



(10) **DE 10 2012 208 549 A1** 2013.11.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 208 549.1**

(22) Anmeldetag: **22.05.2012**

(43) Offenlegungstag: **28.11.2013**

(51) Int Cl.: **H02K 19/16** (2012.01)

**H02K 1/20** (2012.01)

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

(74) Vertreter:  
**Schöling, Ingo, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 28217, Bremen,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Röer, Jochen, 27777, Ganderkesee, DE; Gudewer,  
Wilko, 26506, Norden, DE**

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

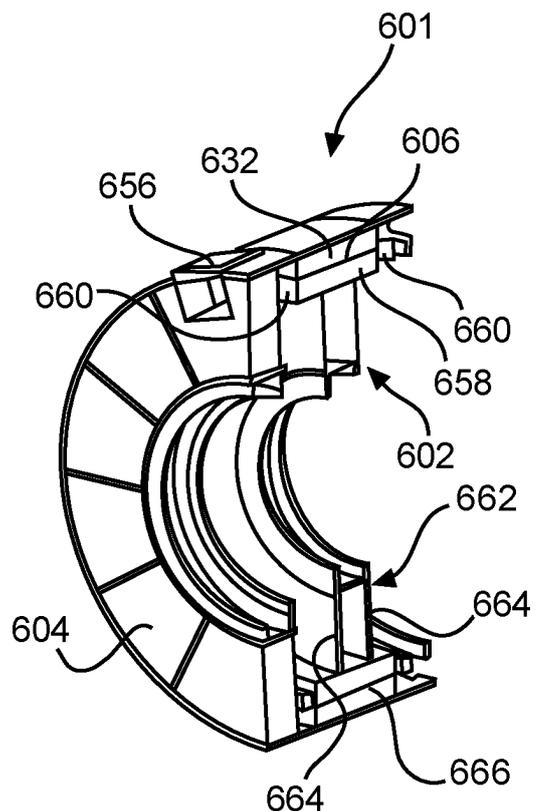
<b>DE</b>	<b>44 02 184</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>196 36 591</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>199 23 925</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2004 018 758</b>	<b>A1</b>

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

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

(54) Bezeichnung: **Optimierter Synchrongenerator einer getriebelosen Windenergieanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Synchrongenerator (301) einer getriebelosen Windenergieanlage (100), umfassend einen Außenläufer (304) und einen Stator (302), wobei der Synchrongenerator (301) einen Generatoraußendurchmesser (344) und der Stator (302) einen Statoraußendurchmesser aufweist, und ein Verhältnis des Statoraußendurchmesser zum Generatoraußendurchmesser größer als 0,86, insbesondere größer als 0,9 und insbesondere größer als 0,92.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Synchrongenerator einer getriebelosen Windenergieanlage. Außerdem betrifft die Erfindung eine getriebelose Windenergieanlage.

**[0002]** Windenergieanlagen sind allgemein bekannt, sie erzeugen elektrische Energie aus Windenergie. Hierzu wird üblicherweise eine sog. Horizontalachsenwindenergieanlage verwendet, wie sie bspw. in [Fig. 1](#) dargestellt ist. Diese weist einen aerodynamischen Rotor auf, der sich vom Wind angetrieben um eine im Wesentlichen horizontale Achse dreht und dabei einen Generator antreibt. Besonders zuverlässige Windenergieanlagen sind getriebelos ausgelegt, so dass der aerodynamische Rotor unmittelbar mit dem Generator, nämlich dem elektrodynamischen Rotor des Generators gekoppelt ist. Der aerodynamische Rotor und der elektrodynamische Rotor, der zur Vermeidung von Missverständnissen nachfolgend als Läufer bezeichnet wird, drehen dabei mit gleicher Geschwindigkeit. Hierfür sind jedenfalls für Windenergieanlagen mit großen Leistungen, die heutzutage im Megawattbereich liegen, entsprechende Synchrongeneratoren mit großer Bauform, nämlich insbesondere großem Luftspaltdurchmesser erforderlich. Mit anderen Worten wird ein Luftspaltdurchmesser umso größer und damit die Bauform des Synchrongenerators insgesamt umso größer, je mehr Leistung der Synchrongenerator erzeugen soll.

**[0003]** Die Größe eines Generators kann aber nicht beliebig erhöht werden. Insbesondere Transportbedingungen auf öffentlichen Straßen begrenzen die Baugröße eines Generators.

**[0004]** Die derzeit wohl leistungsstärkste Windenergieanlage der Welt, die E126 der ENERCON GmbH, hat einen Luftspaltdurchmesser von 10 m und löst das Transportproblem dadurch, dass sowohl Rotor als auch Stator des Generators jeweils in vier Segmente unterteilt werden, die am oder in der Nähe des Aufstellungsortes der Windenergieanlage erst zusammengesetzt werden. Ein solches Vorgehen kann jedoch aufwändig sein und setzt besondere Vorkehrungen voraus, um Fehlergefahren, insbesondere einer Trennstelle, zu reduzieren. Ebenfalls wäre es wünschenswert, den Montageaufwand zu reduzieren.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, wenigstens eines der o.g. Probleme zu adressieren. Insbesondere soll ein möglichst leistungsstarker Generator für eine getriebelose Windenergieanlage vorgeschlagen werden, der mit möglichst wenig Problemen transportiert werden kann und der mit möglichst wenig Aufwand beim Errichten einer Windenergieanlage installiert werden

kann. Zumindest soll eine alternative Lösung vorgeschlagen werden.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird ein Synchrongenerator gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen. Dieser Synchrongenerator einer getriebelosen Windenergieanlage umfasst einen Außenläufer und einen Stator, um den herum sich der Außenläufer bestimmungsgemäß dreht. Der Synchrongenerator hat einen Generatoraußendurchmesser und der Stator hat einen Statoraußendurchmesser. Es wird nun vorgeschlagen, dass der Synchrongenerator so konstruiert wird, dass ein Verhältnis des Statoraußendurchmessers zum Generatoraußendurchmesser größer ist als 0,86. Somit wird vorgeschlagen, den Luftspalt eines Synchrongenerators für eine getriebelose Windenergieanlage möglichst weit nach außen zu legen. Der Synchrongenerator wird also entsprechend konstruiert, dass der Luftspalt möglichst weit außen liegt und entsprechend der Außenläufer möglichst schmal ausgebildet ist, so dass sich dieses Verhältnis des Statoraußendurchmessers zum Generatoraußendurchmesser von mehr als 0,86 ergibt.

**[0007]** Dabei ist zu beachten, dass der Statoraußendurchmesser bei einem Synchrongenerator des Typs Außenläufer, der hier vorgeschlagen wird, im Grunde dem Luftspaltdurchmesser entspricht. Hierbei wird grundsätzlich von einer zylindrischen Ausgestaltung sowohl von dem Stator als auch dem Läufer und insbesondere dem Luftspalt ausgegangen.

**[0008]** Unter Vernachlässigung der Dicke des Luftspalts entspricht der Luftspaltdurchmesser dem Statoraußendurchmesser.

**[0009]** Besonders bevorzugt wird der Luftspalt so weit nach außen verlegt, dass das Verhältnis des Statoraußendurchmessers zum Generatoraußendurchmesser größer als 0,9 ist. Noch weiter bevorzugt wird der Synchrongenerator so konstruiert, dass das Verhältnis des Statoraußendurchmessers zum Generatoraußendurchmesser größer als 0,92 ist.

**[0010]** Bereits die vorgeschlagene Verwendung eines Außenläufers ermöglicht ein solches günstiges Verhältnis. Konstruktionsbedingt können nämlich die Läuferpole bzw. in ihrer körperlichen Ausgestaltung die Läuferpolschuhe mit den entsprechenden Erregerwicklungen, wenn ein fremderregter Synchrongenerator verwendet wird, in ihrer radialen Ausrichtung auf ein sehr geringes Maß reduziert werden. Hierdurch ist es möglich, den Luftspalt möglichst weit nach außen zu verlegen. Gleichzeitig erhält der Stator hierdurch Platz, um die Statorwicklungen vorteilhaft auszubilden. Weiterer Raum im Inneren des Stators kann genutzt werden, wie nachfolgend auch noch einigen Ausführungsbeispielen erläutert werden wird.

**[0011]** Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass der Stator eine radiale Tragkonstruktion aufweist, die sich radial nach innen erstreckt und zum Befestigen an einer sich axial durch den Stator erstreckenden Achsaufnahme vorbereitet ist. Es wird somit der Platz im Inneren des Stators vorteilhaft für eine stabile Konstruktion des Stators ausgenutzt. Hierbei wird eine Achszapfenaufnahme zugrundegelegt, die sich bei bestimmungsgemäßer Installation des Generators mittig durch den Stator hindurch erstreckt. Eine solche Achsaufnahme ist ein stabiles, insbesondere rohrförmiges Element, das in einem Maschinenträger fest befestigt ist und bspw. ein Ferrogussteil sein kann. Die Tragkonstruktion erstreckt sich somit von dem Statorblechpaket, das die Statorwicklung trägt, im Wesentlichen vom Luftspalt aus radial nach innen zu dieser Achsaufnahme, auf der sie mit einem entsprechenden Ringflansch fest befestigt sein kann.

**[0012]** Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass der Stator radiale und axiale Kühlkanäle aufweist. Die radialen Kühlkanäle sind vorgesehen zum radialen Zuführen von Kühlluft zum Stator, nämlich insbesondere zum Blechpaket des Stators hin. Die axialen Kühlkanäle leiten dann die radial zugeführte Kühlluft zum Kühlen des Stators an diesen entlang, insbesondere durch das Statorblechpaket und/oder zwischen Läuferpolen hindurch. Insbesondere wird die Kühlluft, die in ausreichender Menge radial zugeführt wird, zum axialen Leiten aufgeteilt, nämlich in eine axiale Vorwärtsrichtung, die bei bestimmungsgemäßen Betrieb der Windenergieanlage dem Wind entgegengerichtet ist, und in eine Rückwärtsrichtung, also im Grunde in Windrichtung.

**[0013]** Auch hierdurch wird der Platz im Inneren des Stators in vorteilhafter Weise genutzt. Die Verwendung dieses Raumes ermöglicht dabei ein großvolumiges Zuführen von Kühlluft. Wird diese dann in eine Vorwärts- und eine Rückwärtsrichtung aufgeteilt, strömt sie entsprechend von einer solchen Aufteilungsstelle aus nur über die halbe Statorlänge, bezogen auf die axiale Richtung. Entsprechend kann der Stator gut gekühlt, werden und lange Kühlwege, bei denen Kühlluft beim Erreichen des Endes eines solchen Kühlweges bereits soweit aufgewärmt wurde, dass ihre Kühlfähigkeit erheblich nachgelassen hat, werden vermieden.

**[0014]** Günstig ist es zudem, Kühlluft radial über die gesamte axiale Ausdehnung des Stators zuzuführen. Die radialen Kühlkanäle nehmen somit eine Breite eine, die der Länge des Stators entspricht. Hierdurch wird die Möglichkeit eines großvolumigen Kühlstroms bei dieser radialen Zuführung ermöglicht, was Strömungsverluste der Kühlluft vermeidet.

**[0015]** Günstig es außerdem, die radiale Tragkonstruktion so auszubilden, dass diese dabei die radia-

len Kühlkanäle ausbildet. Hierdurch kann im Grunde der gesamte Raum innerhalb des Stators zum Zuführen der Kühlluft verwendet werden. Die Tragkonstruktion kann hierfür wenige im Wesentlichen radial verlaufende Stützbleche aufweisen. Vorzugsweise werden Bleche verwendet, von denen sich einige radial und axial erstrecken und andere sich radial und quer zu einer Längsachse, nämlich Drehachse des Synchrongenerators, erstrecken. Diese Bleche können so zusammengesetzt sein, dass sie den Stator, nämlich insbesondere das Statorblechpaket, sicher tragen können und gleichzeitig Kühlluft radial in Richtung zum Statorblechpaket leiten. Wird die Konstruktion insgesamt so konzipiert, dass der Innenraum im Stator im Wesentlichen für diese radiale Kühlluftzufuhr zur Verfügung steht, kann ein großvolumiger Kühlluftstrom gewährleistet werden, der dafür eine geringe Strömungsgeschwindigkeit der Kühlluft erreicht und entsprechend hinsichtlich Aerodynamik der radialen Kühlkanäle nur geringe Anforderungen gestellt werden müssen.

**[0016]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass der Synchrongenerator gekapselt ist. Insbesondere wird vorgeschlagen, dass der Außenläufer des Synchrongenerators gekapselt ist. Hierdurch wird eine kompakte Bauform erreichbar, die auch zum Transport vorteilhaft zu handhaben ist. Durch eine vorteilhafte Konstruktion derart, dass der Luftspalt möglichst weit radial nach außen verlegt wird, kann eine Erhöhung der Leistung des Generators ohne Erhöhung der Außenabmessungen erreicht werden. Es ist somit eine Erhöhung der Leistung möglich, ohne die Gesamtabmessung des Generators zu erhöhen, so dass dieser möglichst in einem Stück von einer Fertigungshalle zum Aufstellungsort transportiert werden kann. Eine gekapselte Ausführung ist somit bereits in der Fertigungshalle erreichbar und der Generator kann vorteilhafter Weise in eingekapselter Art und Weise transportiert werden. Dadurch wird insgesamt der Aufbau erleichtert.

**[0017]** Insbesondere kann hierfür der Läufer, nämlich der Außenläufer, eine Läuferglocke aufweisen, die nämlich den Läufer in der Art einer Glocke umschließt. Zum Warten des Synchrongenerators werden hierbei Revisionsöffnungen in der Läuferglocke vorgeschlagen. Solchen Revisionsöffnungen sind Öffnungen, die insbesondere auch an einer Stirnseite der Läuferglocke geöffnet werden können, um den Zustand des Synchrongenerators anzusehen und ggf. auch kleinere Reparaturen oder dergleichen durchzuführen.

**[0018]** Vorzugsweise ist der Synchrongenerator fremderregt. Der Läufer, nämlich der Außenläufer, weist somit viele Läuferpole mit Erregerwicklungen auf, durch die ein Strom zum Erregen der Läuferpole und damit des Läufers gesteuert wird. Diese Läuferpole werden insbesondere als Polschuhe oder Pol-

schuhkörper mit Erregerwicklung ausgebildet, die an einem Tragrings des Läufers getragen werden. Diese Konstruktion wird somit im Aufbau so angepasst, dass sie besonders schlank ist, und somit in radialer Richtung eine möglichst geringe Dicke aufweist. Dadurch kann der Luftspalt möglichst weit radial nach außen verlegt werden.

**[0019]** Vorzugsweise ist der Synchrongenerator als Ringgenerator ausgebildet. Ein Ringgenerator beschreibt eine Bauform eines Generators, bei der der magnetisch wirksame Bereich im Wesentlichen auf einem Ringbereich konzentrisch um die Drehachse des Generators angeordnet ist. Insbesondere ist der magnetisch wirksame Bereich, nämlich vom Läufer und vom Stator nur im radial äußeren Viertel des Generators angeordnet. Durch diese Ausbildung als Ringgenerator wird ebenfalls eine Möglichkeit geschaffen bzw. es wird vereinfacht den Luftspalt radial möglichst weit nach außen zu verlegen.

**[0020]** Vorzugsweise wird ein langsam laufender Synchrongenerator vorgeschlagen, der wenigstens 48 Statorpole aufweist. Es kann somit auch bei geringerer Drehzahl ein Wechselstrom mit einer vergleichsweise hohen Frequenz generiert werden. Entsprechend wird vorzugsweise vorgeschlagen, wenigstens 72 Statorpole vorzusehen, wobei noch weiter bevorzugt noch mehr Statorpole verwendet werden, insbesondere wenigstens 192 Statorpole.

**[0021]** Günstig ist zudem, den Synchrongenerator als 6-phasigen Generator auszubilden, nämlich als Generator mit zwei 3-phasigen Systemen, die insbesondere um etwa 30 Grad zueinander versetzt sind. Eine solche Gestaltung ist insbesondere vorteilhaft, um einen 6phasigen Strom zu erzeugen, der dadurch gut zum Gleichrichten geeignet ist und bereits Prinzip bedingt eine geringere Oberwelligkeit beim Gleichrichten verursacht.

**[0022]** Weiterhin wird vorgeschlagen, für den Stator eine durchgängige Wicklung vorzusehen, nämlich insbesondere eine durchgängige Leitung oder einen durchgängigen Leitungsstrang für jede Phase. Im Falle des 6-phasigen Generators, also bei zwei mal 3 Phasen wären somit insgesamt sechs Leitungsstränge zu verlegen. Das Verlegen solcher sechs Leitungsstränge ohne Unterbrechung für den gesamten Stator, der vorzugsweise einen Außendurchmesser von 4,5m aufweisen kann, ist äußerst aufwändig, führt aber zu einem sehr zuverlässigen Stator und damit auch entsprechend zuverlässigen Generator, weil auf Verbindungsstellen verzichtet wird, die sich ansonsten im Betrieb lösen könnten.

**[0023]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass der Stator auf einer axialen Aufnahme getragen wird, insbesondere auf einer Achszapfenaufnahme. Diese axiale Aufnahme, insbeson-

dere Achszapfenaufnahme, verläuft axial durch den Stator und den Außenläufer hindurch, nämlich mitig entlang der Drehachse des Außenläufers und damit gleichzeitig der Mittelachse des Stators. Außerdem wird der Außenläufer vorzugsweise auf einem ersten und einem zweiten mit dieser Aufnahme verbundenen Lager gelagert, wobei beide Lager in axialer Richtung an einer Seite des Stators angeordnet sind, insbesondere so, dass das eine Lager in axialer Richtung zwischen dem anderen Lager und dem Stator angeordnet ist. Der Läufer wird somit von diesen beiden Lagern getragen, so dass er im Bereich des Stators freitragend gehalten angeordnet ist.

**[0024]** Mit anderen Worten ist der Stator fest an der Aufnahme durch diese beiden, axial beabstandeten zwei Lagern befestigt, so dass der Außenläufer den Stator überspannt und auf einer Seite des Stators auf den beiden Lagern getragen wird. Es ergibt sich somit eine äußerst stabile und dabei vergleichsweise einfach aufzubauende Konstruktion. Die Verwendung zweier Lager, nämlich beide auf einer Seite des Stators, ist besonders gut dafür geeignet, Kippkräfte aufzunehmen, die insbesondere durch eine Windlast auf den Rotorblättern über eine Rotornabe zum Außenläufer hin, eingeleitet werden könnten. Es ist zu beachten, dass eines oder beide der Lager auch in einem größeren Abstand von einer Befestigung des Stators auf der Aufnahme oder einem Achszapfen entfernt angeordnet sein können. Ein möglichst großer Abstand zwischen den beiden Lagern gehört ebenfalls die Fähigkeit Kippkräfte aufzunehmen.

**[0025]** Vorzugsweise ist der Synchrongenerator so konstruiert und dimensioniert, dass der Statoraußendurchmesser wenigstens 4,4m, vorzugsweise wenigstens 4,5m und insbesondere wenigstens 4,6m aufweist, insbesondere bei einem Generatoraußendurchmesser von 5m. Es wird somit ein Synchrongenerator vorgeschlagen, der mit einem Außendurchmesser von 5m noch einen Transport auf öffentlichen Straßen zulässt und dabei einen möglichst großen Statoraußendurchmesser aufweist und damit eine möglichst große Nennleistung aufweisen kann.

**[0026]** Weiterhin wird eine Windenergieanlage vorgeschlagen, die einen Synchrongenerator gemäß wenigstens einem der vorbeschriebenen Ausführungsformen aufweist.

**[0027]** Die Erfindung wird nun nachfolgend beispielhaft anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren näher erläutert.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt eine Windenergieanlage in einer perspektivischen Ansicht.

**[0029]** [Fig. 2](#) zeigt einen Generator vom Typ Innenläufer in einer seitlichen Schnittansicht.

[0030] **Fig. 3** zeigt einen Generator vom Typ Außenläufer in einer seitlichen Schnittansicht.

[0031] **Fig. 4** zeigt einen Generator ähnlich der **Fig. 3** in einer perspektivischen Ansicht.

[0032] **Fig. 5** zeigt einen Generator gemäß der **Fig. 4** in einer weiteren perspektivischen Ansicht.

[0033] **Fig. 6** zeigt einen erfindungsgemäßen Generator gemäß einer weiteren Ausführungsform in einer perspektivischen Darstellung.

[0034] **Fig. 7** zeigt den Generator der **Fig. 6** perspektivisch in einer Schnittansicht.

[0035] **Fig. 8** zeigt den Generator gemäß **Fig. 7** in einer anderen Ansicht.

[0036] **Fig. 9** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt eines Generators schematisch.

[0037] **Fig. 10** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt eines Generators schematisch.

[0038] **Fig. 11** zeigt schematisch einen Ausschnitt eines Rotors eines Außenläufers zusammengesetzt mit einem Ausschnitt eines Rotors eines Innenläufers.

[0039] **Fig. 12** zeigt einen an einer Tragkonstruktion befestigten Generator schematisch in einer seitlichen Schnittansicht.

[0040] **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.

[0041] **Fig. 2** zeigt einen Generator **201** vom Typ Innenläufer und damit einen außen liegenden Stator **202** und einen dazu innen liegenden Läufer **204**. Zwischen dem Stator **202** und dem Läufer **204** befindet sich der Luftspalt **206**. Der Stator **202** wird über eine Statorglocke **208** auf einem Statorträger **210** getragen. Der Stator **202** weist Blechpakete **212** auf, die Wicklungen aufnehmen, von denen Wickelköpfe **214** gezeigt sind. Die Wickelköpfe zeigen im Grunde die aus einer Statornut heraus in die nächste Statornut hinein gelegten Wicklungsdrähte. Die Blechpakete **212** des Stators **202** sind an einem Tragring befestigt, der auch als Teil des Stators **202** angesehen werden kann. Mittels dieses Tragrings **216** ist der Stator **202** an einem Statorflansch **218** der Statorglocke **208** befestigt. Hierüber trägt die Statorglocke **208** den Stator **202**. Darüber hinaus kann die Statorglocke **208** Gebläse zum Kühlen vorsehen, die in der Statorglo-

cke **208** angeordnet sind. Hierdurch kann Luft zum Kühlen auch durch den Luftspalt **206** gedrückt werden, um dadurch im Bereich des Luftspalts zu kühlen.

[0042] **Fig. 2** zeigt zudem den Außenumfang **220** des Generators **201**. Lediglich Handhabungsglaschen **222** ragen darüber hinaus, was jedoch unproblematisch ist, da diese nicht über den gesamten Umfang vorhanden sind.

[0043] An den Statorträger **210** schließt sich ein nur teilweise dargestellter Achszapfen **224** an. Auf dem Achszapfen **224** ist der Läufer **204** über zwei Läuferlager **226** gelagert, von denen nur eines gezeigt ist. Dazu ist der Läufer **204** an einem Nabenabschnitt **228** befestigt, der auch mit Rotorblättern des aerodynamischen Rotors verbunden ist, so dass die Rotorblätter vom Wind bewegt den Läufer **204** über diesen Nabenabschnitt **228** drehen können.

[0044] Der Läufer **204** weist dabei Polschuhkörper mit Erregerwicklungen **230** auf. Zum Luftspalt **206** hin ist an den Erregerwicklungen **230** noch ein Teil des Polschuhs **232** zu erkennen. Zur dem Luftspalt **206** abgewandten Seite, also nach innen hin ist der Polschuh **232** mit der Erregerwicklung, die er trägt, an einem Läufertragring **234** befestigt, der wiederum mittels eines Läuferträgers **236** an dem Nabenabschnitt **228** befestigt ist. Der Läufertragring **234** ist im Grund ein zylindermantelförmiger, durchgängiger, massiver Abschnitt. Der Läuferträger **236** weist eine Vielzahl von Verstrebungen auf.

[0045] Es ist in der **Fig. 2** zu erkennen, dass die radiale Ausdehnung des Läufers **204**, nämlich von dem Läufertragring **234** zum Luftspalt **206** deutlich geringer ist als die radiale Ausdehnung des Stators **202**, nämlich vom Luftspalt **206** zum Außenumfang **220**.

[0046] Darüber hinaus ist eine Abstandslänge **238** eingezeichnet, die etwa einen mittleren Abstand einer Läuferaufnahme **250** zu einer Statoraufnahme **252** beschreibt. Die Abstandslänge **238** ist ein Maß für die Luftspaltbeeinflussung der Generatorkonstruktion durch äußere Kräfte. Bei diesem Generator gemäß **Fig. 2** ist diese axiale Abstandslänge verhältnismäßig groß und zeigt damit, dass eine sehr starre Konstruktion von Stator und Läufer notwendig ist, um auch im Betrieb einen gleichmäßigen Abstand zwischen Stator und Läufer sicherzustellen.

[0047] Der Generator **301** der **Fig. 3** ist vom Typ Außenläufer. Entsprechend liegt der Stator **302** innen und der Läufer **304** außen. Der Stator **302** wird durch eine zentrale Statortragkonstruktion **308** auf dem Statorträger **310** getragen. Zur Kühlung ist in der Statortragkonstruktion **308** ein Gebläse **309** eingezeichnet. Der Stator **302** wird somit mittig getragen, was die Stabilität sehr erhöhen kann. Weiterhin kann er von innen her durch das Gebläse **309**, das nur cha-

rakteristisch für weitere Gebläse steht, gekühlt werden. Der Stator **302** ist bei dieser Konstruktion von innen her zugänglich.

[0048] Der Läufer **304** weist einen außen liegenden Läufertragring **334** auf, der an einem Läuferträger **336**, der auch als Läuferglocke **336** bezeichnet werden kann, befestigt ist und von diesem bzw. dieser auf dem Nabenabschnitt **328** getragen wird, der wiederum über zwei Läuferlager, von denen ein Läuferlager **326** gezeigt ist, auf einem Achszapfen **324** gelagert wird.

[0049] Aufgrund der vertauschten Anordnung von Stator **302** und Läufer **304** ergibt sich ein Luftspalt **306**, der einen größeren Durchmesser aufweist als der Luftspalt **206** der [Fig. 2](#) des Generators **201** vom Typ Innenläufer.

[0050] [Fig. 3](#) zeigt zudem noch eine günstige Anordnung einer Bremse **340**, die über eine mit dem Läufer **304** verbundene Bremsscheibe **342** den Läufer **304** bei Bedarf festsetzen kann.

[0051] In [Fig. 3](#) ist ebenfalls eine axiale Abstandslänge **338** eingezeichnet, die ebenfalls einen mittleren Abstand einer Läuferaufnahme **350** zu einer Statoraufnahme **352** beschreibt. Hier ist diese Abstandslänge **338** deutlich verringert gegenüber der axialen Abstandslänge **238**, die bei dem Generator vom Typ Innenläufer in der [Fig. 2](#) gezeigt ist. Auch die axiale Abstandslänge **238** der [Fig. 2](#) gibt einen mittleren Abstand zwischen den beiden Tragkonstruktionen für den Stator **202** einerseits und den Läufer **204** andererseits an. Je kleiner eine solche axiale Traglänge **238** bzw. **338** ist, um so höher ist die Luftspalt-Stabilität, die erreicht werden kann, insbesondere auch eine Kippstabilität zwischen Stator und Läufer.

[0052] Der Außendurchmesser **344** des Außenumfangs **320** ist bei beiden gezeigten Generatoren der [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) identisch. Der Außenumfang **220** des Generators **201** der [Fig. 2](#) weist somit ebenfalls den Außendurchmesser **344** auf. Trotz gleicher Außendurchmesser **344** ist es bei der Konstruktion der [Fig. 3](#), die den Generator **301** des Typs Außenläufer zeigt, möglich, einen größeren Luftspaltdurchmesser für den Luftspalt **306** gegenüber dem Luftspalt **206** der [Fig. 2](#) zu erreichen.

[0053] Aus der perspektivischen Darstellung der [Fig. 4](#) wird der grundsätzliche Aufbau eines gekapselten erfindungsgemäßen Generators **401** erkennbar. In der [Fig. 4](#) ist zudem ein Statorträger **410**, insbesondere sein Flansch zu erkennen. Dieser Statorträger **410** trägt den Stator. Der gezeigte Trägerflansch **450** ist zum Befestigen an einem Maschinenträger vorgesehen, der nämlich fest an einer Gondel einer Windenergieanlage bestimmungsgemäß angeordnet ist. Der Statorträger **410** trägt den Stator des

Generators **401** und wird auch als Achszapfenaufnahme bezeichnet, weil diese Achszapfenaufnahme mit ihrer einen Seite, nämlich dem Trägerflansch **450** am Maschinenträger befestigt wird und an einer anderen, in [Fig. 4](#) nicht gezeigten Seite, mit einem Achszapfen fest verbunden wird. Ein solcher Achszapfen trägt oder stützt den aerodynamischen Rotor.

[0054] Der Statorträger **410** bzw. die Achszapfenaufnahme **410** kann als Teil des Generators **401** verstanden werden.

[0055] In [Fig. 4](#) sind auch Bremsen **440** gezeigt, die auch den Übergang vom Außenläufer **404** zum innenliegenden Stator **402** markieren. Die Bremsen **440** sind dabei an einer Statorringscheibe **446** befestigt und können von dort aus den Läufer **404** an seiner Bremsscheibe **442** bremsen. Die Statorringscheibe **446** ist im Wesentlichen an dem Trägerflansch **450** befestigt.

[0056] [Fig. 5](#) zeigt eine weitere Ansicht des Generators **401**, die im Wesentlichen den eingekapselten Läufer **404** zeigt. In der Perspektive der [Fig. 5](#) ist zudem von dem Statorträger **410** bzw. Achszapfenaufnahme **410** ein Achszapfenflansch **452** zu erkennen, an dem bestimmungsgemäß ein Achszapfen montiert wird. Dies verdeutlicht auch, dass die Achszapfenaufnahme **410** bzw. der Statorträger **410** als Teil des Generators **401** verstanden werden kann, was im Übrigen nicht nur für diese Ausführungsform gilt, weil aus den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) deutlich wird, dass der Generator **401** mit diesem Statorträger **410** jedenfalls eine räumlich klar vorgegebene Vorrichtung bildet.

[0057] [Fig. 6](#) zeigt einen Generator **601**, der ähnlich dem Generator **401** und dem Generator **301** aufgebaut ist. Zu dem Generator **401** der [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) unterscheidet sich dieser Generator **601** im Wesentlichen darin, dass ein Statorträger bzw. eine Achszapfenaufnahme nicht dargestellt ist, worauf es bei der Darstellung nicht ankommt. Zudem ist in [Fig. 6](#) eine Revisionsöffnung **656** gezeigt, durch die hindurch in den Läufer **604** hineingesehen werden kann, um etwaige Wartungen oder Überprüfungen des Läufers **604** vornehmen zu können. Ebenfalls kann durch diese Revisionsöffnung **656** auch zumindest teilweise der Stator **602** begutachtet werden. Die Revisionsöffnung **656** ist in [Fig. 6](#) veranschaulichend dargestellt. Es sind jedoch auch je nach Bedarf und unter Berücksichtigung der verbleibenden Stabilität der gezeigten Einkapselung des Läufers **604** vorzugsweise weitere Revisionsöffnungen **656** vorzusehen. Für die Begutachtung alleine des Stators **602** könnte eine Revisionsöffnung **656** ausreichen, die je nach Bedarf an die entsprechende Stelle des Stators **602** gedreht werden kann. Zur Untersuchung des Läufers **604** kann es jedoch vorteilhaft sein, mehrere solcher Revisionsöffnungen **656** vorzusehen.

[0058] Die Darstellung der [Fig. 7](#) verdeutlicht einen Teil des Aufbaus des innenliegenden Stators **602**. Dieser weist ein Statorblechpaket **658** auf, der bewickelt ist, was durch die Wickelköpfe **660** angedeutet wird. Zur Drehachse hin weist der Stator **602** eine radiale Tragkonstruktion **662** auf. Die radiale Tragkonstruktion **662** umfasst im Wesentlichen zwei radiale Leitbleche, die sich radial nach außen erstrecken und dabei senkrecht zur Drehachse des Generators **601** angeordnet sind. Diese radialen Leitbleche **664** können dem Stator **602**, insbesondere das Statorblechpaket **658**, mit seinen Wicklungen auf einem Statorträger bzw. auf einer Achszapfenaufnahme, wie sie bspw. in [Fig. 4](#) mit der Bezugsnummer **410** gezeigt ist, befestigt werden. Gleichzeitig können die Leitbleche **664** Luft als Kühlluft zum Statorblechpaket **658** leiten.

[0059] Damit kann das Statorblechpaket **658** und auch Wicklungen in dem Statorblechpaket **658**, die durch die Wickelköpfe **660** angedeutet sind, gekühlt werden. Radial nach außen schließt sich an das Statorblechpaket **658** der Läufer **604** mit seinen Polschuhen **632** an. Zwischen dem Statorblechpaket **658** und den Polschuhen **632** ist ein Luftspalt **606** ausgebildet, der in der [Fig. 7](#) nur als eine Linie erkennbar ist.

[0060] In der Perspektive der [Fig. 8](#) ist ebenfalls der Aufbau des Stators **602** mit seiner radialen Tragkonstruktion **662** mit den beiden radialen Leitblechen **664** zu erkennen. Dabei sind weitere Revisionsöffnungen **656'** zu erkennen, die ebenfalls zum Begutachten und Warten sowohl des Stators **602** als auch des Läufers **604** vorgesehen sind. Dabei sind diese Revisionsöffnungen **656'** in einem radialen Rotorblech **666** angeordnet und erlauben ein Blick auf die Polschuhe **632** des Läufers und insbesondere die maschinenträgerseitigen Wickelköpfe **660**.

[0061] Dabei ist das radiale Rotorblech **666** so ausgebildet, dass noch eine Bremsscheibe **642** getragen werden kann.

[0062] [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) veranschaulichen in einem Ausschnitt Kühlströmungen unterschiedlicher Generatortypen, nämlich eines Generators **901** vom Typ Innenläufer in der [Fig. 9](#) und ein Generator **1001** vom Typ Außenläufer in der [Fig. 10](#). Der Ausschnitt in [Fig. 9](#) entspricht etwa dem Ausschnitt eines Generators **201** der [Fig. 2](#), wobei in [Fig. 9](#) eine etwas andere Ausführungsform gezeigt ist. Der Ausschnitt der [Fig. 10](#) entspricht etwa dem Ausschnitt eines Generators **301**, wie er in [Fig. 3](#) gezeigt ist, wobei [Fig. 10](#) eine etwas andere Ausführungsform zeigt.

[0063] Gemäß [Fig. 9](#) fließen radiale Kühlströme **970** im Wesentlichen beidseitig – bezogen auf die Darstellung der [Fig. 9](#), des Läufers **904** nach außen bis hin zum Statorblechpaket **958** und zu den Wickelköpfen **960**. Eine axiale Kühlströmung **972** bildet sich nur

in einer Richtung aus und muss somit sowohl das Statorblechpaket **958** als auch die Läuferpolschuhe **932** in axialer Richtung vollständig kühlen. Der Kühlweg ist somit verhältnismäßig lang und eine Zuführung von Kühlluft erfolgt im Wesentlichen über eine der radialen Kühlströme **970**.

[0064] Der Generator **1001** vom Typ Außenläufer führt über radiale Kühlströme **1070** im Grunde auf voller Breite des Stators **1002** Kühlluft radial zum Statorblechpaket **1058** und von da ggf. weiter über nicht gezeigte Kühlkanäle zu Läuferpolschuhen **1032**. Die Kühlluft kann in zwei Richtungen als axiale Kühlströmung **1072** Läufer **1004** und Stator **1002** kühlen. Es ist somit viel Kühlluft zuführbar, nämlich auf voller Breite des Stators **1002** – bezogen auf die Darstellung der [Fig. 10](#) – bzw. auf voller axialer Länge des Stators **1002**. Dabei kann die radial zugeführte Kühlluft der radialen Kühlströme **1070** sich beim Erreichen etwa des Luftspalts **1006** aufteilen, so dass nur jeweils Stator **1002** und Läufer **1004** axial zur Hälfte von einem Kühlstrom gekühlt werden müssen. Die Erwärmungsstrecke von dem jeweiligen Kühlstrom halbiert sich somit.

[0065] Der Vergleich der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) veranschaulicht auch die Position und den Platzbedarf der Statorwickelköpfe **960** des Generators **901** der [Fig. 9](#) für den Fall eines Innenläufers und der Statorwickelköpfe **1060** des Generators **1001** der [Fig. 10](#) für den Außenläufer andererseits.

[0066] Die in [Fig. 10](#) gezeigten, radialen und axialen Kühlströme **1070** bzw. **1072** können bspw. durch ein Gebläse erzeugt werden, wie bspw. das Gebläse **309**, das in dem Generator **301** der [Fig. 3](#) gezeigt. Ein solches Gebläse, von dem auch mehrere vorgesehen sein können, kann bspw. Kühlluft zwischen die beiden radialen Leitbleche **1064** drücken, so dass Kühlluft zwischen den beiden radialen Leitblechen **1064** radial nach außen geleitet wird. Weiterhin kann durch andere Zuführung von Kühlluft zum Stator ein Kühlstrom in radialer Richtung resultieren. Wenn der Kühlstrom am Statorblechpaket **1058** oder den Polschuhen **1032** ankommt, bzw. im Wesentlichen im Bereich des Luftspalts **1006** ankommt, kann dieses in axiale Strömung umgeleitet werden. Zum Weiterleiten radialer Kühlluft **1070** durch den Stator **1002** können entsprechende Kühlkanäle verteilt über das Statorblechpaket **1058** vorgesehen sein. Kühlluft kann im Wesentlichen in axialer Richtung zwischen Polschuhen **1032** entlang strömen, und auch axial durch den Luftspalt **1006** strömen. Ein teilweises axiales Strömen von Kühlluft ist auch in Teilen des Statorblechpakets **1058** möglich, nämlich insbesondere in Wicklungsnuten, soweit darin liegende Wicklungen freien Raum z.B. durch Kühlkanäle, die in den Wicklungen liegen, gelassen haben. Ein weiterer Weg von Kühlluft kann durch Kanäle erfolgen, die innerhalb des Blechpaketes verlaufen. Davon abgesehen wird dar-

auf hingewiesen, dass die durch Pfeile veranschaulichten radialen Kühlströme **1070** und axialen Kühlströme **1072** als schematische Darstellung zu verstehen sind.

[0067] **Fig. 11** ist eine schematische Darstellung, die in einem Ausschnitt Polschuhe **32A** eines Außenläufers **4A** zusammen mit Polschuhen **32B** eines Innenläufers **4B** zusammen in einer Darstellung zeigt. Die gezeigte Anordnung ist in dieser Zusammenstellung nicht Teil einer funktionierenden Maschine.

[0068] Vielmehr soll **Fig. 11** den Unterschied der Polschuhanordnung eines Außenläufers **4A** eines fremderregten Synchrongenerators gegenüber der Polschuhanordnung eines Innenläufers **4B** eines Synchrongenerators verdeutlichen. Auch die **Fig. 11** zeigt einen Luftspalt **6AB** als Orientierung. Der Innenläufer **4B** erstreckt sich von dem Luftspalt **6AB** nach innen, mit der Konsequenz, dass die Polschuhe **32B** vom Luftspalt **6AB** aus zusammenlaufen. Die Zwischenräume **48B** verkleinern sich dabei und die Polschuhe **32B** laufen im Grunde aufeinander zu. Damit wird der Wickelraum der Polschuhe **32B** eingeschränkt und auch Raum für etwaige Kühlströme verringert sich. Es wird darauf hingewiesen, dass **Fig. 11** eine Darstellung in axialer Sicht, also in Sicht entlang der Drehachse zeigt.

[0069] Andererseits laufen die Polschuhe **32A** des Außenläufers **4A** von dem Luftspalt **6AB** radial nach außen auseinander. Entsprechend entsteht viel Zwischenraum **48A** zwischen den Polschuhen **32A**. Dieser Effekt kann auch konstruktiv genutzt werden und es wird möglich, die radiale Ausdehnung von Läuferpolschuhen und damit grundsätzlich die radiale Ausdehnung des Läufers zu reduzieren. Dies stellt eine mögliche Maßnahme – grundsätzlich für alle erfindungsgemäßen Ausführungsformen – dar, den Luftspalt soweit wie möglich nach außen zu legen, um dadurch bei gegebener Baugröße, insbesondere gegebenem Außendurchmesser des Generators, seine Leistungsfähigkeit noch zu erhöhen bzw. zu optimieren.

[0070] **Fig. 12** zeigt einen Generator einer Ausführungsform schematisch in einem installierten Zustand. Dort ist ein Maschinenträger **1209** vorgesehen, an dem ein Statorträger **1210** befestigt ist, an dem wiederum ein Achszapfen **1224** befestigt. Von dem Generator **1201** ist der Stator **1202** an dem Statorträger **1210** befestigt. Der Maschinenträger **1209**, der Statorträger **1210**, der Achszapfen **1224** und der Stator **1202** sind somit zu einem starren und feststehenden Element verbunden, abgesehen von der Möglichkeit einer Azimutverstellung der gesamten dargestellten Konstruktion.

[0071] Der außenliegende Läufer **1204** ist über einen Rotorträger **1236** an einer Rotornabe **1228** be-

festigt. Der Nabenabschnitt **1228** ist über ein erstes und zweites Rotorlager **1226** bzw. **1227** drehbar auf dem Achszapfen **1224** gelagert. Durch den großen axialen Abstand  $a$  zwischen dem ersten und zweiten Rotorlager **1226** und **1227** ergibt sich eine hohe Kippstabilität für den Läufer **1204**.

[0072] Weiterhin ist eine axiale Abstandslänge  $e$  eingezeichnet, die der Abstandslänge **338** der **Fig. 3** entspricht. Diese beschreibt einen mittleren Abstand in axialer Richtung vom Rotorträger **1236** zu einer Statoraufnahme **1252**. Durch Vorsehen eines Außenläufergenerators und damit eines innenliegenden Stators **1202** kann der Stator **1202** in axialer Richtung gesehen mittig auf dem Statorträger **1210** fest befestigt werden, so dass die gezeigte Abstandslänge  $e$  verhältnismäßig klein ist. Zusammen mit dem großen Abstand  $a$  und der daraus resultierenden Kippstabilität ist eine besonders stabile Struktur erreichbar.

[0073] Der Läufer **1204** weist zudem eine umlaufende Bremsschleife **1242** auf, die sich zusammen mit dem Läufer **1204** im Betrieb dreht. Zum Bremsen bzw. Festsetzen ist entsprechend eine Bremse **1240** vorgesehen.

[0074] Der **Fig. 12** ist zudem zu entnehmen, dass viel Raum vorhanden ist, um von innen her den Stator **1202** mit Kühlmedium, insbesondere Kühlluft, anzuströmen. Unter anderem kann ein solches Kühlmedium auch innerhalb der gezeigten Statoraufnahme **1252** zum Stator, insbesondere im Bereich der Statorwicklungen **1230** strömen. Weiterhin kann die radial geführte Kühlluft zur Kühlung der Rotor-Pole **1231** der Erregerwicklung genutzt werden.

[0075] Grundsätzlich ist es somit möglich, im Vergleich mit einem fremderregten Innenläufergenerator den Luftspaltdurchmesser bei gleichem Gesamtaußendurchmesser zu vergrößern. Wenn bei Innenläufergeneratoren das Verhältnis Luftspaltdurchmesser zu Gesamtaußendurchmesser unter einen Wert von 0,86 beschränkt ist, wird es nun möglich, dieses Verhältnis selbst bei einem fremderregten Außenläufer zu erhöhen. Es kann nun ein Verhältnis von 0,86 bis 0,94 realisiert werden. Weiterhin ist bei einer gekapselten Ausführung ausreichend Platz für die Statorwickelköpfe. Dabei ist auch, bei gekapselter Ausführung, eine gute Zugänglichkeit der Statorwickelköpfe gegeben.

[0076] Bei einem Außenläufergenerator ist eine Luftdurchströmung über die gesamte Statorpaketbreite bei einer Luftzufuhr innerhalb der Außenabmaße leicht realisierbar.

[0077] Mit einem fremderregten Außenläufergenerator, wie er erfindungsgemäß vorgeschlagen wird, kann im Vergleich zu einem Innenläufergenerator bei gleichem Luftspaltdurchmesser ein größeres Blech-

paket in den Polen, mehr Erregerwicklungen und mehr Kühlungsluft zwischen den Polpaketen realisiert werden.

**[0078]** Nachteile des Standes der Technik, wie geringer Luftspaltdurchmesser bei vergleichbaren Außenabmessungen, ungünstige oder unmögliche Zugänglichkeit zum Statorwickelkopf bei gekapselter Bauform und eingeschränkte Luftkühlungsmöglichkeiten, können durch die vorgeschlagene Erfindung zumindest teilweise adressiert werden. Es ist somit eine bessere Materialausnutzung, eine bessere Kühlung und im Ergebnis eine höhere Generatorleistung bzw. geringere Generatorverlustleistung erzielbar.

**[0079]** Gleichzeitig werden die Transportabmessungen gering gehalten, insbesondere ist es möglich, maximale Transportabmaße für den Transport auf öffentlichen Straßen einzuhalten. Eine Verbesserung der Kühlung des Generators kann erreicht werden und im Ergebnis kann eine höhere Generatorleistung oder zumindest eine geringe Generatorverlustleistung realisiert werden.

**[0080]** Bei einem vorgeschlagenen fremderregten Außenläufergenerator können im Vergleich zu bekannten Innenläufergeneratoren bei gleichem Luftspaltdurchmesser ein größeres Blechpaket, mehr Erregerwicklung und mehr Kühlungsluft zwischen den Polpaketen bzw. Polen realisiert werden.

### Patentansprüche

1. Synchrongenerator (301) einer getriebelosen Windenergieanlage (100), umfassend einen Außenläufer (304) und einen Stator (302), wobei der Synchrongenerator (301) einen Generatoraußendurchmesser (344) und der Stator (302) einen Statoraußendurchmesser aufweist, und ein Verhältnis des Statoraußendurchmesser zum Generatoraußendurchmesser größer ist als 0,86, insbesondere größer als 0,9 und insbesondere größer als 0,92.

2. Synchrongenerator (301) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (302) eine radiale Tragkonstruktion (662) aufweist, die sich radial nach innen erstreckt und zum Befestigen an einer sich axial durch den Stator (302) erstreckenden Achsaufnahme (307) vorbereitet ist.

3. Synchrongenerator (301) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (302)  
– radiale Kühlkanäle aufweist, zum radialen Zuführen von Kühlluft von innen und  
– axiale Kühlkanäle aufweist zum axialen Leiten der radial zugeführten Kühlluft zum Kühlen des Stators, insbesondere so, dass die radial zugeführte Kühlluft durch ein Statorblechpaket und/oder durch Statorwicklungspakete geführt wird und/oder dass die radi-

al zugeführte Kühlluft aufgeteilt und axial in eine Vorwärtsrichtung und in eine Rückwärtsrichtung geleitet wird.

4. Synchrongenerator (301) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Kühlluft radial über die gesamte axiale Ausdehnung des Stators (302) zugeführt wird und/oder dass radiale Kühlkanäle bzw. die radialen Kühlkanäle durch eine bzw. die radiale Tragkonstruktion (662) ausgebildet sind.

5. Synchrongenerator (301) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Synchrongenerator (301), insbesondere der Außenläufer (304), gekapselt ist und/oder der Außenläufer (304) eine Läuferglocke mit einer Revisionsöffnung (656) zum Warten des Außenläufers (304) und/oder des Stators (302) aufweist.

6. Synchrongenerator (301) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Synchrongenerator (301) fremderregt ist, und/oder als Ringgenerator ausgebildet ist und/oder wenigstens 48, wenigstens 72, insbesondere wenigstens 192 Statorpole aufweist und/oder als 6-phasiger Generator (301) ausgebildet ist und/oder dass der Stator (302) eine durchgängige Wicklung (14) aufweist.

7. Synchrongenerator (301) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (302) auf einer axialen, durch den Stator (302) und Außenläufer (304) hindurch verlaufenden Aufnahme, insbesondere Achszapfenaufnahme (310) getragen wird und der Außenläufer (302) optional auf einem ersten und zweiten mit der Aufnahme verbundenen Lager gelagert wird, wobei beide Lager in axialer Richtung an einer Seite des Stator angeordnet sind, insbesondere so, dass das eine Lager in axialer Richtung zwischen dem anderen Lager und dem Stator angeordnet ist.

8. Synchrongenerator (301) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Statoraußendurchmesser wenigstens 4,4m, vorzugsweise wenigstens 4,5m und insbesondere wenigstens 4,6m beträgt, wobei der Generatoraußendurchmesser (344) insbesondere etwa 5m beträgt.

9. Windenergieanlage (100) mit einem Synchron-generator (301) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

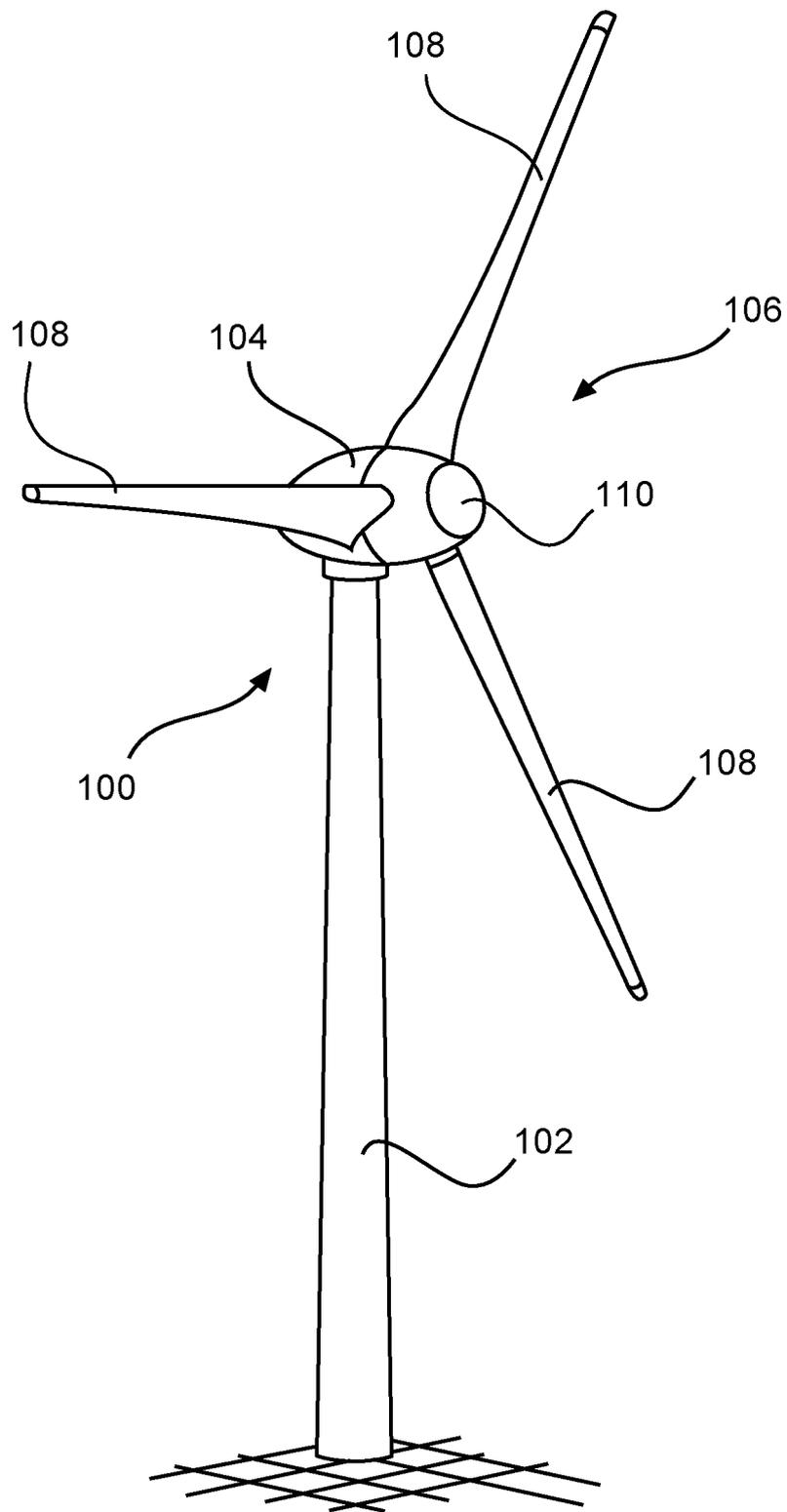


Fig. 1

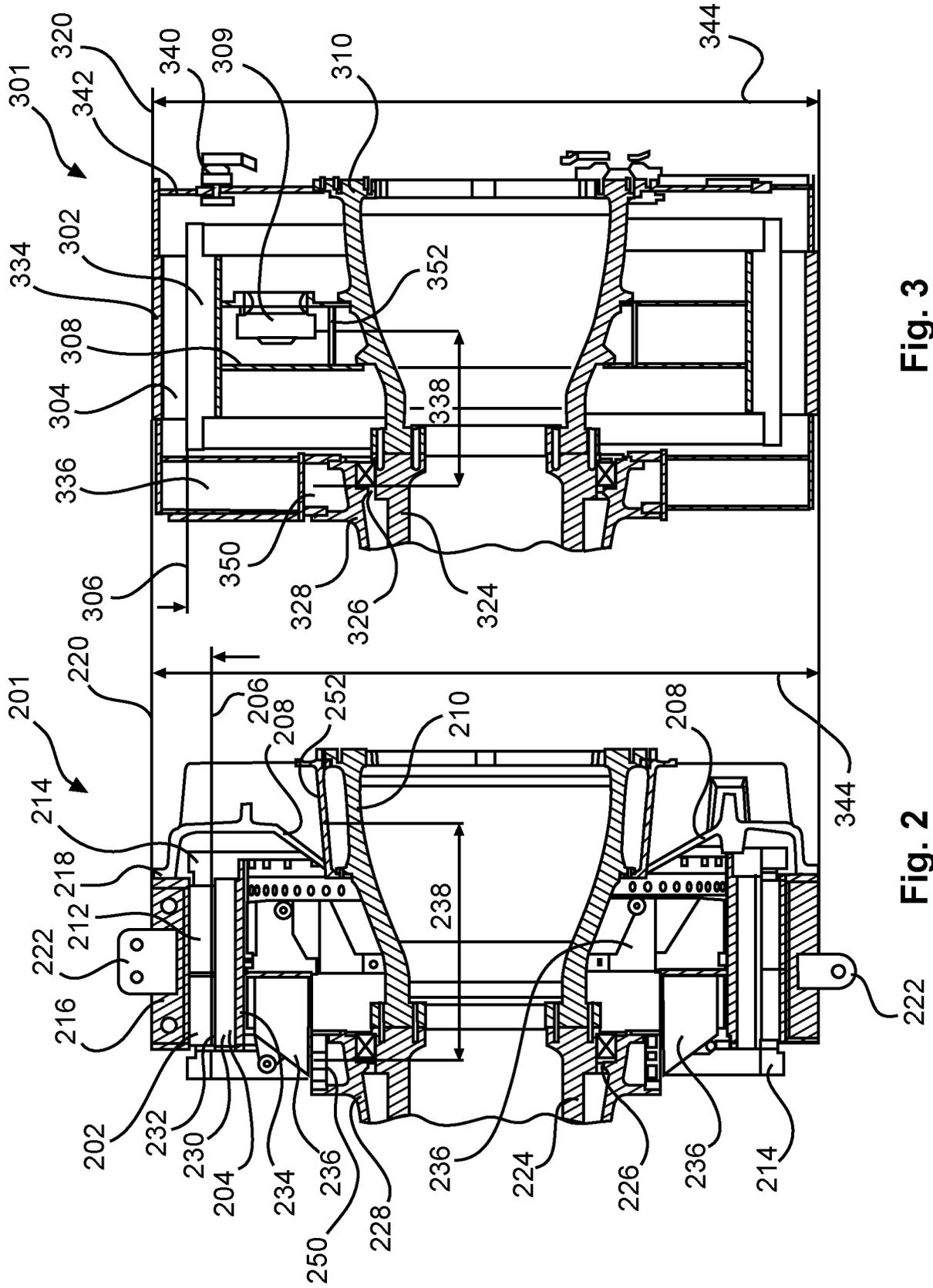
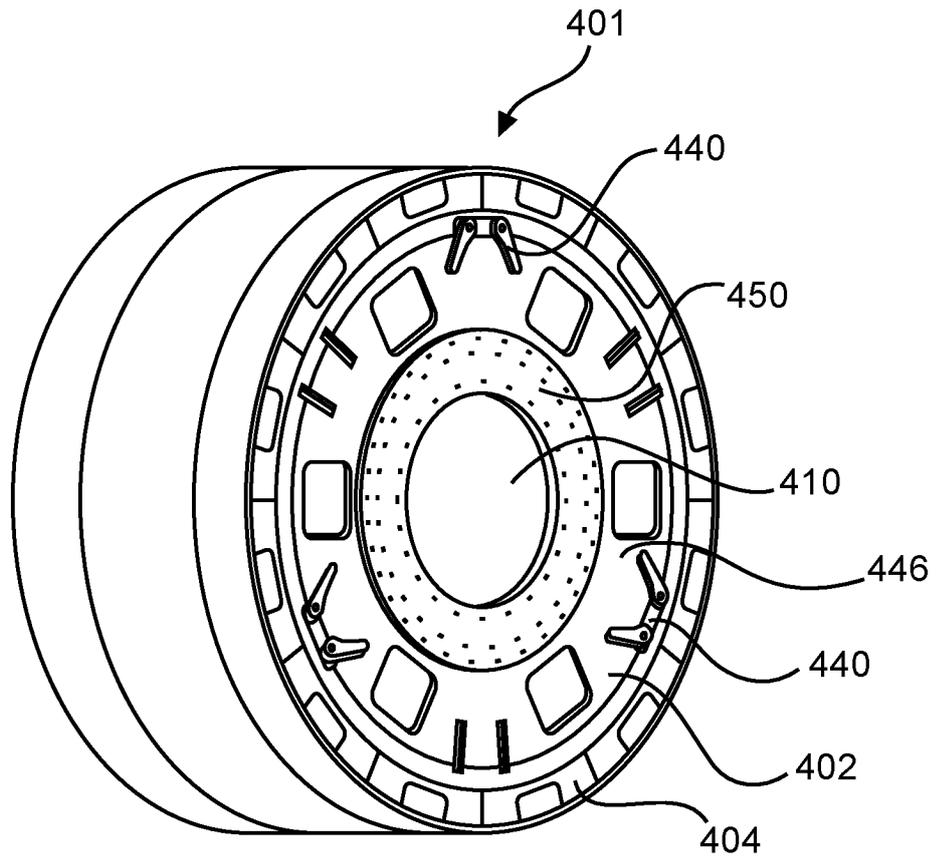
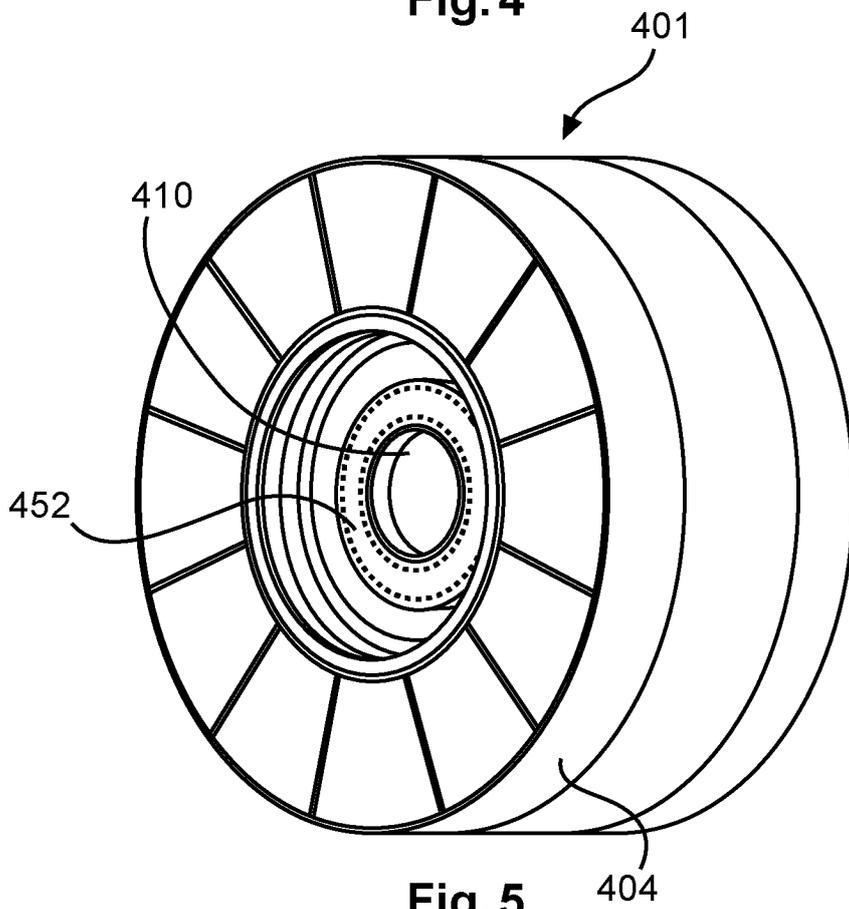


Fig. 3

Fig. 2



**Fig. 4**



**Fig. 5**

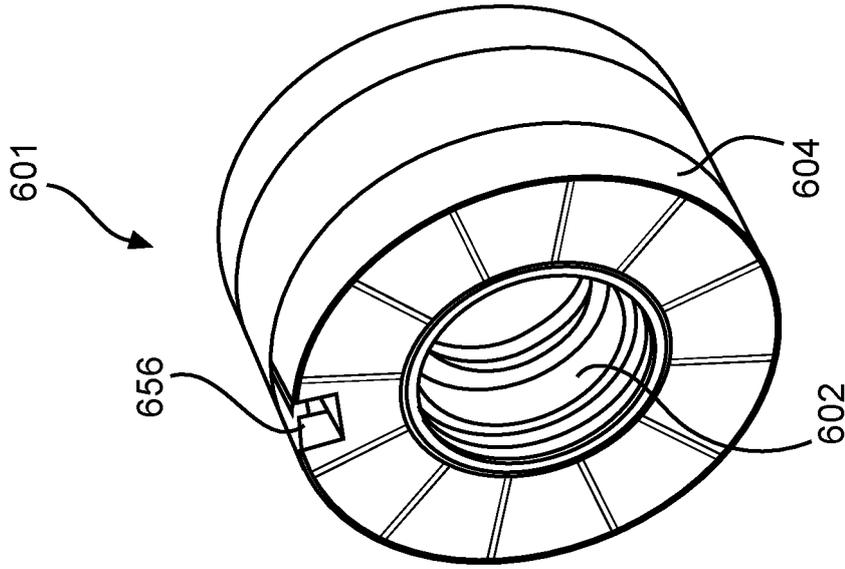


Fig. 6

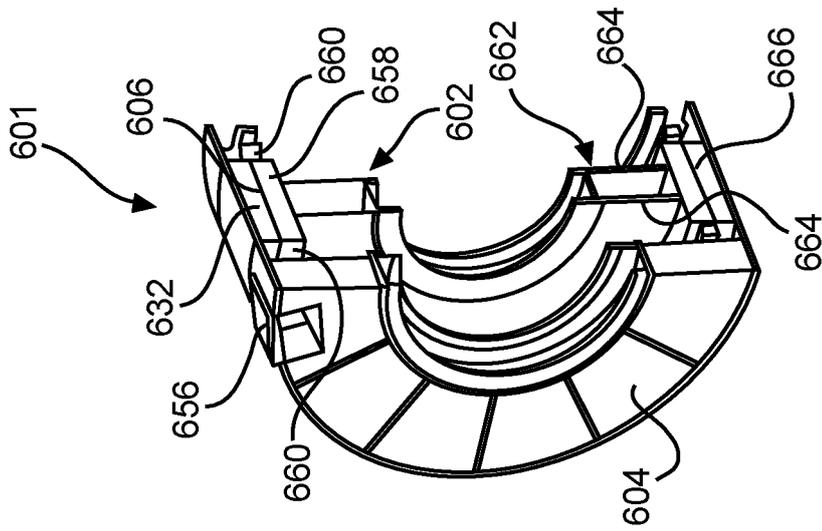


Fig. 7

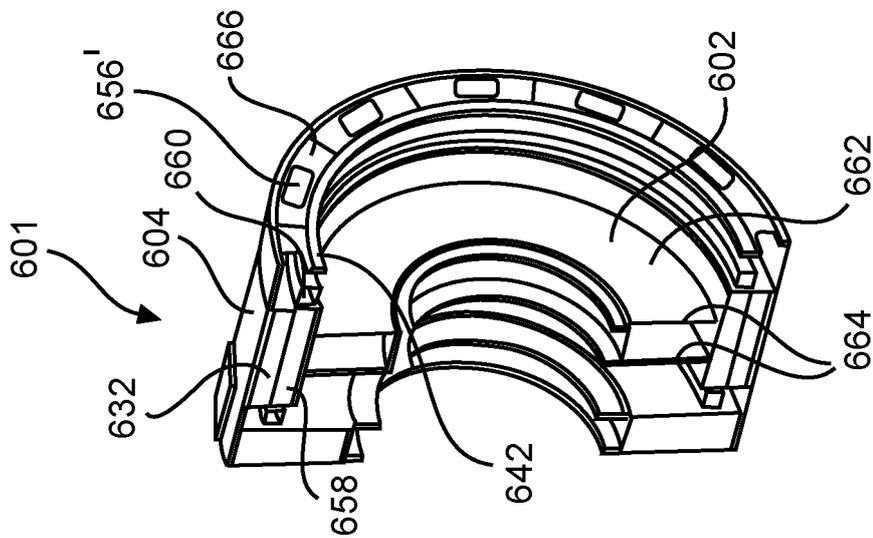


Fig. 8

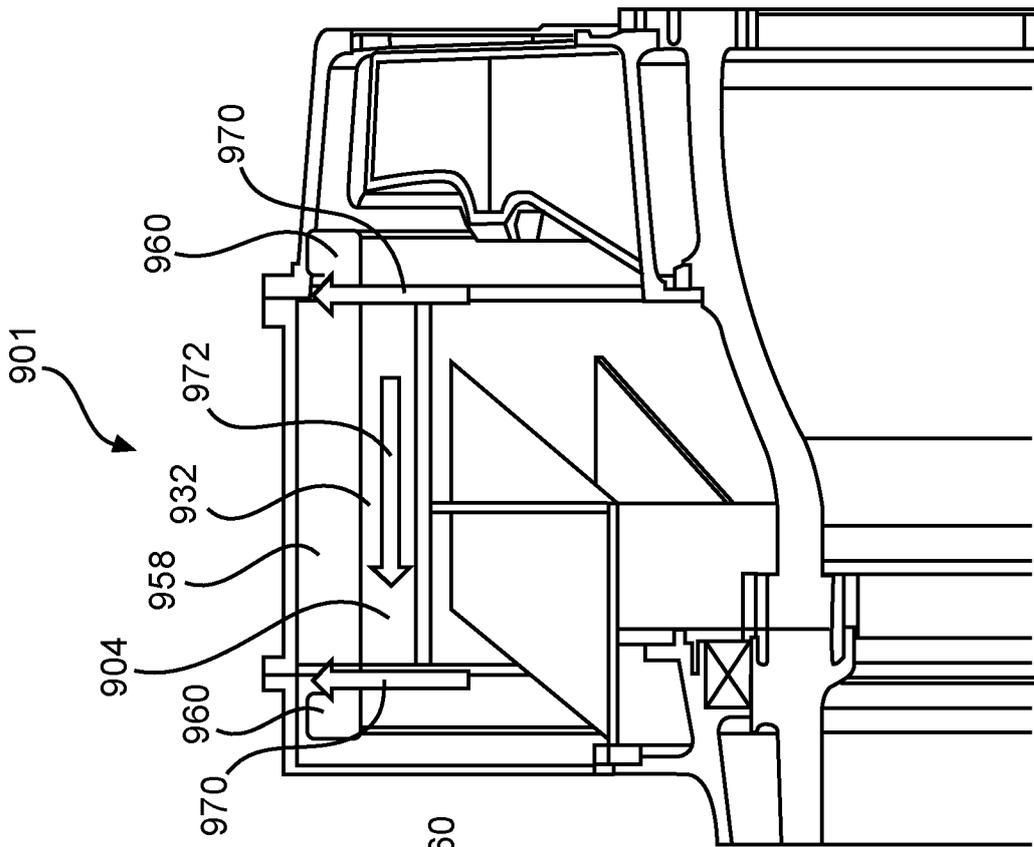


Fig. 9

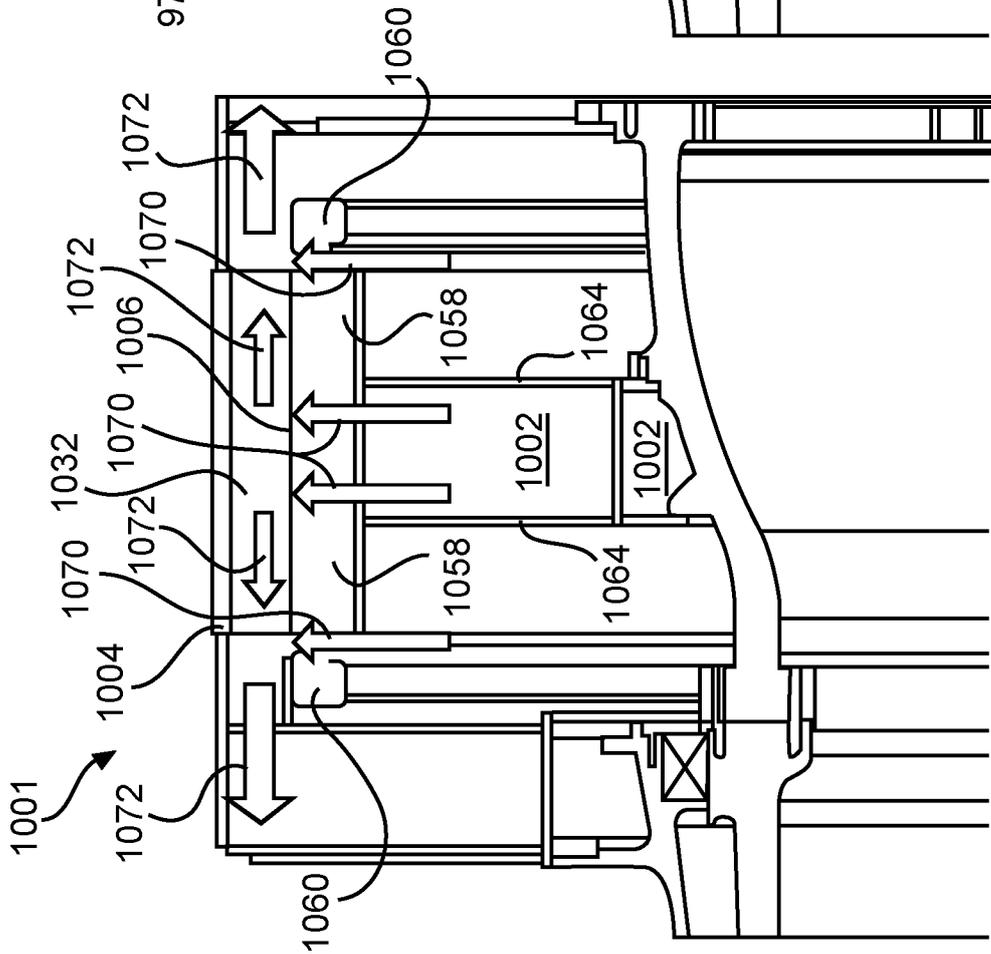


Fig. 10

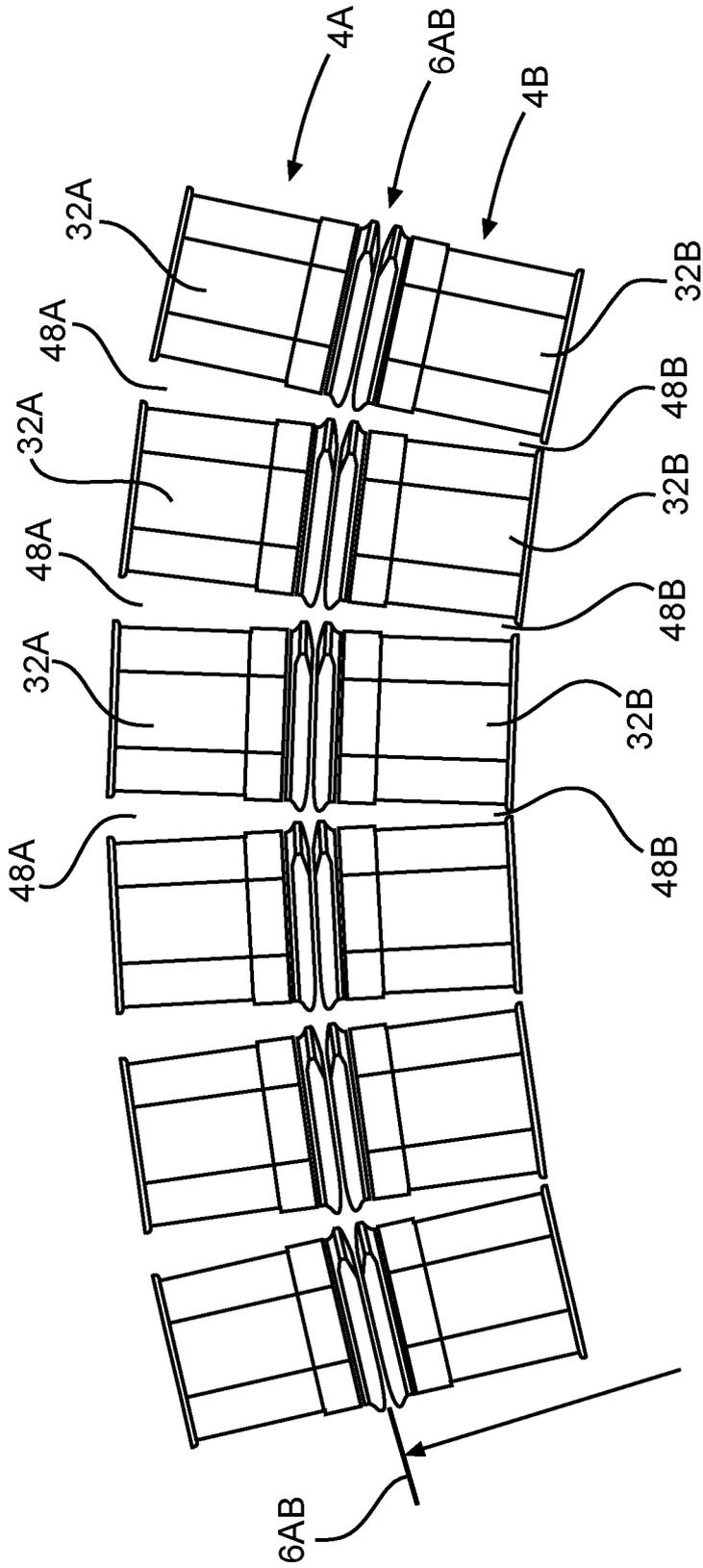


Fig. 11

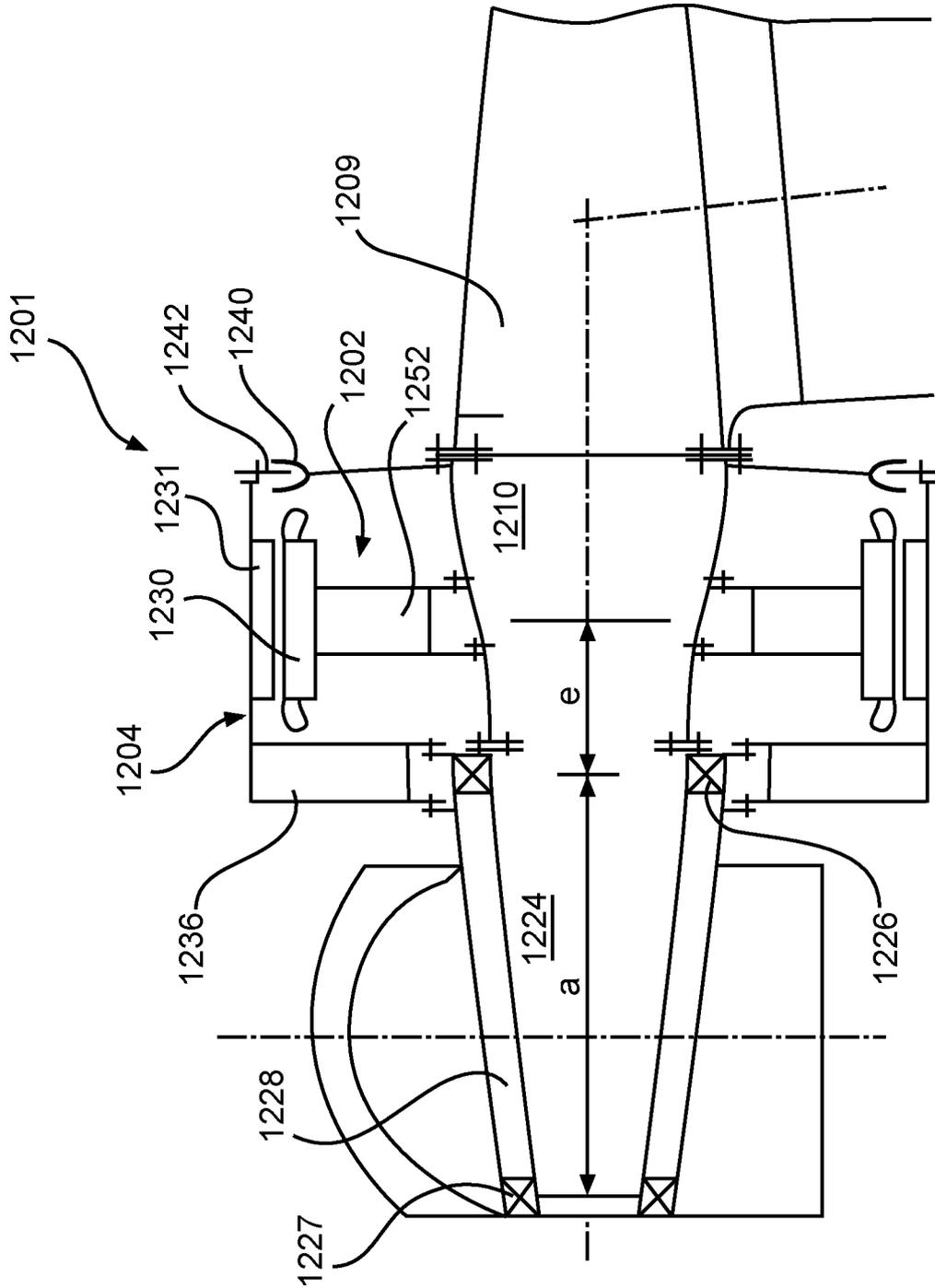


Fig. 12