsprechend in dem Stator über die entsprechenden Statorpole, wie beispielsweise die Pole **6** der [Fig. 2](#), geschoben.

[0047] Die aufgezeigte Lösung benötigt mehr Teile, insbesondere mehr Gleichrichtmittel. Die Gleichrichtmittel als solche werden aber in der Bauform kleiner. Kleinere Einheiten werden somit jeweils weniger Energie übertragen. Die Lösung schafft somit eine günstige Möglichkeit, Formspulen im Stator parallelzuschalten.

[0048] Entsprechend wird vorgeschlagen, in einem Generator, in dem die Statorwicklungen parallelgeschaltet sind, das entstehende Volumenproblem durch Sammelschienen durch die Verwendung eines Ringgleichrichters zu lösen. Dieser könnte so ausgebildet sein, dass die Wicklungen mit kleinen Gleichrichtern, bestehend aus Dioden, Thyristoren oder IGBTs ausgestattet werden und an Plus und Minus über Schienen zusammengeschaltet werden. Die Anzahl der Ringe für solche Sammelschienen kann sich hierdurch auf bis zu zwei minimieren, eventuell auf drei, wenn man alle Wicklungen über einen Ring auf einen Sternpunkt schaltet. Ein solcher Gleichrichter kann mit der Generatorkühlung gekühlt werden, wenn er auf dem Generator montiert wird. Je nach Ausgestaltung braucht kein zusätzliches Gehäuse oder zusätzliche Kühlung vorgesehen zu werden. Entsprechend schafft die vorgeschlagene Lösung die Möglichkeit einer Integration des Gleichrichters mit dem Generator. Eine Benutzung der Generatorkühlung wird ermöglicht und die Lösung ist dabei platzsparend.

Patentansprüche

1. Generator (**1**) einer getriebelosen Windenergieanlage (**100**), mit einem Stator (**4**) und einem Läufer (**2**), umfassend:

- Statorwicklungen (**8**) zum Erzeugen mehrerer Wechselströme, insbesondere wenigstens dreier, zu einander phasenverschobener Wechselströme,
- Gleichrichtmittel (**10**) zum Gleichrichten der Wechselströme und
- wenigstens zwei Gleichstromsammelschienen (**12**, **14**) zum Sammeln der gleichgerichteten Wechselströme.

2. Generator (**1**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (**1**) als Synchron-generator, insbesondere als fremderregter Synchron-generator und/oder als Außenläufer ausgebildet ist.

3. Generator (**1**) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sammelschienen (**12**, **14**) ringförmig ausgebildet sind und sich etwa entlang des Stators (**4**) erstrecken und/oder dass die Gleichrichtmittel (**10**) und/oder die Gleichstromsammelschienen (**12**, **14**) an dem Stator (**4**) befestigt sind, insbesondere so, dass sie thermisch mit einer Kühlung des Generators (**1**) verbunden sind.

4. Generator (**1**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichrichtmittel (**10**) in Umfangsrichtung des Generators (**1**) entlang des Stators (**4**) und/oder entlang der Sammelschienen (**12**, **14**) verteilt sind.

5. Generator (**1**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sechs Gleichrichtmittel (**10**) vorgesehen und in Umfangsrichtung über den Generator (**1**) verteilt sind, insbesondere dass wenigstens sechsmal so viele Gleichrichtmittel (**10**) wie Sammelschienen (**12**, **14**) vorgesehen sind.

6. Generator (**1**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Nennleistung von wenigstens einem MW, insbesondere von wenigstens zwei MW.

7. Generator (**1**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (**1**) als langsam laufender Generator (**1**) und/oder als vielpoliger Generator (**1**) mit wenigstens 48, wenigstens 72, wenigstens 96, insbesondere wenigstens 192 Statorpolen (**6**) ausgebildet ist und/oder als 6-phasiger Generator (**1**) ausgebildet ist.

8. Ringgleichrichter (**26**) zum Gleichrichten mehrerer von einem Generator (**1**) erzeugter Wechselströme, umfassend:

- wenigstens drei Gleichrichtmittel (**10**) zum Gleichrichten jeweils eines der erzeugten Wechselströme und
- wenigstens zwei ringförmig angeordnete und in ihrer Größe, an den Generator (**1**) angepasste Gleichstromsammelschienen (**12**, **14**), zum Aufnehmen der gleichgerichteten Wechselströme.

9. Ringgleichrichter (**26**) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichrichtmittel (**10**) gesteuert sind und mit Steuerleitungen (**24**) zum Steuern der Gleichrichtmittel (**10**) verbunden sind.

10. Windenergieanlage (**100**) mit einem Generator (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und/oder mit einem Ringgleichrichter (**26**) nach Anspruch 8 oder 9.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

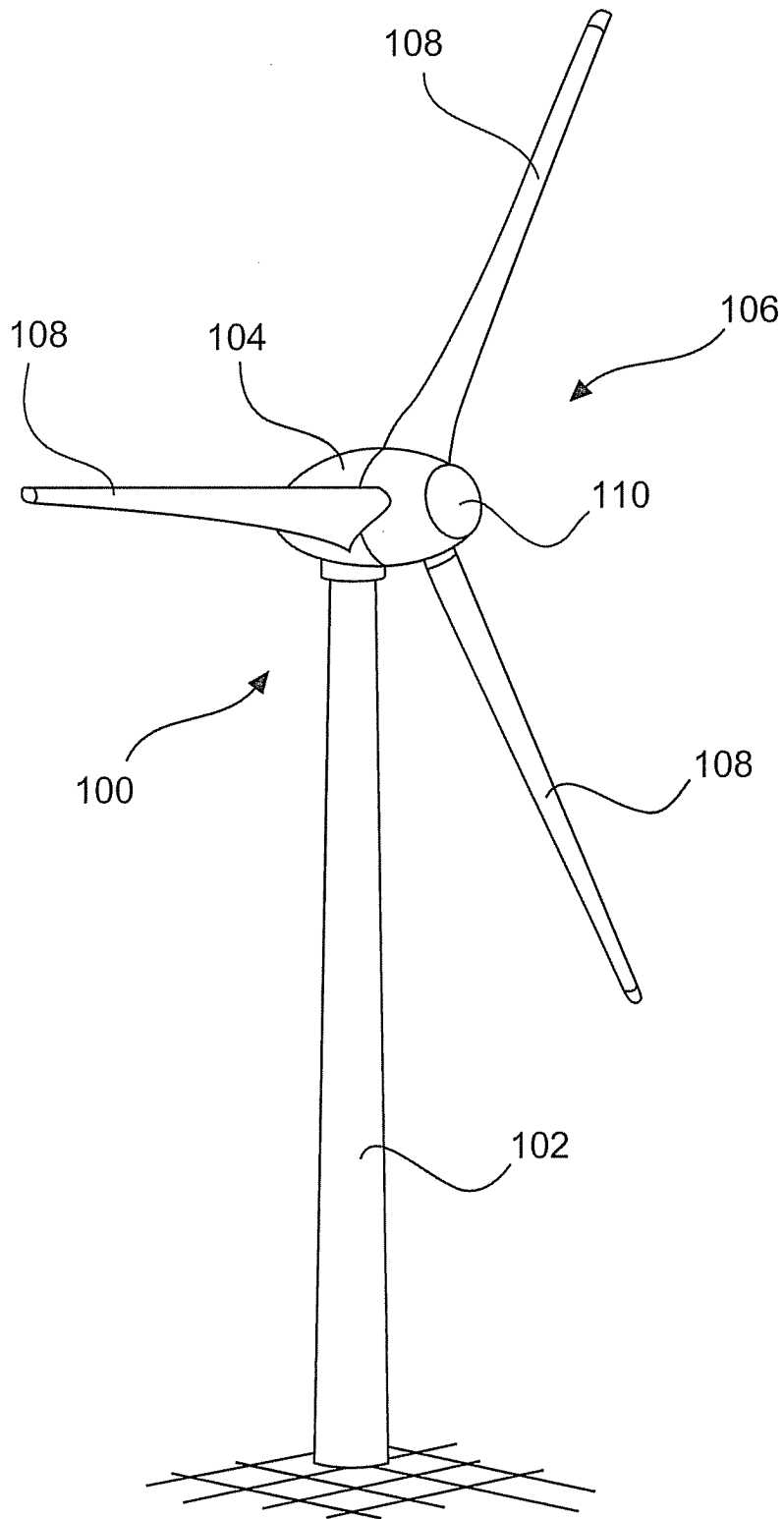


Fig. 1

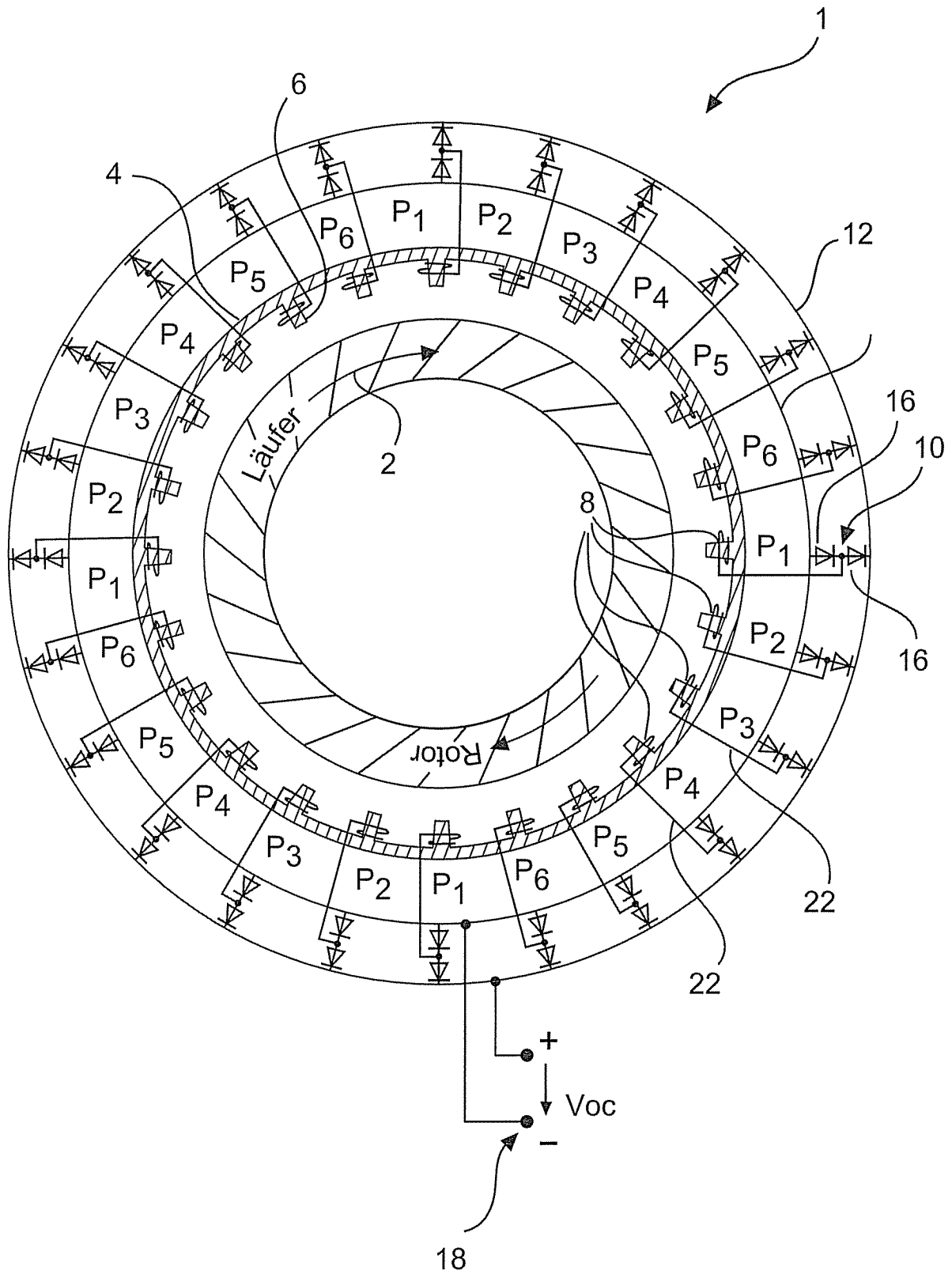


Fig. 2

