

(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2011-99442

(P2011-99442A)

(43) 公開日 平成23年5月19日 (2011.5.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F03D 9/00 (2006.01)	F03D 9/00 B	3H078
F03D 11/00 (2006.01)	F03D 11/00 Z	5H601
H02K 1/20 (2006.01)	H02K 1/20 Z	5H609
H02K 9/16 (2006.01)	H02K 9/16	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2010-248891 (P2010-248891)
 (22) 出願日 平成22年11月5日 (2010.11.5)
 (31) 優先権主張番号 09013958.5
 (32) 優先日 平成21年11月6日 (2009.11.6)
 (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 100099483
 弁理士 久野 琢也
 (74) 代理人 100061815
 弁理士 矢野 敏雄

最終頁に続く

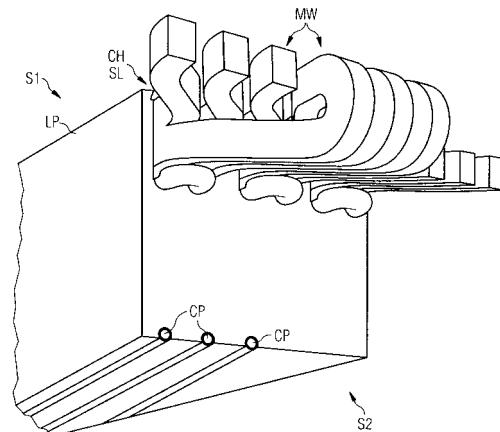
(54) 【発明の名称】 発電機の冷却のための装置

(57) 【要約】

【課題】 発電機のための改良された冷却装置を提供する。

【解決手段】 本発明による装置は、ロータとステータとを有する発電機に関する。ステータは少なくとも2つのステータセグメントを有している。ステータセグメントのうちの少なくとも1つが、多数の積層板 (LP) を有している。積層板 (LP) が、第1の側 (S1) において多数のスロット (SL) を有しており、積層板の第1の側 (S1) がロータに対して整合させられている。スロット (SL) はステータコイルの金属巻線 (MW) を支持している。少なくとも1つの中空の冷却管 (CP) が、冷却管内に配置された冷却媒体によって積層板 (LP) を冷却するためにステータセグメントの積層板 (LP) に部分的に一体化されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

風車内で使用される発電機の冷却のための装置であって、
発電機が、少なくとも 2 つのステータセグメントを含むステータと、ロータとを有しており、

ステータセグメントのうちの少なくとも 1 つが、多数の積み重ねられた積層板 (LP) を有しており、

該積み重ねられた積層板 (LP) が、第 1 の側 (S1) において多数のスロットを有しており、積み重ねられた積層板の第 1 の側 (S1) が、ロータに整合させられており、

スロット (SL) が、ステータコイルの金属巻線 (MW) を支持している形式のものにおいて、 10

少なくとも 1 つの中空の冷却管 (CP) が、該冷却管内に配置された冷却媒体によって積層板 (LP) を冷却するために、ステータセグメントの積み重ねられた積層板 (LP) に部分的に一体化されていることを特徴とする、風車内で使用される発電機の冷却のための装置。

【請求項 2】

部分的に一体化された冷却管 (CP) が、冷却管 (CP) と一緒にステータセグメントを交換できるように設計されている、請求項 1 記載の装置。

【請求項 3】

部分的に一体化された冷却管 (CP) が、積み重ねられた積層板 (LP) の第 2 の側 (S2) に配置されており、該第 2 の側 (S2) が第 1 の側 (S1) とは反対側である、請求項 1 又は 2 記載の装置。 20

【請求項 4】

冷却管 (CP) が、冷却媒体のための入口接続部と出口接続部とを有しており、

冷却媒体が、第 1 の温度で入口接続部を介して冷却管 (CP) に進入し、冷却媒体が、第 1 の温度よりも高い第 2 の温度で出口接続部から流出する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 5】

各ステータセグメントが、該ステータセグメントに専用の少なくとも 1 つの冷却管 (CP) を有している、請求項 4 記載の装置。 30

【請求項 6】

発電機が、共通の熱交換器を有しており、該共通の熱交換器が、個々の入口接続部と出口接続部とによって、ステータセグメントにおいて使用される各冷却管と接続されている、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 7】

発電機が多数の熱交換器を有しており、各熱交換器が、冷却管の個々の入口接続部と出口接続部とによって専用のステータセグメントの冷却管と接続されている、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 8】

冷却管 (CP) と積み重ねられた積層板 (LP) との間に熱伝導化合物が配置されている、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の装置。 40

【請求項 9】

冷却管が、多数のヘアピン湾曲部を有しており、該ヘアピン湾曲部が、冷却管 (CP) に誘発される電圧が減じられるようにステータセグメントに成形及び配置されている、請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 10】

冷却管が、ステータセグメントの積層板を支持するように構成された支持構造体の一部である、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 11】

冷却管が、少なくとも積み重ねられた積層板を締め付けるように構成されたねじ山を有 50

する、請求項 10 記載の装置。

【請求項 12】

冷却管が、1つ又は2つ以上の支持フランジを有しており、該支持フランジが、好適には冷却管に溶接されている、請求項 11 記載の装置。

【請求項 13】

発電機が、外側ロータ及び内側ステータを有しているか、又は
発電機が、風車の直接駆動発電機として使用されている、請求項 1 記載の装置。

【請求項 14】

冷却媒体が、液体である、請求項 1 記載の装置。

【請求項 15】

冷却媒体が液体である及び／又は液体冷却媒体が不凍液又は油を含む、請求項 14 記載の装置。

【請求項 16】

冷却管（CP）が、非磁性材料から形成されており、好適にはステンレス鋼から形成されている、請求項 1 から 15 までのいずれか 1 項記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、好適には風車において使用される発電機の冷却のための装置に関する。

【背景技術】

【0002】

風車における発電機の運転中、ロータによって磁界が誘発される。ロータは、永久磁石又は巻線形磁極を有しており、これらは、ステータコア及びステータコイルに磁界を誘発する。これによって、電流が誘発され、この電流はステータコア及びステータコイルに大きな熱を発生する。

【0003】

付加的な渦電流は熱の発生に寄与する。導体と磁界力との相対運動による変化する磁界に導体が曝されると、渦電流が発生する。渦電流は、時間の経過に伴う磁界の変化によっても発生される。

【0004】

渦電流は、ステータ構成部材とロータ構成部材との間の所望の磁界に対抗する磁界を発生する。これは、渦電流損失を生ぜしめる。

【0005】

渦電流損失は、特に風車における直接駆動発電機のような大型電気機械の場合、著しいレベルに達することがある。すなわち、ロータの効率が減じられる。

【0006】

さらに、渦電流によって発生された熱は、ステータ構成部材における温度を上昇させる。

【0007】

典型的なステータは、金属から形成された積み重ねられた積層板を有する。積層板は、例えば鉄のシートから打ち抜かれている。

【0008】

図 9 は、発電機におけるステータの一部である公知の積層板 LP の形状を示している。

【0009】

積層板 LP の第 1 の側 S1 は、発電機のステータとロータとの間の空隙に向けられている。この第 1 の側 S1 には、多数のスロット SL が設けられている。スロット SL は、好適には積層板 LP から打ち抜かれている。

【0010】

多数の積層板 LP が積み重ねられ、これにより、スロット SL は積み重ねられた積層板 L 内にチャンネル CH を形成する。チャンネル CH は、ステータコイルの金属巻線 MW を支持

10

20

30

40

50

している。

【0011】

それぞれの金属巻線MWは、導体CONによって形成されており、この導体CONは、導体絶縁体CONIによって包囲されている。それぞれのスロットSLは、金属巻線MWを絶縁するためにスロット絶縁ライニングSILを有している。

【0012】

スロットSLのそれぞれの上部には凹所RCが設けられている。凹所RCは、くさび形部材WDGを支持するように構成されている。くさび形部材WDGによって、挿入された金属巻線MWは所定の位置に保持される。

【0013】

電気機械が作動していると、熱が発生される。熱は、主にステータの金属巻線MWによって発生される。熱により、金属巻線MWの絶縁体が損傷されることがあり、従って、巻線の温度は、電気機械の所定の寿命を達成するために低下させる必要がある。

【0014】

大型の電気機械を冷却するために様々な装置及び方法が知られている。極めて一般的なものは、電気機械の内部での空気等の気体媒体の循環である。この気体媒体は、例えば熱交換によって低温に保たれる。

【0015】

この方法の欠点は、大きなガス対空気又はガス対水式の熱交換器が必要とされることである。さらに、冷却媒体を循環させるために付加的な電力が必要とされる。

【0016】

別の一般的な方法は、空隙に隣接していない又は空隙に面していない、ステータ側において冷却液を循環させることである。つまり、熱は、金属巻線から伝導によって積層板へ伝達され、積層板から伝導によって冷却液に伝達される。

【0017】

この方法の欠点は、積層鉄の適度な熱伝導率により、ステータ巻線と冷却媒体との間かなりの温度勾配が存在するということである。従って、巻線の温度を所要の最大値よりも低く維持することが困難である。

【0018】

別の一般的な方法は、液体又は気体媒体を中空の銅バーに導入することである。これらのバーは、ステータコイルの巻線の下側に装着されているか又は、積み重ねられた積層板の裏側に溶接によって結合されている。銅バーは、積層板のチャンネルを超えている。

【0019】

この方法の欠点は、電気接続のために及び中空銅バーの結合のために、多数の接合部が必要とされることである。したがって、この方法は、極めて大型の発電機においてのみ使用される。

【0020】

別の欠点は、冷却管が、コイル巻線と同じ電磁界に曝され、これにより、金属から形成された冷却管に電圧が誘発されることである。

【0021】

別の方法は、米国特許出願公開第2005/0067904号明細書から知られている。この場合、鉄から形成されたステータ積層体は、ロータとは反対側を向いたステータ側においてC字形スロットを有している。冷却管は、前記スロットに挿入されており、管は、C字形チャンネルに合致するように変形させられる。

【0022】

この方法の欠点は、冷却管の変形が管に小さなき裂を生じる恐れがあることである。これらのき裂は、例えば腐食、環境的影響又は材料特性により、次第に拡大する恐れがある。つまり、き裂は、後に漏れを生じる。

【0023】

この方法の別の欠点は、この方法が大型の電気機械において使用されると、冷却管の長

10

20

30

40

50

さが増大するということである。この場合、冷却管は、長い"蛇行状"に成形される。長い蛇行状の管を流れる間に冷却液は加熱される。従って、蛇行の主な部分を含むステータの区分は、十分に冷却されなくなる。さらに、例えば鉄から形成されたステータ積層体に、温度勾配が生じる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0024】

【特許文献1】米国特許出願公開第2005/0067904号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0025】

したがって、本発明の課題は、特に風車における直接駆動発電機のような大型の電気機械のための、発電機のための改良された冷却装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0026】

前記課題は、請求項1の特徴によって達成される。さらに、発明の構成は従属請求項の主体である。

【0027】

本発明の装置は、ロータ及びステータを有する発電機に関する。ステータは、少なくとも2つのステータセグメントを有する。ステータセグメントのうちの少なくとも1つは、多数の積み重ねられた積層板を有している。積み重ねられた積層板は、第1の側に多数のスロットを有しており、積み重ねられた積層板の第1の側は、ロータに整合させられている。スロットは、ステータコイルの金属巻線を支持している。冷却管内に配置された冷却媒体によって積層板を冷却するために、ステータセグメントの積み重ねられた積層板には、少なくとも1つの中空冷却管が部分的に一体化されている。

20

【0028】

ステータは、セグメントに分割されている。好適には、部分的に一体化された冷却管は、専用の冷却管と一緒に少なくとも1つのステータセグメントを交換することができるように設計されている。

【0029】

30

冷却管の表面の大部分はステータに一体化されているので、冷却管の表面は、ステータセグメントと密に接触している。従って、熱伝導が高められる。これは、専用のセグメントの最適な冷却を保証する。

【0030】

ステータセグメントにおける渦電流は、冷却管の配置と、冷却管のために使用される材料とにより、冷却管の周囲において排除される。

【0031】

減じられた又は排除された渦電流により、より小さな熱が発生される。

【0032】

40

好適には、部分的に一体化された冷却管は、第1の側とは反対側の第2の側において、積み重ねられた積層板を貫通している。つまり、冷却管は、冷却を高めるためにステータセグメントと密に接触している。

【0033】

好適には、冷却管は冷却媒体で充填されており、冷却管は冷却システムの一部である。従って、冷却媒体は、ステータセグメントの能動的な冷却のために使用される。

【0034】

好適には、冷却管は、例えば水のような冷却液で充填されている。好適には水が使用されるが、不凍液又は油が水に加えられてもよい。不凍液は、例えばエチレングリコール、ジエチレングリコール、又はプロピレングリコールである。鉱油、シリコン油、又はフルオロカーボン油が例えば油として使用されてよい。従って、適切な液体冷却媒体は、所

50

望の冷却範囲を保証するために使用されてよい。

【0035】

好適には、冷却媒体は、別個の"低温の"入口において冷却管に進入し、冷却管の別個の"高温の"出口において流出する。従って、ステータの冷却は、冷却媒体の一定の流れによって制御することができる。

【0036】

好適には、各ステータセグメントは少なくとも1つの冷却管を有しており、各冷却管は、別個の低温入口と別個の高温出口とを有している。

【0037】

好適には、発電機は、例えば熱交換器のような1つの共通の冷却手段を有している。全ての所要の冷却管の各低温入口及び各高温出口は、この共通の熱交換器に接続されている。これにより、冷却管と熱交換器との間に短い接続ラインが形成され、これにより、発電機の改良された冷却が保証される。個々のステータセグメントの冷却は、他のステータセグメントの冷却によって影響されない。従って、それぞれ1つのセグメントのより均一でかつ効率的な冷却が達成される。

10

【0038】

好適には、発電機は、例えば熱交換器のような2つ以上の冷却手段を有している。それぞれ別個の冷却手段は、冷却管の入口／出口を介して専用のステータセグメントに接続されている。従って、専用のセグメントの改良された冷却が達成される。さらに、冷却は、より小さな冷却ユニットに分割されており、これにより、機械的な複雑さが低減されている。

20

【0039】

好適には、冷却管は、非磁性材料から形成されている。冷却管は、積層板内の磁路の一部を形成しないので、熱の発生も減じられる。

【0040】

好適には、冷却管は、金属から形成されている。従って、冷却管は、積層板から冷却媒体への効率的な熱伝導のために使用することができる。

【0041】

好適には、冷却管は、ステンレス鋼から形成されている。従って、冷却管は、極めて頑丈であり、腐食が回避される。発電機全体の長寿命も保証される。

30

【0042】

好適には、前記冷却管と前記積み重ねられた積層板との間に、熱伝導化合物が配置されている。従って、積層板と冷却システムとの間の最大熱伝導が保証される。

【0043】

好適には、冷却管は、積み重ねられた積層板のスロット又はチャンネルに配置された多数のヘアピン湾曲部を有している。ヘアピン湾曲部は、回転するロータによって冷却管に誘発される電圧が減じられるように設計及び構成されている。従って、最小限の過剰な熱が冷却管に誘発される。

【0044】

好適には、冷却管は、ステータセグメントのエレメントを支持するために使用される構造体の一部である。従って、機械的な構成及び支持のための手段が減じられる。特に、積層板は冷却管によって固定されている。

40

【0045】

さらに、熱伝導を最適化するために、構造体の間の密着した物理的及び／又は熱的な接続が保証される。

【0046】

好適には、冷却管は、管においてねじ山付き部分を有している。ねじ山付き部分は、ステータの側部を締め付けるためのボルトを取り付けるために使用される。これは、ステータ積層板を互いに締め付けるための有効な方法であり、必要であればボルトを再び締め付けることができることをも保証する。

50

【0047】

好適には、冷却管は、例えば前記管に溶接することによって結合される1つ又は2つ以上の支持フランジを有している。従って、支持構造体を、機械の製造中に組み立てることができる。

【0048】

以下に本発明を図面を参照してより詳細に説明する。図面は例を示しており、従って、本発明の装置の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明による冷却装置の一部を示す図である。

10

【図2】本発明による積層板を示す側面図である。

【図3】図1及び図2に関連して、本発明による装置の一部を示す三次元の図である。

【図4】本発明による第1の好適な構成を概略的に示す図である。

【図5】本発明による第2の好適な構成を概略的に示す図である。

【図6】本発明による装置において使用される、冷却管によって固定された、積層板を示す図である。

【図7】本発明による装置において使用される、冷却管によって固定された、積層板を示す図である。

【図8】積層板に関連した冷却管CPの位置を示す図である。

【図9】導入部において説明したような公知の積層板を示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0050】

図1は、本発明による冷却装置の一部を示している。多数の積層板LPが積み重ねられている。各積層板LPは多数のスロットSLを有している。積重ねにより、スロットSLは多数のチャンネルCHを形成しており、これらのチャンネルは、ステータコイルの金属巻線MWを支持するために使用されている。

【0051】

積み重ねられた積層板LPはステータセグメントの一部である。積み重ねられた積層板LPは、発電機のロータに対して整合した第1の側S1を有している。スロットSLは、この第1の側S1に配置されている。

30

【0052】

少なくとも1つの冷却管CPは、積み重ねられた積層板LPに部分的に一体化されている。部分的に一体化された冷却管CPは、積み重ねられた積層板LPの第2の側S2において積層板LPを貫通している。第2の側S2は第1の側S1とは反対側である。

【0053】

冷却管CPと積み重ねられた積層板LPとの間には、熱伝導化合物（図示せず）が配置されている。従って、積み重ねられた積層板の不規則な面と冷却管との間の熱的境界面の熱伝導率が高められる。構成部材の間の空隙は低減又は排除され、従って冷却が改善される。化合物は、セラミック、金属、カーボン、又は液体であってよい。

【0054】

40

図2は、本発明による積層板LPを側面図で示している。

【0055】

積層板LPの第1の側S1は、空隙に整合させられている又は面しており、空隙は発電機のステータとロータとの間に設けられている。第1の側S1は、多数のスロットSLを有している。スロットSLは、金属のシートから打ち抜かれていてよい。積層板LPは、同様に製造されていてよい。

【0056】

図1を参照すると、多数の積み重ねられた積層板LPは、スロットSLによりチャンネルCHを形成する。これらのチャンネルCHは、ステータコイルの金属巻線MWを支持するために使用されている。

50

【0057】

各金属巻線MWは、導体絶縁体CONIによって包囲された導体CONによって形成されている。各スロットSLは、金属巻線MWの束を絶縁するためのスロット絶縁ライニングSILを有している。

【0058】

各スロットSLの上部には凹所RCが設けられている。凹所RCは、くさび形部材WDGを支持するように形成されている。電気コイルの金属巻線MWが挿入されると、金属巻線はくさび形部材WDGによって所定の位置に保持される。

【0059】

多数の冷却管CPは、第1の側S1とは反対側の第2の側S2において、（積み重ねられた）積層板LPに部分的に一体化されている。

10

【0060】

好適には、冷却管CPの横断面の50%以上が（積み重ねられた）積層板LP内に一体化されている。

【0061】

図2は、積み重ねられた積層板を有するステータセグメントの一部だけを示している。積み重ねられた積層板は円形に形成されている。

【0062】

図3は、図1及び図2に関連した、本発明による装置の一部の三次元の図である。

【0063】

20

図4は、本発明による第1の好適な構成を概略的に示している。

【0064】

発電機（図示せず）は、例えば熱交換器HXのような共通の冷却手段を有している。

【0065】

共通の熱交換器HXは、発電機のセグメント化されたステータの4つのセグメントseg1, seg2, seg3, seg4に接続されている。

【0066】

セグメントseg1～seg4のそれぞれは、ここに示されているように適切に接続された専用の冷却管の"低温の"入口と"高温の"出口とを有している。従って、ステータセグメントseg1～seg4と熱交換器HXとの間の長い接続ラインが回避される。

30

【0067】

冷却媒体は、分割されて、4つの冷却経路へ送り込まれ、各冷却経路はセグメントseg1～seg4のうちの1つのための専用のものである。

【0068】

分割された冷却媒体は、専用の冷却経路から出た後に合流される。

【0069】

熱交換器HXから見て、冷却管は、並列に接続されていると見なされる。

【0070】

図5は、本発明による第2の好適な構成を概略的に示している。

【0071】

40

発電機（図示せず）は、例えば熱交換器HXXのような多数の4つの冷却手段を有している。

【0072】

熱交換器HXXは、発電機のセグメント化されたステータの専用のセグメントseg1, seg2, seg3, seg4に接続されている。

【0073】

従って、4つの独立した冷却回路が形成されており、各回路は、セグメントseg1～seg4のうちの1つの冷却管を有している。

【0074】

好適には、図1に記載の冷却システムと、図5に記載の冷却システムとは、組み合わせられ

50

てよい。例えば、ステータが8つのセグメントに分割されていると、冷却システムは、2つの冷却手段を有してよい。冷却手段のそれぞれは、4つのステータセグメントの冷却管から冷却媒体を供給及び受容してよい。

【0075】

図6及び図7は、本発明による装置において使用される、冷却管CPによって固定された積み重ねられた積層板LPを示している。

【0076】

図8Aは、本発明による積層板LPのスロットSLに配置された冷却管CPを概略的に示している。

【0077】

図8Bは、積層板LPの表面に取り付けられた冷却管CPを概略的に示している。この構成は、従来公知である。

【0078】

図8Aによれば、冷却管CPは積層板LPの一体化された部分である。冷却管CPは、長さL1を備えた内部周囲を有している。長さL2は、2つの隣接する冷却管CPの間の距離を表している。図示のように、周囲長さL1は実質的に長さL2と等しい。

【0079】

図8Bによれば、冷却管CPは、積層板LPの一体化された部分ではなく、実質的にステータの内面における熱伝導板HTに配置されている。熱伝導板HTの最大幅はL2の距離と等しい。

【0080】

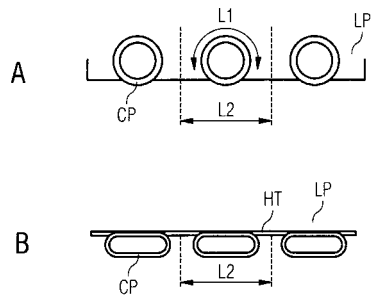
図8Aの例は、図8Bの例と比較して、改良された冷却効率を有する。

【符号の説明】

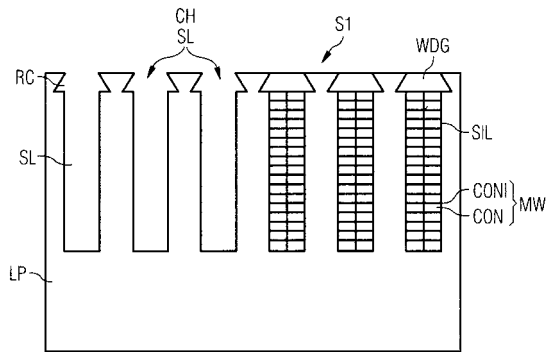
【0081】

LP 積層板、 SL スロット、 CH チャネル、 MW 金属巻線、 S1 第1の側、 S2 第2の側、 CP 冷却管、 CONI 導体絶縁体、 CON 導体、 WDG くさび形部材、 RC 凹所、 HX, HXX 熱交換器、 seg1, seg2, seg3, seg4 セグメント、 L1, L2 長さ

【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(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 100156812

弁理士 篠 良一

(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 AA26 BB14 CC22

5H601 AA16 CC02 DD02 DD11 DD30 EE11 EE19 EE25 GA02 GA22

GA50 GE02 GE11

5H609 BB03 BB12 PP02 PP06 PP08 QQ04 QQ05 QQ12 RR26 RR37

【外国語明細書】

Title of Invention

Arrangement for cooling of an electrical generator

Detailed Explanation of the Invention

The invention relates to an arrangement for cooling of an electrical generator, to be used in a wind-turbine preferably.

During the operation of a generator in a wind turbine magnetic fields are induced from a rotor. The rotor contains permanent magnets or wound poles, which induce the magnetic fields into stator-cores and stator-coils. This leads to induced currents, which generate significant heat in the stator-cores and stator-coils.

Additional eddy currents contribute to the generation of heat. Eddy currents are generated when a conductor is exposed to a changing magnetic field due to a relative motion of the conductor and the magnetic field force. Eddy currents are also generated due to variations of the magnetic field over time.

The eddy currents create magnetic fields, which opposes a desired magnetic field between stator components and rotor components. This results in a eddy current loss.

The eddy current loss may reach a significant level, especially for a large electrical machine like a direct drive generator in a wind turbine. Thus the efficiency of the rotor is reduced.

Furthermore the heat, which is generated by the eddy currents, leads to an increased temperature in the stator-components.

A typical stator contains stacked laminate plates, which are made of metal. The laminate plates are punched out from a sheet of iron, for example.

FIG 9 shows the shape of a known laminate plate LP, which is part of a stator in a generator.

A first side S1 of the laminate plate LP is aimed to an air gap, which is between the stator and a rotor of the generator. At this first side S1 there are a number of slots SL. The slots SL are punched out from the laminate plate LP preferably.

A number of laminate plates LP will be stacked, so the slots SL form channels CH within the stack of laminate plates LP. The channels CH support metal windings MW of a stator coil.

Each metal winding MW is formed by a conductor CON, which is surrounded by a conductor-isolation CONI. Each slot SL shows a slot isolation lining SIL to insulate the metal windings MW.

There is a recess RC on each top of the slot SL. The recess RC is constructed to support a wedge WDG. By the wedge WDG the metal windings MW inserted are kept in place.

Heat is generated if the electrical machine is at work. The heat is generated mainly by the metallic windings MW of the stator. Due to the heat the isolation of the metallic winding MW may be damaged, thus the temperature of the winding needs to be cooled down to achieve a predetermined lifetime of the electrical machine.

Various arrangement and methods are known to cool large electrical machines. A very common one is the circulation of a gaseous medium like air inside the electrical machine. This gaseous medium is kept cool by a heat exchanger, for example.

The drawback of this method is that large gas-to-air or gas-to-water heat exchangers are needed. Furthermore additional power is needed to circulate the cooling medium.

Another common method is to circulate a liquid coolant on the stator-side, which is not adjacent or facing to the air gap. Thus heat is transferred from the metallic winding by conduction to the laminate plates and from the laminate plates by conduction to the cooling medium.

The drawback of this method is that a considerable temperature gradient will exist between the stator winding and the cooling medium due to the moderate heat conductivity of the laminate iron. Thus it is difficult to maintain the temperature of the winding below a required maximum value.

Another common method is to introduce a liquid or gaseous medium in hollow copper bars. These bars are installed below the windings of the stator coil or they are connected with the rear side of the stacked laminate plates by welding. The copper bars exceed the channels of the laminate plates.

The drawback of this method is that numerous joints are needed - for the electrical connection and for the connection of the hollow copper bars. Therefore this method is only used in very large generators.

Another drawback is that the cooling pipes are exposed to the same electromagnetic fields as the coil-windings, thus voltages will be induced in the cooling pipes, which are made of metal.

Another method is known from document US 2005 0067 904 A. Here the stator laminate, made of iron, comprises C-shaped slots on the stator side, which points away from the rotor. Cooling tubes are inserted in said slots and the tubes are deformed to fit into the C-shaped channels.

The drawback of this method is that the deformation of the cooling tubes may lead to small cracks in the tubes. These cracks may enlarge over time, for example due to corrosion,

environmental influences or material characteristics. Thus the cracks will result in leaks later.

Another drawback of this method is that the length of the cooling tubes increases if the method is used in large electrical machines. In this case the cooling tube is shaped like a long "serpentine". The cooling liquid is heated during its flow through the long serpentine. Thus the section of the stator, which contains the main part of the serpentine, will not be cooled sufficiently. Furthermore a temperature gradient will arise within the stator laminate, made of iron for example.

It is therefore the aim of the present invention, to provide an improved cooling arrangement for an electrical generator, especially for a large electrical generator like a direct drive generator in a wind turbine.

This aim is achieved by the features of claim 1. Further configurations of the invention are subject of the dependent claims.

The arrangement invented relates to a generator, which contains a rotor and a stator. The stator contains at least two stator segments. At least one of the stator segments contains a number of stacked laminate plates. The stacked laminate plates contain a number of slots at a first side, while the first side of the stacked laminate plates is aligned to the rotor. The slots support a metal-winding of an stator coil. At least one hollow cooling-pipe is partly integrated into the stacked laminate plates of the stator segment to cool its laminate plates by a cooling-medium, which is located into the cooling-pipes.

The stator is partitioned into segments. Preferably the partly integrated cooling pipe is designed in a way that an exchange of at least one stator segments together with the dedicated cooling pipe is allowed.

As a major part of the surface of the cooling pipe is integrated in the stator the surface of the cooling-pipe is in close contact with the stator segment. Thus the heat transfer is increased. This ensures an optimal cooling of the dedicated segment.

Eddy currents in the stator segment are eliminated around the cooling pipe due to the location of the cooling pipe and due to the material used for the cooling pipe.

Due to the reduced or eliminated eddy currents less heat is produced.

Preferably the partly integrated cooling-pipe penetrates the stacked laminate plates on a second side, which is opposite to the first side. Thus the cooling-pipe is in close contact with the stator segment to improve the cooling.

Preferably the cooling-pipe is filled with a cooling medium, while the cooling-pipe is part of a cooling system. Thus the cooling medium is used for an active cooling of the stator segment.

Preferably the cooling-pipe is filled with a liquid cooling like water for example. Preferably water is used while anti-freeze agents or oil may be added to the water. Anti-freeze agents are ethylene glycol, diethylene glycol or propylene glycol for example. Mineral oil, silicone oil or fluorocarbon oil may be used as oils for example. Thus a suitable liquid cooling-medium may be used to ensure a desired cooling range.

Preferably the cooling medium enters the cooling-pipe at separate "cold" input and exits at separate "hot" output of the cooling pipe. Thus the cooling of the stator can be controlled by the fixed flow of the cooling medium.

Preferably each stator segment comprises at least one cooling-pipe, while each cooling pipe contains a separate cold input and a separate hot output.

Preferably the generator comprises one common cooling means, like a heat exchanger for example. Each cold input and each hot output of all needed cooling pipes are connected to this common heat exchanger. Due to this short connection-lines are created between the cooling-pipes and the heat exchanger, thus an improved cooling of the generator is ensured. The cooling of an individual stator-segment is not influenced by the cooling of other stator-segments. Thus a more uniform and efficient cooling of each single segment is achieved.

Preferably the generator contains two or more cooling means, like heat exchangers for example. Each separate cooling means is connected to a dedicated stator-segment via the input/output of the cooling-tube. Thus an improved cooling of the dedicated segment is achieved. Furthermore the cooling is divided into a number of smaller cooling units, thus the mechanical complexity is decreased.

Preferably the cooling-pipe is made of a non-magnetic material. As the cooling pipe(s) does not form part of magnetic pathways inside the laminate plates the production of heat is reduced, too.

Preferably the cooling-pipe is made of metal. Thus it can be used for an efficient heat transfer from the laminate plates to the cooling medium.

Preferably the cooling-pipe is made of stainless steel. Thus the cooling pipes are very robust and corrosion is avoided. Thus a long lifetime of the whole generator is ensured.

Preferably a heat transfer compound is arranged between said cooling-pipe and said stacked laminate plates. Thus a maximal

heat-transfer between the laminate plates and the cooling system is ensured.

Preferably the cooling-pipe show a number of hairpin bends, which are placed in slots or channels of the stacked laminate plates. They are designed and constructed in a way that voltages, which are induced into the cooling pipes by the revolving rotor, are reduced.

Thus only a minimum of excessive heat is induced in the cooling pipes.

Preferably the cooling-pipe is part of a structure, which is used to support elements of the stator segment. Thus the means for mechanical construction and support are reduced. Especially the laminate plates are fixed by help of the cooling-pipes.

Furthermore a close physical and/or thermal connection between the structures is ensured, to optimize the heat-transfer.

Preferably the cooling-pipe contains threaded portions on the pipe. They are used to apply bolts to tighten sides of the stator. This is an effective method of tightening the stator laminate plates together and also ensures that the bolts can be re-tightened is needed.

Preferably the cooling-pipe contains one or more supporting flanges, which are connected by welding on the said pipe for example. Thus the support structure can be build up during the manufacture of the machine.

The invention is described in more detail now by the help of the figures. The figures show examples and therefore do not limit the scope of the arrangement invented.

Brief Explanation of the Drawings

FIG 1 shows a part of the cooling-arrangement invented,

FIG 2 shows a laminate plate according to the invention in a side-view,
FIG 3 shows in reference to FIG 1 and FIG 2 a 3D-view of a part of the arrangement invented,
FIG 4 illustrates schematically a first preferred configuration according to the invention,
FIG 5 illustrates schematically a second preferred configuration according to the invention,
FIG 6 and FIG 7 show stacked laminate plates, which are fixed by help of the cooling-pipe, to be used in the arrangement invented,
FIG 8 illustrates the position of cooling-pipes CP in view of the laminate plates, and
FIG 9 shows a known laminate plate as described in the introduction.

FIG 1 shows a part of the cooling-arrangement invented, A number of laminate plates LP are stacked. Each laminate plate LP shows a number of slots SL. Because of the stacking the slots SL form a number of channels CH, which are used to support metal-windings MW of a stator-coil.

The stacked laminate plates LP are part of stator-segment. The stacked laminate plates LP show a first side S1, which is aligned to the rotor of the generator. The slots SL are located on this first side S1.

At least one cooling-pipe CP is partly integrated into the stacked laminate plates LP. The partly integrated cooling-pipes CP penetrate the laminate plates LP on a second side S2 of the stacked laminate plates LP. The second side S2 is opposite to the first side S1.

A heat transfer compound (not shown here) is arranged between the cooling-pipe CP and the stacked laminate plates LP. Thus the thermal conductivity of the thermal interface between irregular surfaces of the stacked laminate plates and the cool-

ing-pipes is enhanced. Air gaps between the components are reduced or even eliminated, thus the cooling is improved. The compound may be ceramic, metal, carbon or a liquid.

FIG 2 shows a laminate plate LP according to the invention in a side-view.

A first side S1 of the laminate plate LP is aligned or aimed to an air gap, while the air gap is between the stator and the rotor of the generator. The first side S1 contains a number of slots SL. The slots SL may be punched out from a sheet of metal. The laminate plate LP may be manufactured by the same way.

With reference to FIG 1 a number of stacked laminate plates LP will form channels CH due to the slots SL. This channels CH are used to support the metal windings MW of the stator-coil.

Each metal winding MW is formed by a conductor CON, which is surrounded by a conductor-isolation CONI. Each slot SL shows a slot isolation lining SIL to insulate the bundle of metal windings MW.

On top of each slot SL there is a recess RC. The recess RC is built to support a wedge WDG. When the metal windings MW of the electrical coils are inserted they are kept in place by help of the wedge WDG.

A number of cooling-pipes CP is partly integrated into the (stacked) laminate plates LP and on the second side S2, which is opposite to the first side S1.

Preferably the cross-section of the cooling-pipes CP is integrated by more than 50% into the (stacked) laminate-plates LP.

This FIG 2 shows only a part of the stator segment, which comprises the stacked laminate plates. The stacked laminate plates are shaped circular.

FIG 3 shows in reference to FIG 1 and FIG 2 a 3D-view of a part of the arrangement invented.

FIG 4 illustrates schematically a first preferred configuration according to the invention.

The generator (not shown here) contains a common cooling means like a heat exchanger HX for example.

The common heat exchanger HX is connected to four segments seg1, seg2, seg3 and seg4 of the segmented stator of the generator.

Each of the segments seg1 to seg4 shows a "cool" input and a "hot" output of the dedicated cooling-pipe, which are connected appropriate as shown here. Thus long connection-lines between the stator-segments seg1 to seg4 and the heat exchanger HX are avoided.

The cooling-medium is divided and brought into four cooling-paths, each cooling path is dedicated to one of the segments seg1 to seg4.

The divided cooling medium is combined after it leaved the dedicated cooling-path.

Seen from the heat exchanger HX the cooling-pipes are regarded to be parallel coupled.

FIG 5 illustrates schematically a second preferred configuration according to the invention.

The generator (not shown here) contains a number of four cooling means like heat exchangers HXX for example.

Each heat exchanger HXX is connected to a dedicated segment seg1, seg2, seg3 and seg4 of the segmented stator of the generator.

Thus a number of four independent cooling-circuits are built, while each circuit contains a cooling-pipe of one of the segments seg1 to seg4.

Preferably the cooling system according to FIG 1 and according to FIG 5 may be combined.

As an example if the stator is partitioned into 8 segments, the cooling-system may comprise two cooling means. Each of the cooling means may supply and receive cooling medium from the cooling pipes of 4 stator segments.

FIG 6 and FIG 7 show stacked laminate plates LP, which are fixed by help of the cooling-pipe CP, to be used in the arrangement invented,

FIG 8A illustrates schematically cooling-pipes CP, which are arranged in slots SL of the laminate plates LP according to the invention.

FIG 8B illustrates schematically cooling-pipes CP, which are mounted on a surface of the laminate plates LP. This configuration is known before.

According to FIG 8A the cooling-pipes CP are integrated part of the laminate plates LP. The cooling-pipe CP contains an inner perimeter with a length L1.

The length L2 represents the distance between two adjacent cooling pipes CP. As shown here the perimeter length L1 is substantial equal to the length L2.

According to FIG 8B the cooling pipes CP are no integrated part of the laminate plates LP, they are located on heat transferring plates HT substantially on the inner surface of

the stator. The maximum width of the plates HT is equal to the distance of L2.

The illustration in FIG 8A show an improved cooling efficiency compared to the illustration in FIG 8B.

Claims

1. Arrangement for cooling of an electrical generator, to be used within a wind-turbine,
 - where the generator comprises a stator, which contains at least two stator segments, and a rotor,
 - where at least one of the stator segments contains a number of stacked laminate plates (LP),
 - where the stacked laminate plates (LP) contain a number of slots (SL) at a first side (S1), while the first side (S1) of the stacked laminate plates is aligned to the rotor,
 - where the slots (SL) support a metal-winding (MW) of an stator coil,**characterized in,**
 - that at least one hollow cooling-pipe (CP) is partly integrated into the stacked laminate plates (LP) of the stator segment to cool its laminate plates (LP) by a cooling-medium, which is located into the cooling-pipes.
2. Arrangement according to claim 1, characterized in that the partly integrated cooling pipe (CP) is designed in a way that an exchange of the stator segment together with the cooling pipe (CP) is allowed.
3. Arrangement according to claim 1 or 2, characterized in that the partly integrated cooling-pipe (CP) is located on a second side (S2) of the stacked laminate plates (LP), while the second side (S2) is opposite to the first side (S1).
4. Arrangement according to one of the claims 1 to 3, characterized in
 - that the cooling pipe (CP) contain an input-connection and an output-connection for the cooling-medium,
 - while the cooling-medium enters the cooling-pipe (CP) via the input-connection with a first temperature and while the cooling-medium leaves the cooling-pipe (CP)

via the output-connection with a second temperature, which is warmer than the first temperature.

5. Arrangement according to claim 4, characterized in that each of stator segment contains at least one cooling-pipe (CP), which is dedicated to the stator segment.
6. Arrangement according to one of the claims 1 to 5, characterized in that the generator contains a common heat exchanger, which is connected with each cooling pipe used in the stator-segments by the respective input-connections and output-connections.
7. Arrangement according to one of the claims 1 to 5, characterized in that the generator contains a number of heat exchangers, while each heat exchanger is connected with the cooling pipe of a dedicated stator-segment by the respective input-connection and output-connection of the cooling pipe.
8. Arrangement according to one of the claims 1 to 7, characterized in that a heat transfer compound is arranged between the cooling pipe (CP) and the stacked laminate plates (LP).
9. Arrangement according to one of the claims 1 to 8, characterized in that the cooling-pipe contain a number of hair-pin bends, which are shaped and arranged in the stator segment that voltages induced in the cooling-pipe (CP) are reduced.
10. Arrangement according to one of the claims 1 to 7, characterized in that the cooling-pipe is part of a support-structure, which is constructed to support the laminate plates of the stator segment.

11. Arrangement according to claim 10, characterized in that the cooling-pipe contains threads, which are constructed to tighten at least the stacked laminate plates.
12. Arrangement according to claim 11, characterized in that the cooling-pipe contains one or more supporting flanges, which are preferably welded to the cooling-pipe.
13. Arrangement according to claim 1, characterized in
 - that the generator contains an outer-rotor and an inner-stator, or
 - that the generator is used a direct drive generator of a wind-turbine.
14. Arrangement according to claim 1, characterized in that the cooling medium is liquid.
15. Arrangement according to claim 14, characterized in that the cooling medium is liquid and/or that the liquid cooling medium comprises an anti-freeze agent or oil.
16. Arrangement according to one of the preceding claims, characterized in that the cooling-pipe (CP) is made of a non-magnetic material, preferably made of stainless-steel.

ABSTRACT

The arrangement invented relates to a generator, which contains a rotor and a stator. The stator contains at least two stator segments. At least one of the stator segments contains a number of stacked laminate plates (LP). The stacked laminate plates (LP) contain a number of slots (SL) at a first side (S1), while the first side (S1) of the stacked laminate plates is aligned to the rotor. The slots (SL) support a metal-winding (MW) of an stator coil. At least one hollow cooling-pipe (CP) is partly integrated into the stacked laminate plates (LP) of the stator segment to cool its laminate plates (LP) by a cooling-medium, which is located into the cooling-pipes.

FIG 1

FIG 1

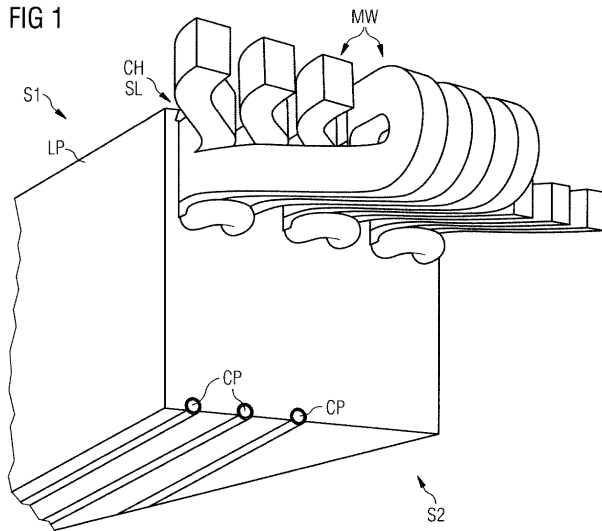


FIG 2

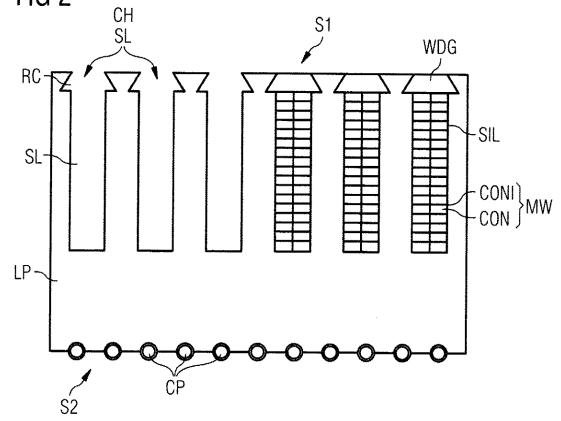


FIG 3

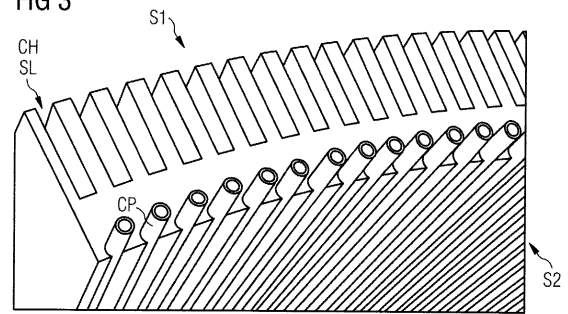


FIG 4

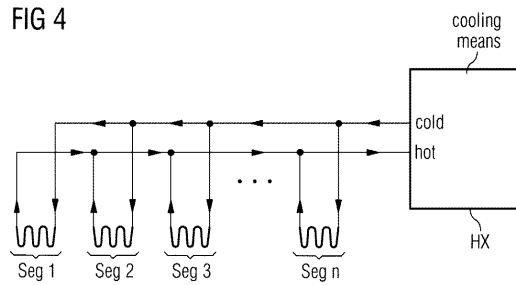


FIG 7

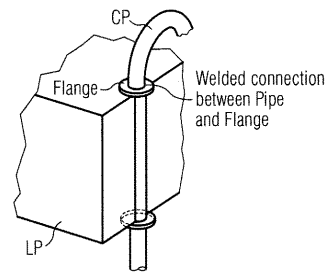


FIG 5

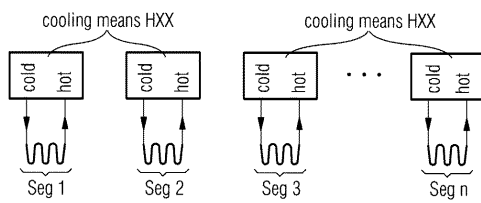


FIG 8

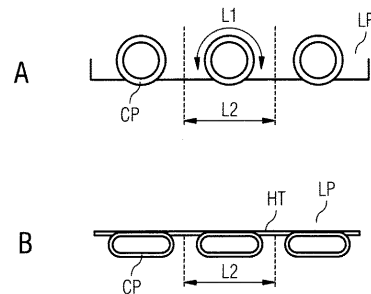


FIG 6

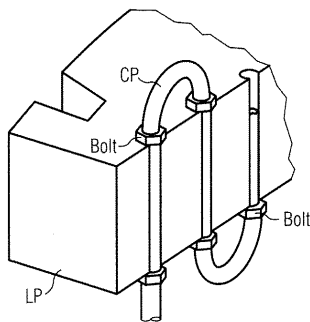


FIG 9

