

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-65693

(P2010-65693A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F03D 9/00 (2006.01)	F03D 9/00 B	3H078
F03D 1/06 (2006.01)	F03D 1/06 A	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L 外国語出願 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2009-205562 (P2009-205562)
 (22) 出願日 平成21年9月7日(2009.9.7)
 (31) 優先権主張番号 08016228.2
 (32) 優先日 平成20年9月15日(2008.9.15)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁(EP)

(71) 出願人 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 Siemens Aktiengesellschaft
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2
 Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
 (74) 代理人 100061815
 弁理士 矢野 敏雄
 (74) 代理人 100094798
 弁理士 山崎 利臣

最終頁に続く

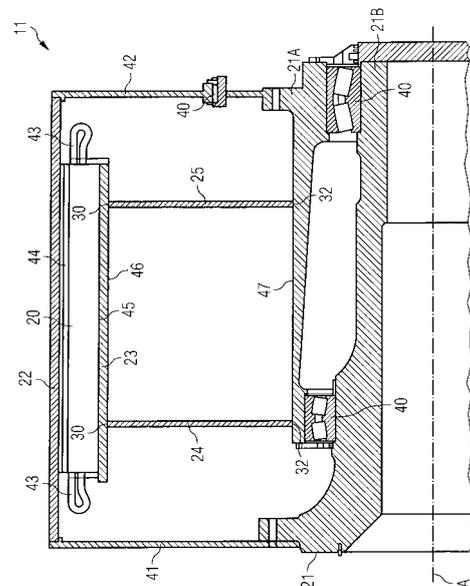
(54) 【発明の名称】 ステータ配列、発電機及び風力タービン

(57) 【要約】

【課題】 過剰な支持構造を必要とすることなく、空隙距離が、形状及び寸法公差、特に円筒形状、円弧度及び直径に関して極めて正確であることができるように、セグメント化されたステータ配列、発電機及び風力タービンを提供する。

【解決手段】 電気機械のステータ配列 20 であって、半径方向に中心合わせされた軸 21 の周囲に円筒状に実質的に電気機械のステータを形成している複数のステータセグメントが設けられており、ステータ配列 20 が、半径方向で、回転可能に取り付けられたロータ配列 22 によって包囲されており、ステータセグメントが、半径方向で、支持構造 23 の外面に取り付けられており、支持構造 23 が、剛性の結合部を介して軸 21 に固定されている。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電気機械のステータ配列(20)であって、半径方向で中心合わせされた軸(21)の周囲に円筒状に実質的に電気機械のステータを形成している複数のステータセグメントが設けられている形式のものにおいて、

ステータ配列(20)が、半径方向で、回転可能に取り付けられたロータ配列(22)によって包囲されており、

ステータセグメントが、半径方向で、支持構造(23)の外面上に取り付けられており、支持構造(23)が、剛性の結合を介して軸(21)に固定されていることを特徴とする、電気機械のステータ配列。

10

【請求項 2】

電気機械が、発電機(11)である、請求項1記載のステータ配列。

【請求項 3】

電気機械が、風力タービン(1)のための発電機(11)である、請求項1記載のステータ配列。

【請求項 4】

支持構造(23)が、円筒の形式で形成されており、2つの端部プレート(24, 25)を介して軸(21)に結合されている、請求項1から3までのいずれか1項記載のステータ配列。

【請求項 5】

支持構造(23)が、第1の環状フランジ(50)及び第2の環状フランジ(51)の形式で形成されており、2つの端部プレート(24, 25)のうちの第1の端部プレートが、前記第1の環状フランジ(50)に取り付けられており、2つの端部プレート(24, 25)のうちの第2の端部プレートが、前記第2の環状フランジ(51)に取り付けられている、請求項1から3までのいずれか1項記載のステータ配列。

20

【請求項 6】

支持構造(23)が、少なくとも2つの端部プレート(24, 25)によって支持された多角形構造の形式で形成されている、請求項1から5までのいずれか1項記載のステータ配列。

【請求項 7】

2つの端部プレート(24, 25)が、軸(21)の外側部分(21A)の半径方向外面(47)に直接に取り付けられており、軸(21)の外面(47)が、軸受(40)により発電機(11)のケーシングに関して不動である、請求項4から6までのいずれか1項記載のステータ配列。

30

【請求項 8】

軸受(40)が、軸(21)の外側部分(21A)と内側部分(21B)との間及び/又はケーシングと軸(21)の外側部分(21A)との間に配置されている、請求項7記載のステータ配列。

【請求項 9】

ケーシングが、外側ロータ(22)に結合された2つのロータ端部プレート(41, 42)から成り、第1のロータ端部プレート(41)が、さらに、軸(21)の内側回転部分(21B)に結合されており、第2の端部プレートが、さらに、軸(21)の外側定置部分(21A)に結合された軸受(40)に結合されている、請求項1から8までのいずれか1項記載のステータ配列。

40

【請求項 10】

2つの端部プレート(24, 25)が、それぞれ、軸受(52)を介して、軸(21)の半径方向外面(47)に取り付けられており、軸(21)が、回動可能である、請求項4から9までのいずれか1項記載のステータ配列。

【請求項 11】

ステータ配列(20)が、請求項1から10までのいずれか1項記載のように配置され

50

ていることを特徴とする、ステータ配列(20)を含む発電機(11)。

【請求項12】

発電機がステータ配列(20)を含む、発電機(11)を含む風力タービン(1)において、前記ステータ配列(20)が、請求項1から10までのいずれか1項記載のように配置されていることを特徴とする、風力タービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気機械の、特に風力タービンの発電機のステータ配列に関する。本発明は、発電機、例えば、このようなステータ配列を有する、風力タービンのための直接駆動発電機、及びこのような発電機を有する風力タービンにも関する。

10

【背景技術】

【0002】

各風力タービンは、発電機、例えば、電気エネルギーを発生するための、発電機ステータ及び発電機ロータを有する大きな直接駆動発電機を有する。

【0003】

発電機の、特に風力タービンの発電機の比較的高い効率を達成するために、発電機の、ロータエレメント、例えば永久磁石と、ステータエレメント、例えば巻線を備えた積層体との間の半径方向空隙は、比較的小さいべきであり、概して、場合によっては数メートルの直径を有する直接駆動又は直接被動発電機のような大型発電機の場合でさえも、僅か数ミリメートルの範囲であるべきである。

20

【0004】

したがって、ロータ及びステータエレメントに対する機械的な損傷を回避するために、互いに向き合って配置された、ロータエレメントの外面と、ステータエレメントの外面とは、発電機の運転中に互いに直接接触しないことを保証する必要がある。その結果、効率の理由から比較的小さな高さでなければならぬ小さな空隙は、狭い公差の公称値において保証されなければならない。

【0005】

現代の風力タービンにおいて、直接駆動発電機は数メートルの直径を有することができる。このような寸法の発電機のロータエレメントとステータエレメントとの間に数ミリメートルの範囲の空隙を維持することは、特にステータ配列の、比較的剛性の、ひいては大きな、重い支持構造を必要とする。

30

【0006】

従来内部ロータの場合、機械は外側にステータ支持構造を有しており、その結果、大きくて重い発電機が生じる。

【0007】

発電機ステータが一連の独立したステータセグメントを有していると有利である。ステータを製造する場合、能動的なエレメントは、セグメントとして製造されるならば、著しくより容易に取り扱うことができ、セグメント化されたステータは、故障の場合に、個々の影響されたステータセグメントが、ステータ全体を交換するために必要とされるコスト及び労力の一部で交換されることができる。

40

【0008】

これに対して、ステータのセグメント化は、円筒度を維持するための剛性が不足するという欠点を有する。セグメント化されていないステータの場合、ステータの積層体全体の環状体剛性化効果は、円筒度を維持することに貢献する実質的な剛性を提供する。セグメント化された発電機の場合、積層体は、ステータの円筒度を維持することを補助するあらゆる剛性を提供しない。したがって、特にステータとロータとの間の空隙に関して、形状及び寸法公差を保証するために、セグメント化されたステータのために、実質的により精巧な支持構造が必要とされる。

【0009】

50

ステータ支持構造の剛性は、構造の、局所的な断面積、すなわち材料体積及び厚さと、全体的な断面高さとの関数である。例えば、大きな電気機械のための従来のステータ支持構造の所要の剛性は、外側ステータの積層体の外側に溶接された、外側シェルで補強された200mm T字形ビームによって達成されてよく、これは、300mmの支持構造断面の合計厚さを提供する。空隙半径が2000mmで、積層体が200mmの半径方向高さを有しているならば、発電機の正味半径は、2200mmである。しかしながら、支持構造の300mmが付加されると、半径は2500mmに増大する。これは、全体的な運送コストにおける大きな差を生じ、著しい付加的な重量につながる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0010】

したがって、本発明の目的は、余分な支持構造を必要とすることなく、空隙距離が、形状及び寸法公差、特に円筒度、真円及び直径に関して極めて正確であることができるように、最初に言及した、セグメント化されたステータ配列、発電機及び風力タービンを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の目的は、請求項1に記載の特徴を備えたステータ配列と、請求項11に記載された特徴を備えた発電機と、請求項12に記載された特徴を備えた風力タービンとによって達成される。

20

【0012】

有利な実施形態は従属請求項において見られることができる。

【0013】

本発明による電気機械のステータ配列は、半径方向で中心合わせされた軸の周囲に円筒状に、実質的に電気機械のステータを形成する複数のステータセグメントを有しており、ステータ配列は、半径方向で、回転可能に取り付けられたロータ配列によって包囲されており、ステータセグメントは、半径方向で、支持構造の外面上に取り付けられており、支持構造が、剛性結合を介して軸に固定されている。

【0014】

ステータのための支持構造は、軸と同心に配置された1つ又は2つ以上の支持部材を有してよい。

30

【0015】

本発明によるステータ配列は特に有利である。なぜならば、内側ステータのセグメントが容易にステータ支持構造に組み付けられることができるからである。なぜならば、セグメントは、1つずつ半径方向に取り付けられることができるからである。ロータがステータの内側において回転する従来の内側ロータ機械の場合、これは、セグメントのくさび形状により不可能である。このような従来の内側ロータ機械の場合、セグメントは、巻線ヘッドの外側において、それぞれが完成した支持構造を備えておりかつ端部においてのみ支持された完全な独立したユニットでなければならないか、又は、少なくとも最後のセグメントにおいて、軸方向で組み付けられなければならないか、このことは、小さな公差が要求されるので困難である。

40

【0016】

ステータ支持構造は、発電機の外部寸法のためのあらゆる結果なしに極めて剛性に形成されることができるので、ステータ配列は特に有利である。ステータ支持構造は、基本的に、発電機の軸とステータセグメント積層体の内面との間の全ての空間を含む、極めて大きな断面高さを有することができる。これは、空隙が、発電機の運転中にも、内側ステータと外側ロータとの間に所望の半径方向距離範囲で正確に維持されることができるように、セグメントのための所要の支持を保証するために要求されるような剛性を提供することが容易であることを意味する。

【0017】

50

剛性は断面高さの二乗で増大するので、支持構造は、外側ステータの場合よりも、オーダだけより剛性になるように容易に形成されることができる。

【0018】

好適な実施形態において、ステータ支持構造は、2つの端部プレートによって支持された、単一の環状の管の形式で組み立てられた円筒を含み、この場合、2つの端部プレートのうちの第1の端部プレートが、管の一方の端部の近傍において管に取り付けられており、2つの端部プレートのうちの第2の端部プレートが、管の他方の端部の近傍において管に取り付けられている。ステータセグメントは、環状の管の外側に取り付けられている。

【0019】

択一的な実施形態において、ステータ支持構造は、第1及び別個の第2の環状のフランジの形式で組み立てられた少なくとも1つの円筒を含み、2つの端部プレートのうちの第1の端部プレートが、第1のフランジに取り付けられており、2つの端部プレートのうちの第2の端部プレートが、第2のフランジに取り付けられている。フランジは、積層体の軸方向端部のうちの一方の近傍にそれぞれ配置されるべきである。ステータセグメントは環状のフランジに取り付けられている。

10

【0020】

択一的な実施形態において、ステータ支持構造は、多角形構造を含み、この多角形構造は、多角形構造を発電機の中央部分に結合する1つ又は2つ以上の部材を含み、多角形構造は、好適には、それぞれ積層体の軸方向端部のうちの1つの近傍に配置された、ステータセグメントの数と同じ数の表面を有する、第1及び別個の第2の多角形構造の形式で配置されている。したがって、ステータセグメントは、平坦な取付面において取り付けられ、支持構造の多角形面に取り付けられている。

20

【0021】

多角形構造は、発電機の軸線に対して垂直であってよい。

【0022】

さらに別の実施形態において、ステータ支持構造は、発電機の軸の半径方向外面に取り付けられた2つの端部プレートを含むのに対して、軸の外側表面は、発電機のケーシングに対して不動である。つまり、軸の前記外面は、軸の軸線を中心に回転しない。

【0023】

択一的な実施形態において、ステータ支持構造は、軸の半径方向外面に軸受を介してそれぞれ取り付けられた2つの端部プレートを含むが、軸は回転可能である。これにより、端部プレートの内周に隣接した軸及び軸の表面が、軸線を中心に回転するとしても、ステータは、発電機のケーシングに対して固定されている。軸受の高さと共に、端部プレートは、発電機の軸又は軸線に対するステータ積層体の正確な距離を保証する。これはやはり、外側ロータが同じ回転する軸に結合及び回転可能に連結されているので、空隙の幅を保証する。

30

【0024】

本発明の目的は、発明によれば、前述のステータ配列を有する発電機と、前述のステータ配列を有する発電機を含む風力タービンとによっても達成される。

【0025】

以下に図面を参照しながら発明をより詳細に説明する。

40

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】風力タービンを示す図である。

【図2】風力タービンのモジュールを示す図である。

【図3】風力タービンの発電機を示す図である。

【図4】発電機の択一的な手段を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図1は、タワー2と、ナセル3と、ロータ羽根5を備えたハブ4とを有する風力タービ

50

ン 1 を示している。ナセル 3 には、図 2 に概略的に示されているように、発電機 1 1 等の、風力タービン 1 の複数の別の構成部材が配置されている。発電機 1 1 は、示されていない形式で、電気エネルギーの発生のためにハブ 4 に結合されており、実質的に水平な中心軸線 A を有している。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、風力タービン 1 の幾つかの基本的な構成部材を示している。構成部材は、組み立てられている場合でさえも、互いの間に僅かな間隙を備えて示されており、これらの間隙は閉鎖されている。ここでも、ハブ 4 が示されており、ハブ 4 には、ロータ羽根（図示せず）が取り付けられる。それぞれ互いに隣接した別の構成部材は、発電機 1 1、負荷 / 軸受区分 1 2 であり、負荷 / 軸受区分 1 2 は、図示されていないタワー 2 への結合部を有している。次に、別の構成部材は、制御ユニット 1 3、冷却機器 1 4、及び端部キャップ 1 5 である。

10

【 0 0 2 9 】

図 3 は、本発明によるステータ配列 2 0 を備えた本発明による電気機械としての発電機 1 の 1 つの実施形態を示している。図 3 は、発電機 1 1 の軸 2 1 と、ロータ 2 2 と、ステータ 2 0 とを示す断面図である。実質的に回転対称な発電機 1 1 の回転軸線 A は、一点鎖線によって示されている。

【 0 0 3 0 】

軸 2 1 は、主に 2 つの別個の部分、すなわち外側固定部分 2 1 A と内側回転部分 2 1 B とを有しており、これらは、軸受 4 0 を介して結合されている。軸 2 1 の半径方向内側部分 2 1 B は、羽根 5 及びハブ 4 によって駆動され、軸線 A を中心に回転する。軸 2 1 の回転部分 2 1 B には、図面の左側に示された第 1 のロータ端部プレート 4 1 と、図面の右側に示された第 2 のロータ端部プレート 4 2 とが、緊密に固定されている。両ロータ端部プレート 4 1、4 2 は外側のロータ 2 2 に結合されており、これにより、ステータ配列のケーシングを構成している。第 2 のロータ端部プレート 4 2 は軸受 4 0 に取り付けられており、軸受 4 0 は、軸 2 1 の固定部分 2 1 A への緩い結合を提供している。外側のロータ 2 2 と共に、第 1 及び第 2 のロータ端部プレート 4 1、4 2 は、ステータ配列のケーシングを含む。

20

【 0 0 3 1 】

内側ステータ 2 0 は、積層体から成るステータセグメントによって示されている。積層体を通る 1 つの巻線 4 3 も示されている。

30

【 0 0 3 2 】

外側ロータ 2 2 と内側ステータ 2 0 との間の空隙 4 4 も図示されている。

【 0 0 3 3 】

内方で、ステータセグメントを組み立てるために、管状の円筒体 2 3 が設けられている。チューブ状又は管状の円筒体 2 3 はこの実施形態において、ステータの積層体の長さと同じ円筒体長さを有していなければならない。円筒状の管の外周面 4 5 において、ステータセグメントは固定されている。円筒状の管の内周面 4 6 に、2 つの本発明による端部プレート 2 4、2 5 が、端部プレート 2 4、2 5 の円周 3 0 において取り付けられている。

【 0 0 3 4 】

端部プレート 2 4、2 5 は、発電機 1 の中心に位置する、軸線 A を中心とする円形の、軸 2 1 の外側部分 2 1 A の外面に、内周面 3 2 を介して取り付けられている。この実施形態において、端部プレート 2 4、2 5 は、回転しない軸 2 1 の外側部分 2 1 A に固定されている。

40

【 0 0 3 5 】

実施形態に示された端部プレート 2 4、2 5 自体は、小さな高さ及び大きな外側半径を備えたディスク状である。2 0 0 0 mm（ミリメートル）の空隙 4 4 半径と、2 0 0 mm のステータの積層高さを備えた発電機 1 1 のための値の例は、所要の剛性に達するために、各端部プレート 2 4、2 5 のための 3 0 0 mm 以上の高さである。これは、軸 2 1 の外側半径に対応する端部プレート 2 4、2 5 の内側半径にも依存する。好適な実施形態に

50

において、端部プレート 24, 25 のこの内側半径は 600 mm であってよい。したがって、端部プレート 24, 25 の支持構造は、2000 mm マイナス 2000 mm マイナス 600 mm で、1200 mm の半径方向高さ差に等しい。既に述べたように、剛性は、半径方向高さの二乗で増大する。したがって、内側ステータ 20 と、1200 mm の半径方向高さの端部プレート 24, 25 とを備えたこの解決手段は、同じ寸法の発電機の外側ステータの場合よりも、オーダだけより剛性である。

【0036】

以下で、択一的な実施形態が、図 4 によって説明され、この実施形態において、図 3 のために既に開示された構成部材は、前と同じ参照符号が付与されている。

【0037】

図 4 は、図 3 と比較して、それぞれが、図 3 による前の実施形態の特徴と独立して組み合わせられることもできる 2 つの相違を示している。第 1 の変更点は、ステータセグメントを組み立てるために設けられた、図 3 の管状の円筒体 23 が、2 つの別個のフランジ 50, 51 によって置き換えられていることである。第 2 の変更点は、どのように端部プレート 24, 25 が軸 21 に取り付けられているかである。この場合、端部プレート 24, 25 は、この場合も同様に回転軸 21 に直接に結合されている軸受 52 に取り付けられている。これにより、この場合も同様に、ステータ 20 が発電機 11 のハウジングに関して固定されたままであることが保証される。

【0038】

端部プレート 24, 25 が、図 3 のものと同じ又は広く同じ形状であり、ステータセグメントの方向では外側半径面 30 を介してフランジ 50, 51 に取り付けられており、軸 21 の方向では内側半径面 32 を介して軸受 52 に取り付けられていること他に、図 3 の実施形態と比較して、端部プレート 24, 25 に関する概念的な相違は存在しない。この場合も同様に、端部プレート 24, 25 の減じられた半径方向高さにより、ステータ配列 20 の剛性は著しく増大する。また、これは、同様に、空隙 44 が、ステータ配列 20 の全周に亘って、ほとんど完全に同じ幅であることを保証する。

【0039】

概して、既に説明したように、実施形態は、半径方向で中心合わせされた軸 21 の周囲に円筒状に実質的に電気機械のステータを形成している複数のステータセグメントが設けられており、ステータ配列 20 が、回転可能に取り付けられたロータ配列 22 によって半径方向で包囲されており、ステータセグメントが、支持構造 23 の外面に半径方向で取り付けられており、支持構造 23 が剛性の結合を介して軸 21 に固定されている、電気機械、すなわち風力タービン 1 の発電機 11 のステータ配列 20 に関する。

【0040】

場合によっては、軸 21 の剛性結合は、軸 21 に結合された、2 つの基本的に環状の端部プレート 24, 25 を含んでよく、2 つの端部プレート 24, 25 は、軸の軸線 A に対して垂直であり、各端部プレート 24, 25 は、端部プレート 24, 25 の外側半径面 30 を用いて、ステータセグメントの内面 31 又は支持円筒体 23 に取り付けられており、各端部プレート 24, 25 は、端部プレート 24, 25 の内側半径面を用いて、軸 21 の半径方向外側面 47 に取り付けられている。

【0041】

支持構造は、少なくとも 1 つの円筒体の形式であってよい。特に、少なくとも 1 つの円筒体 23 は、1 つの環状の管 23 の形式で形成されていてよく、2 つの端部プレート 24, 25 のうちの第 1 の端部プレートは、管 23 の第 1 の端部区分 34 に取り付けられており、2 つの端部プレート 24, 25 の第 2 の端部プレートは、管 23 の第 2 の端部区分 34 に取り付けられている。

【0042】

端部プレート 24, 25 自体は、端部プレートの構造的な手段によって及び / 又はそれほど容易に曲げられることができない材料を選択することによって、望まれる剛性を支持してよい。

10

20

30

40

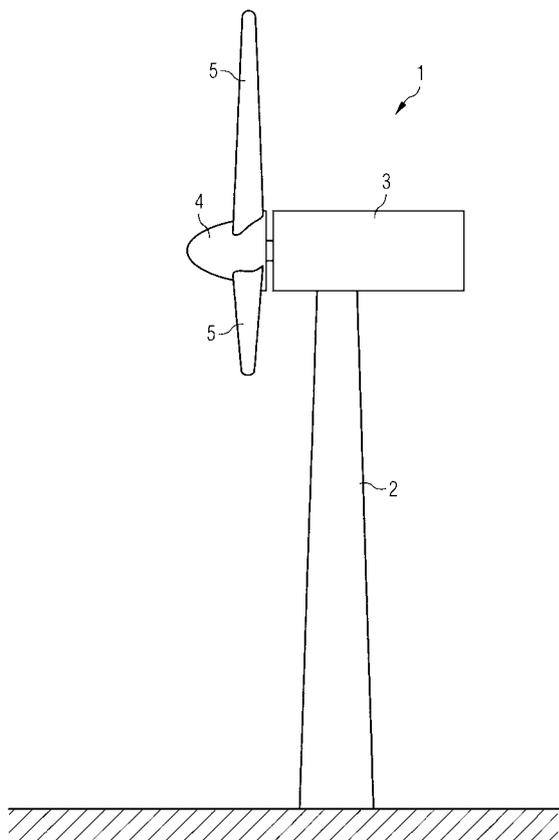
50

【符号の説明】

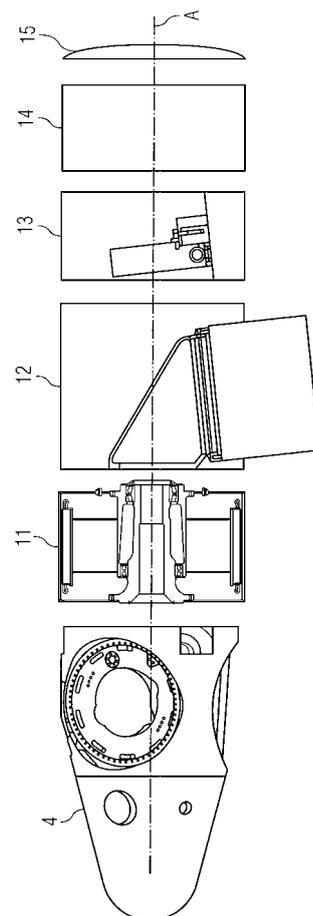
【0043】

- 1 風力タービン、 2 タワー、 3 ナセル、 4 ハブ、 5 ロータ羽根、
11 発電機、 12 負荷/軸受区分、 13 制御ユニット、 14 冷却機器、
15 端部キャップ、 20 スタータ、 21 軸、 21A 外側固定部分、 21B 内側回転部分、
22 ロータ、 23 管状の円筒体、 24, 25 端部プレート、 40 軸受、
41 第1のロータ端部プレート、 42 第2のロータ端部プレート、
43 巻線、 44 空隙、 47 半径方向外側面、 50, 51 フランジ、
52 軸受

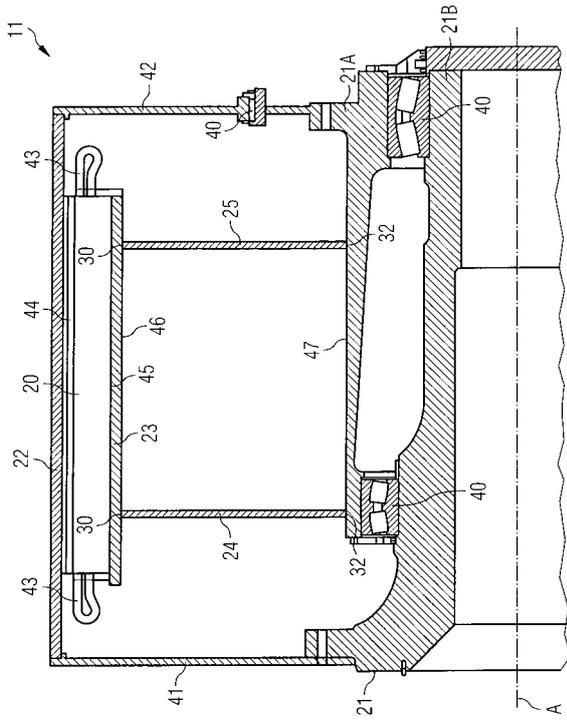
【図1】



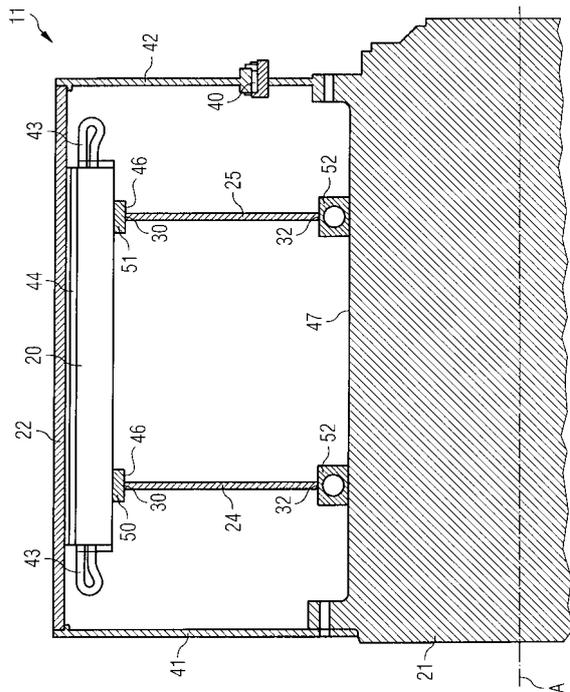
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(74)代理人 100099483

弁理士 久野 琢也

(74)代理人 100110593

弁理士 杉本 博司

(74)代理人 100112793

弁理士 高橋 佳大

(74)代理人 100128679

弁理士 星 公弘

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 ヘンリク スティースダル

デンマーク国 オーデンセ セー ネレフォルドガーデ 4 5

Fターム(参考) 3H078 AA02 BB18 BB19 CC22

【外国語明細書】

Title of Invention

Stator arrangement, generator and wind turbine

Detailed Explanation of the Invention

The invention relates to a stator arrangement of an electric machine, especially of a generator for a wind turbine. The invention concerns also a generator, e.g. a direct drive generator for a wind turbine comprising such a stator arrangement as well as a wind turbine comprising such a generator.

Each wind turbine comprises a generator, e.g. a large direct drive generator having a generator stator and a generator rotor for the production of electrical energy.

In order to achieve a relatively high efficiency of a generator, in particular of a generator of a wind turbine, a radial air gap between the rotor elements, e.g. permanent magnets, and the stator elements, e.g. a laminate stack with windings, of the generator should be relatively small, generally in the range of only a few millimetres even for large generators like direct drive or directly driven generators with possibly a diameter of several metres.

To avoid mechanical damage to the rotor and stator elements it is thereby necessary to ensure that the outer surfaces of the rotor elements and the outer surfaces of the stator elements which are arranged oppositely to each other do not come into direct contact with each other during operation of the generator. Consequently the small air gap, which must be of relatively small height due to efficiency reasons, must be guaranteed at a nominal value within narrow tolerances.

In a modern wind turbine a direct drive generator can have a diameter of several metres. Maintaining the air gap in the range of a few millimetres between the rotor elements and the stator elements of a generator of such dimensions requires a

comparatively rigid and therefore massive and heavy support structure, in particular of the stator arrangement.

With traditional inner rotor machines have the stator support structure on the outside, consequently this lead to large and heavy generators.

It is advantageous when the generator stator comprises a series of independent stator segments. When manufacturing the stator the active elements are much easier to handle if manufactured as segments, and a segmented stator has the benefit that in case of a fault the respective affected stator segment can be replaced at a fraction of the costs and effort as would be required for the replacement of the complete stator.

The segmentation of a stator on the other hand has a drawback in the lack of stiffness to maintain cylindricity. For a non-segmented stator the ring stiffening effects of the complete laminate stack of the stator provides substantial stiffness that contributes to maintain cylindricity. For a segmented generator, the laminate stacks do not provide any stiffness that assists to maintain cylindricity of the stator. Therefore, a substantially more elaborate support structure is required for a segmented stator to ensure form and dimension tolerances, especially regarding the air gap between the stator and the rotor.

Stiffness of the stator support structure is a function of the local cross-section - material volumes and thicknesses, and overall sectional height - of the structure. For example, the necessary stiffness of a traditional stator support structure for a large electrical machine may be achieved with 200 mm T-beams welded to the outside of the laminate of an outer stator, and supplemented with an outer shell, leading to a total thickness of the support structure cross-section of 300 mm. If the air gap radius is 2000 mm and the laminate

stack has a radial height of 200 mm, then the net radius of the generator is 2200 mm. But when 300 mm of support structure is added, the radius is increased to 2500 mm. This might cause a large difference in overall transportation costs and leads to significant additional weight.

It is therefore an object of the present invention to provide a segmented stator arrangement, a generator as well as a wind turbine as initially mentioned in such a way, that the air gap distance can be very precise in respect of form and dimension tolerances, especially cylindricity, roundness and diameter without needs for excessive support structures.

The object of the invention is inventively achieved by a stator arrangement with features according to claim 1, by a generator with features according to claim 11, and by a wind turbine with features according to claim 12.

Advantageous embodiments can be found in the dependent claims.

The inventive stator arrangement of an electric machine comprising a plurality of stator segments forming substantially the stator of the electric machine in a cylindric form around a radially centered shaft, wherein the stator arrangement is radially surrounded by a rotatably mounted rotor arrangement, the stator segments are radially mounted on an outer surface of a support structure, the support structure is fixed via rigid connections to the shaft.

The support structure for the stator may comprise one or more supporting members arranged concentrically with the shaft.

The stator arrangement according to the invention is particularly advantageous because the segments of the inner stator can easily be assembled to the stator support structure, since they can be mounted one by one in a radial

direction. For a classical inner rotor machine, where the rotor is rotating inside the stator, this is not possible due to the wedge shape of the segments. For such classical inner rotor machine the segments would either have to be complete stand-alone units each with a complete support structure and supported only at the ends, outside the winding heads, or they would have to be assembled in the axial direction, at least for the final segment, which might be difficult due to the small tolerances required.

The stator arrangement is particularly advantageous because the stator support structure can be made very stiff without any consequence for the external dimensions of the generator. The stator support structure can have a very large sectional height, basically comprising all of the space between the generator shaft and the inner surface of the stator segment laminate stack. This means that it is easy to provide such stiffness as is required to ensure the necessary support for the segments so that the air gap - also during operation of the generator - can be maintained precisely in the desired range of radial distance between the inner stator and the outer rotor.

Due to the fact that stiffness increases with the square of the section height, the supporting structure can easily be made an order of magnitude stiffer than for an outer stator.

In a preferred embodiment the stator support structure comprises a cylinder built in form of a single annular pipe, supported by two end plates where a first one of the two end plates is mounted to the pipe close to one end of the pipe and a second one of the two end plates is mounted to the pipe close to the other end of the pipe. The stator segments are mounted on the outside of the annular pipe.

In an alternative embodiment the stator support structure comprises at least one cylinder built in form of a first and

a separate second annular flange and a first one of the two end plates is mounted to the first flange and a second one of the two end plates is mounted to the second flange. The flanges then should be arranged each close to one of the axial ends of the laminate stack. The stator segments are mounted on the annular flanges.

In an alternative embodiment the stator support structure comprises a polygonal structure comprising one or more members connecting the polygonal structure to the central part of the generator, preferably arranged in the form of a first and a separate second polygonal structure each having the same number of surfaces as the number of stator segments, each arranged close to one of the axial ends of the laminate stack. The stator segments are then fitted with planar mounting surfaces and are mounted on the polygonal surfaces of the support structure.

The polygonal structure may be perpendicular to the axis of the generator.

In yet another embodiment the stator support structure comprises two end plates that are mounted to a radial outer surface of the shaft of the generator, whereas the outer surface of the shaft is immobile or immotile in relation to the casing of the generator. Thus the mentioned outer surface of the shaft does not turn or rotate around the axis of the shaft.

In an alternative embodiment the stator support structure comprises two end plates that are mounted each via bearings to a radial outer surface of the shaft, whereas the shaft is pivotable. This allows having the stator fixed in relation to the casing of the generator even though the shaft and the surface of the shaft adjacent to the inner circumference of the end plates rotate around its axis. Together with the height of the bearings the end plates guarantee a precise

distance of the stator laminate stacks to the shaft or to the axis of the generator. This again then guarantees the width of the air gap because the outer rotor is connected and rotatably coupled to the same rotating shaft.

The object of the present invention is also inventively achieved by a generator comprising a stator arrangement as described before and a wind turbine comprising a generator with a stator arrangement as described before.

The invention will in the following be explained in more detail with reference to the schematic drawings.

Brief Explanation of the Drawings

FIG 1 shows a wind turbine.

FIG 2 shows modules of a wind turbine.

FIG 3 shows a generator of the wind turbine.

FIG 4 shows an alternative implementation of a generator.

FIG 1 shows a wind turbine 1 comprising a tower 2, a nacelle 3 and a hub 4 with rotor blades 5. In the nacelle 3 several further components of the wind turbine 1 are arranged like a generator 11 as it is schematically shown in FIG 2. The generator 11 is in a not shown manner connected to the hub 4 for the production of electrical energy and has a substantially horizontally aligned centre axis A.

FIG 2 shows some basic components of a wind turbine 1. The components are shown with a slight gap between each other, even though when assembled, these gaps are closed. Again, a hub 4 is shown to which the rotor blades - not shown - will be attached. Further components, each adjacent to each other, are the generator 11, the load/bearing section 12, which has a connection to the not shown tower 2. Next, further components are a control unit 13, cooling equipment 14, and an end cap 15.

FIG 3 shows one embodiment of the generator 11 as the inventive electric machine with the inventive stator arrangement 20. FIG 3 is a sectional drawing showing the shaft 21, the rotor 22, and the stator 20 of the generator 11. A rotary axis A of the substantially rotational symmetric generator 11 is indicated by a broken line.

The shaft 21 has mainly two separate parts, an outer stationary part 21A and an inner rotating part 21B, which are connected via bearings 40. The radially inner part 21B of the shaft 21 is driven by the blades 5 and the hub 4 and revolves around the axis A. Tightly fixed to the revolving part 21B of the shaft 21 a first rotor end plate 41 on the left hand side and a second rotor end plate 42 on the right hand side of the figure is displayed. Both rotor end plates 41, 42 are connected to the outer rotor 22 and thereby build the casing of the stator arrangement. The second rotor end plate 42 is attached to a bearing 40 that provides a loose connection to the fixed part 21A of the shaft 21. The first and second end plates (41, 42) together with the outer rotor 22 comprise the casing of the stator arrangement.

The inner stator 20 is indicated by a stator segment comprised of a laminate stack. One winding 43 through the laminate stack is also indicated.

The air gap 44 between the outer rotor 22 and the inner stator 20 is also indicated in the figure.

Inwardly, a tube like cylinder 23 is provided to assemble the stator segments. The tube like or pipe like cylinder 23 in this embodiment has to a large extend the same cylinder length as the length of the laminate of the stator. At the outer surface 45 of the cylindric tube, the stator segments are attached in a fixed manner. At the inner surface 46 of the cylindric tube, the two inventive end plates 24, 25 are

attached at a circular circumference 30 of the end plates 24, 25.

The end plates 24, 25 are also attached via an inner circumference 32 to an outer surface 47 of the outer part 21A of the shaft 21, which is in the centre of the generator 11, circular around the axis A. In this embodiment the end plates 24, 25 are attached in a fixed way to the outer part 21A of the shaft 21 that does not rotate.

The end plates 24, 25 themselves shown in the embodiment are disc like shaped with a small height and a large outer radius. Example values for a generator 11 with an air gap 44 radius of 2000 mm (millimetre) and a laminate stack height of the stator of 200 mm is a height of 300 mm for each end plate 24, 25 - or larger - to reach the necessary stiffness. This also depends on the inner radius of the end plates 24, 25 that correspond to the outer radius of the shaft 21. In a preferred embodiment this inner radius of the end plates 24, 25 might be 600 mm. Therefore the support structure of the end plates 24, 25 will be 2000 mm minus 200 mm minus 600 mm, which equals to a radial difference height of 1200 mm. As already mentioned, stiffness increases with the square of the radial height. Therefore this solution with an inner stator 20 and end plates 24, 25 of radial height of 1200 mm is an order of magnitude more stiff than for an outer stator of a generator of the same size.

In the following an alternative embodiment is discussed by means of FIG 4, in which components that were already disclosed for FIG 3 are given same reference signs as before.

FIG 4 shows, compared to FIG 3, two differences that each also could be combined independently with the features of the previous embodiment according to FIG 3. The first modification is that the tube like cylinder 23 of FIG 3 which was provided to assemble the stator segments, is replaced by two

separate flanges 50, 51. The second modification is how the end plates 24, 25 are attached to the shaft 21. In this case the end plates 24, 25 are attached to bearings 52 which again are directly connected to the rotating shaft 21. With this again it can be guaranteed that the stator 20 stays fixed in relation to the housing of the generator 11.

Besides the fact that the end plates 24, 25 are identical or widely identical in shape like the ones of FIG 3 and are attached to the flanges 50, 51 via its outer radial surfaces 30 in direction of the stator segments and via its inner radial surfaces 32 to the bearings 52 in the direction of the shaft 21, there is no conceptual difference regarding the end plates 24, 25 compared to the embodiment of FIG 3. Again, due to the reduced radial height of the end plates 24, 25, the stiffness of the stator arrangement 20 largely increases. And this again guarantees that the air gap 44 will be almost perfectly of the same width overall the perimeter of the stator arrangement 20.

Generally, as already mentioned, the embodiments relate to a stator arrangement 20 of an electric machine - the generator 11 of a wind turbine 1 - comprising a plurality of stator segments forming substantially the stator of the electric machine in a cylindric form around a radially centered shaft 21, wherein the stator arrangement 20 is radially surrounded by a rotatably mounted rotor arrangement 22, the stator segments are radially mounted on an outer surface of a support structure 23, and the support structure 23 is fixed via rigid connections to the shaft 21.

Possibly the rigid connections to the shaft 21 may comprise two basically annular shaped end plates 24, 25 connected to the shaft 21, the two end plates 24, 25 being perpendicular to the shaft axis A, each end plate 24, 25 mounted with the outer radial surface 30 of the end plate 24, 25 to an inner surface 31 of the stator segments or a supporting cylinder 23

and each end plate 24, 25 mounted with the inner radial surface 32 of the end plate 24, 25 to an radial outer surface 47 of the shaft 21.

The support structure may be in form of at least one cylinder. Specifically the at least one cylinder 23 may be built in form of a single annular pipe 23 and a first one of the two end plates 24, 25 is mounted to a first end section 34 of the pipe 23 and a second one of the two end plates 24, 25 is mounted to a second end section 34 of the pipe 23.

The end plates 24, 25 themselves may support the wanted stiffness by constructional means of the end plates and/or by selecting material that can not be bent that easily.

Claims

1. Stator arrangement (20) of an electric machine comprising a plurality of stator segments forming substantially the stator of the electric machine in a cylindrical form around a radially centered shaft (21), wherein
 - the stator arrangement (20) is radially surrounded by a rotatably mounted rotor arrangement (22),
 - the stator segments are radially mounted on an outer surface of a support structure (23),
 - the support structure (23) is fixed via rigid connections to the shaft (21).
2. Stator arrangement (20) according to claim 1, characterized in that the electric machine is a generator (11).
3. Stator arrangement (20) according to claim 1, characterized in that the electric machine is a generator (11) for a wind turbine (1).
4. Stator arrangement (20) according to one of the preceding claims, characterized in that the support structure (23) is built in form of a cylinder and is connected to the shaft (21) via two end plates (24, 25).
5. Stator arrangement (20) according to one of the claims 1 to 3, characterized in that the support structure (23) is built in form of a first and a second annular flange (50, 51) and a first one of the two end plates (24, 25) is mounted to the first flange (50) and a second one of the two end plates (24, 25) is mounted to the second flange (51).

6. Stator arrangement (20) according to one of the preceding claims,
characterized in that
the support structure (23) is built in form of a polygonal structure supported by at least two end plates (24, 25).
7. Stator arrangement (20) according to one of the claims 4 to 6,
characterized in that
the two end plates (24, 25) are mounted directly to the radial outer surface (47) of an outer part (21A) of the shaft (21), whereas the outer surface (47) of the shaft (21) is immobile in relation to a casing of the generator (11) due to bearings (40).
8. Stator arrangement (20) according claim 7,
characterized in that
the bearings (40) are placed between the outer part (21A) and an inner part (21B) of the shaft (21) and/or between the casing and the outer part (21A) of the shaft (21).
9. Stator arrangement (20) according to any of the preceding claims,
characterized in that the casing consists of two rotor end plates (41, 42) connected to an outer rotor (22) where the first rotor end plate (41) is further connected to the inner rotating part (21B) of the shaft (21) and the second end plate is further connected to a bearing (40) which is further connected to the outer stationary part (21A) of the shaft (21).
10. Stator arrangement (20) according to one of the claims 4 to 9,
characterized in that
the two end plates (24, 25) are mounted each via bearings

(52) to the radial outer surface (47) of the shaft (21), whereas the shaft (21) is pivotable.

11. Generator (11) comprising a stator arrangement (20), characterized in that the stator arrangement (20) is arranged according to one of the claims 1 to 10.
12. Wind turbine (1) comprising a generator (11), the generator (11) comprising a stator arrangement (20), characterized in that the stator arrangement (20) is arranged according to one of the claims 1 to 10.

Abstract

Stator arrangement (20) of an electric machine, generator (11), and wind turbine (1) comprising a plurality of stator segments forming substantially the stator of the electric machine in a cylindric form around a radially centered shaft (21), wherein the stator arrangement (20) is radially surrounded by a rotatably mounted rotor arrangement (41, 42, 22), the stator segments are radially mounted on an outer surface of a support structure (23), the support structure (23) is fixed via rigid connections to the shaft (21).

Figure 3

FIG 1

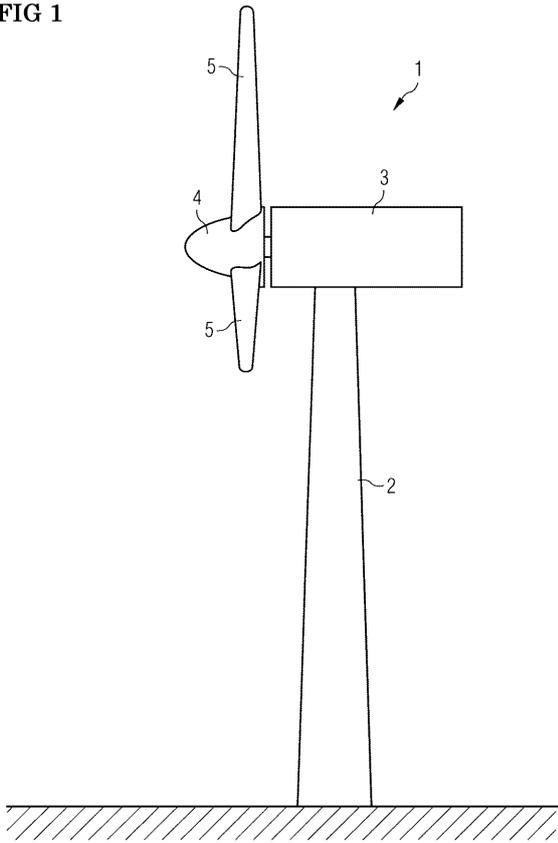


FIG 2

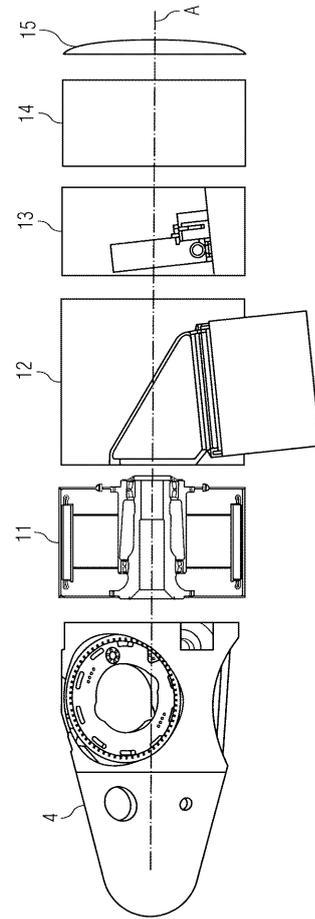


FIG 3

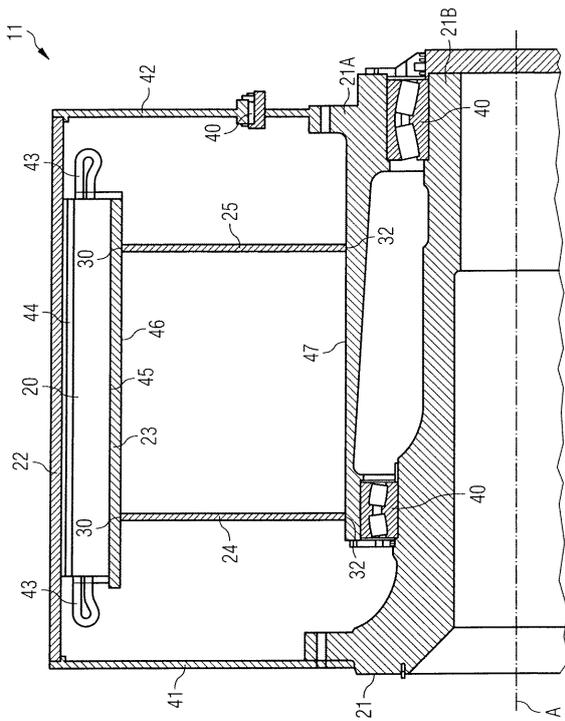


FIG 4

