

(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2017-50979

(P2017-50979A)

(43) 公開日 平成29年3月9日(2017.3.9)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02K 55/04 (2006.01)	H02K 55/04	5H609
H02K 9/19 (2006.01)	H02K 9/19	B 5H655

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2015-172528 (P2015-172528)
 (22) 出願日 平成27年9月2日 (2015.9.2)

(71) 出願人 000000974
 川崎重工業株式会社
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
 (71) 出願人 504196300
 国立大学法人東京海洋大学
 東京都港区港南4丁目5番7号
 (74) 代理人 110000556
 特許業務法人 有古特許事務所
 (72) 発明者 村瀬 陽平
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
 (72) 発明者 柳瀬 悦也
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

最終頁に続く

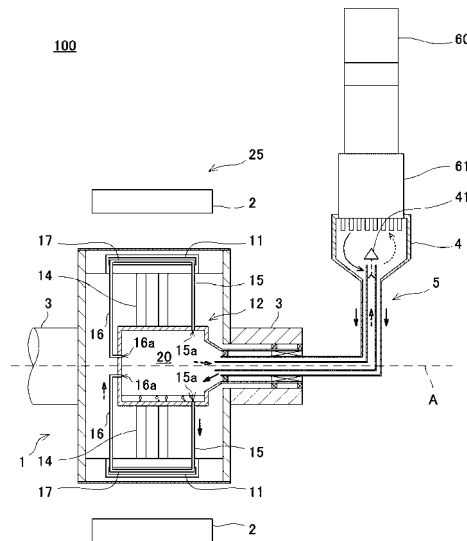
(54) 【発明の名称】 回転機

(57) 【要約】

【課題】 回転子径を大きくしても回転子の重量およびコストの増大を防止しつつ冷却効率を高くすることができる回転機を提供する。

【解決手段】 回転軸線回りに回転する回転子と、冷却機と、を備えた回転機であって、回転子は、径方向中央部に回転軸線に沿って形成される中空の冷媒流通部と、冷媒流通部より径方向外方に設けられた被冷却体と、を備え、回転機は、冷却機で冷やされた液相冷媒を冷媒流通部内に導入し、冷媒流通部内の気相冷媒を冷媒流通部から冷却機側へ戻す固定部配管を備え、回転子は、冷媒流通部の回転軸線に沿った側面に形成された第1開口部を通じて液相冷媒を被冷却体の近傍に導く導入通路と、被冷却体の近傍で液相冷媒が蒸発することによって被冷却体との熱交換を行い、その結果生成された気相冷媒を冷媒流通部内に戻す戻り通路と、を備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸線回りに回転する回転子と、冷却機と、を備えた回転機であって、
 前記回転子は、
 径方向中央部に前記回転軸線に沿って形成される中空の冷媒流通部と、
 前記冷媒流通部より径方向外方に設けられた被冷却体と、を備え、
 前記回転機は、前記冷却機で冷やされた液相冷媒を前記冷媒流通部内に導入し、前記冷媒流通部内の気相冷媒を前記冷媒流通部から前記冷却機側へ戻す固定部配管を備え、
 前記回転子は、
 前記冷媒流通部の前記回転軸線に沿った側面に形成された第 1 開口部を通じて前記液相冷媒を前記被冷却体の近傍に導く導入通路と、
 前記被冷却体の近傍で前記液相冷媒が蒸発することによって前記被冷却体との熱交換を行い、その結果生成された気相冷媒を前記冷媒流通部内に戻す戻り通路と、を備えた、回転機。

10

【請求項 2】

前記戻り通路は、前記冷媒流通部の前記回転軸線方向の一端部側面の中央部に形成された第 2 開口部を通じて前記気相冷媒を前記冷媒流通部内に戻すように構成された、請求項 1 に記載の回転機。

【請求項 3】

前記被冷却体は、前記回転軸線の周方向に複数配列され、
 前記導入通路は、前記被冷却体の数に応じた数の前記第 1 開口部を通じて前記液相冷媒を各被冷却体の近傍に導くように構成され、
 前記戻り通路は、前記複数の被冷却体の近傍のそれぞれから前記回転子の径方向中央部に導く複数の第 1 通路と、前記径方向中央部において前記複数の第 1 通路を集約して前記第 2 開口部に接続されるように、前記回転軸線に沿って延びる第 2 通路とを備えた、請求項 2 に記載の回転機。

20

【請求項 4】

前記戻り通路は、前記導入通路と二重通路を形成するように構成された、請求項 1 に記載の回転機。

【請求項 5】

前記冷媒流通部の前記回転軸線方向の長さは、前記被冷却体の前記回転軸線方向の長さより短いように構成された、請求項 1 から 4 の何れかに記載の回転機。

30

【請求項 6】

前記回転子は、前記冷媒流通部から前記導入通路と二重通路を形成するように構成された前記戻り通路への前記液相冷媒の浸入を防ぐための浸入防止部を備えた、請求項 4 に記載の回転機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転機に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、例えば超電導回転機の超電導界磁極等の被冷却体を超電導状態に保持する等の目的で回転機の被冷却体を冷却するための冷却装置の 1 つとして、熱サイフォン方式および/またはヒートパイプ方式等の液相冷媒が気化する潜熱で被冷却体を冷却する冷却構造を備えた回転機が知られている。例えば、下記特許文献 1 に示された構成は、冷却機で冷やされた凝縮器によって液化された冷媒（液相冷媒）が連結配管を通じて回転機の回転子内部に形成された中央空洞に送られ、中央空洞の液相冷媒が気化することにより中央空洞の周囲に設けられた巻線ホルダを介して巻線ホルダに巻回された巻線（被冷却体）を冷却するように構成されている。本構成では、中央空洞内で液相冷媒が気化することによって生

50

じた気相冷媒は、同じ連結配管を通じて凝縮器に戻され、再び冷却、凝縮されることにより液相冷媒となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3799016号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1のような構成では、巻線ホルダを介して熱伝導による冷却を行うため、回転機の回転子径が大きくなると、熱伝導部となる巻線ホルダを中央空洞から被冷却体に至る径方向全体を中実構造とするか、中央空洞と被冷却体とを伝熱構造で別途接続する必要がある。このため、巻線ホルダを含む冷却構造の重量が増加し、回転機のコストおよび製造コストが増大する。

10

【0005】

また、冷却機による冷却性能は冷却機のコールドヘッド部と被冷却体との温度差が少ないほど高効率にすることができるが、冷却機コールドヘッド部と被冷却体との間の伝熱構造(熱伝導経路)が長くなることにより冷却機と被冷却体との間に温度差が生じ、冷却効率を高くすることができない問題がある。

【0006】

20

本発明は、以上のような課題を解決すべくなされたものであり、回転子径を大きくしても回転子の重量およびコストの増大を防止しつつ冷却効率を高くすることができる、回転機を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様に係る回転機は、回転軸線回りに回転する回転子と、冷却機と、を備えた回転機であって、前記回転子は、径方向中央部に前記回転軸線に沿って形成される中空の冷媒流通部と、前記冷媒流通部より径方向外方に設けられた被冷却体と、を備え、前記回転機は、前記冷却機で冷やされた液相冷媒を前記冷媒流通部に導入し、前記冷媒流通部内の気相冷媒を前記冷媒流通部から前記冷却機側へ戻す固定部配管を備え、前記回転子は、前記冷媒流通部の前記回転軸線に沿った側面に形成された第1開口部を通じて前記液相冷媒を前記被冷却体の近傍に導く導入通路と、前記被冷却体の近傍で前記液相冷媒が蒸発することによって前記被冷却体との熱交換を行い、その結果生成された気相冷媒を前記冷媒流通部に戻す戻り通路と、を備えている。

30

【0008】

上記構成によれば、冷媒流通部から被冷却体の近傍まで液相冷媒を導入する導入通路を備えることにより、液相冷媒によってより直接的に被冷却体を冷却することができる。このため、熱伝導経路の構造を簡素化または不要とすることができる。さらに、液相冷媒が流通する導入通路とは別に被冷却体冷却後の気相冷媒が冷媒流通部に戻る経路として戻り通路を設けることにより、回転子内の冷媒循環配管(導入通路ないし戻り通路)の液相流路と気相流路とを分離することができ、冷媒循環配管における熱輸送能力を高くすることができる。したがって、上記構成によれば、回転子径を大きくしても回転子の重量およびコストの増大を防止しつつ冷却効率を高くすることができる。

40

【0009】

前記戻り通路は、前記冷媒流通部の前記回転軸線方向の一端部側面の中央部に形成された第2開口部を通じて前記気相冷媒を前記冷媒流通部に戻すように構成されてもよい。これによれば、軸線方向の一端部側面の中央部に第2開口部が形成されることにより、冷媒流通部に液相冷媒がある程度溜まった状態でも第2開口部が液相冷媒により満たされることを防止することができる。したがって、第2開口部に戻り通路が接続されることにより、気相冷媒が冷媒流通部に戻る経路を常時確保することができる。

50

【0010】

前記被冷却体は、前記回転軸線の周方向に複数配列され、前記導入通路は、前記被冷却体の数に応じた数の前記第1開口部を通じて前記液相冷媒を各被冷却体の近傍に導くように構成され、前記戻り通路は、前記複数の被冷却体の近傍のそれぞれから前記回転子の径方向中央部に導く複数の第1通路と、前記径方向中央部において前記複数の第1通路を集約して前記第2開口部に接続されるように、前記回転軸線に沿って延びる第2通路とを備えてもよい。これによれば、回転子（被冷却体）の回転軸線方向の長さを冷媒流通部に対して長くすることができる（中央空洞を区画する冷媒流通部を小さくすることができる）ため、回転子の大きさに応じて冷却構造を大型化する必要がなくなり、材料コストおよび製造コストを低減することができる。

10

【0011】

前記戻り通路は、前記導入通路と二重通路を形成するように構成されてもよい。これによれば、二重通路とすることにより、二重通路のうちの一方の通路が液相冷媒で満たされたとしても他方の通路を通じて気相冷媒を冷媒流通部に戻すことが可能となる。

【0012】

前記冷媒流通部の前記回転軸線方向の長さは、前記被冷却体の前記回転軸線方向の長さより短いように構成されてもよい。これによれば、回転子（被冷却体）の回転軸線方向の長さを中央空洞に対して長くすることができる（中央空洞を区画する冷媒流通部を小さくすることができる）ため、回転子の大きさに応じて冷却構造を大型化する必要がなくなり、材料コストおよび製造コストを低減することができる。

20

【0013】

前記回転子は、前記冷媒流通部から前記導入通路と二重通路を形成するように構成された前記戻り通路への前記液相冷媒の浸入を防ぐための浸入防止部を備えてもよい。これによれば、冷媒流通部から戻り通路へ液相冷媒が浸入することが防止されるため、冷媒流通部から被冷却体へ液相冷媒を送り、気化した気相冷媒を被冷却体から冷媒流通部へ戻すような冷媒の循環を効率よく行うことができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明は以上に説明したように構成され、回転子径を大きくしても回転子の重量およびコストの増大を防止しつつ冷却効率を高くすることができるという効果を奏する。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は本発明の実施の形態1における回転機の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。

【図2】図2は本発明の実施の形態2における回転機の回転子の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。

【図3】図3は本発明の実施の形態3における回転機の回転子の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。

【図4】図4は本発明の実施の形態4における回転機の回転子の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。なお、以下ではすべての図を通じて同一または相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。

【0017】

<実施の形態1>

図1は、本発明の実施の形態1における回転機の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。図1に示すように、本実施の形態における回転機100は、回転軸線A回りに回転する回転子1と、冷却機60と、を備えている。回転子1の周囲（径方向外側）には

50

固定子 25 が設けられ、複数の電機子 2 が周方向に等間隔に並設されている。回転子 1 は、回転軸 3 と、回転軸 3 の径方向外方に設けられた少なくとも 2 つの界磁極 11 を備えている。本実施の形態においては、界磁極 11 として複数の超電導コイルが周方向に等間隔に並設されている。超電導コイルは、例えば高温超電導線材が巻き芯に巻回されて構成される。

【0018】

このように、本実施の形態においては、回転機 100 として超電導回転機を例示するが、これに限定されるものではなく、回転軸線 A 回りに回転する回転子 1 内の被冷却体を冷却する構造を有する回転機であればよい。したがって、回転機 100 は、超電導コイルの代わりに永久磁石または常電導コイル等を有する回転子 1 を備えていてもよい。

10

【0019】

高温超電導線材による超電導コイルの臨界温度は 90 K 前後であるため、超電導コイルは、冷却機 60 により数 K から数十 K 程度まで冷却される。より具体的には、冷却機 60 で冷却、凝縮された液相冷媒が回転子 1 内に導入され、回転子 1 内に導入された液相冷媒が、界磁極 11 の近傍で蒸発することによって界磁極 11 との熱交換が行われ、界磁極 11 が冷却される。このように、本実施の形態において、超電導コイルにより構成される界磁極 11 が被冷却体となる。例えば、冷却機 60 は GM 型冷凍機等の冷凍機が用いられる。また、用いられる冷媒は、例えばネオン、窒素等の界磁極 11 を冷却することによって液体から気体への相変化が生じる冷媒であればよい。

【0020】

回転子 1 は、径方向中央部に回転軸線 A に沿って形成される中空の冷媒流通部 20 を備えている。すなわち、回転子 1 には、径方向中央部に冷媒が流通する空洞（中央空洞）が形成されている。冷媒流通部 20 の内壁形状は、円筒状でも多角柱状でもよく、またフィンを備えていてもよい。被冷却体である界磁極 11 は、冷媒流通部 20 より径方向外方に設けられている。回転機 100 は、冷却機 60 で冷やされた液相冷媒を冷媒流通部 20 内に導入し、界磁極 11 を冷却した後に生じる冷媒流通部 20 内の気相冷媒を冷媒流通部 20 から冷却機 60 側へ戻す固定部配管 5 を備えている。

20

【0021】

回転機 100 は、下端部が固定部配管 5 に接続され、固定部配管 5 から戻ってきた気相冷媒を凝縮させる凝縮器 4 を備えている。凝縮器 4 は、下部が漏斗形状を有する容器内の上部に冷却機 60 により冷却されるコールドヘッド部 61 を有している。このように、固定部配管 5 は、被冷却体である界磁極 11 と凝縮器 4 とを熱的に接続している。

30

【0022】

固定部配管 5 は、例えば、内管の内部を気相冷媒流路とし、この内管の外周を囲む外管と内管との間に形成される空間を液相冷媒流路とする二重配管構造を有している。凝縮器 4 は、凝縮器 4 内において、液相冷媒の気相冷媒流路への浸入を防ぐための浸入防止部 41 を備えている。例えば、浸入防止部 41 は、固定部配管 5 の内管の上端部において横方向に空間を空けて設けられた円錐形状の傘構造により構成される。これにより、凝縮器 4 で凝縮された液相冷媒が固定部配管 5 の気相冷媒流路へ浸入することを防止できる。

【0023】

凝縮器 4 は、回転子 1 の回転軸線 A が水平になるように回転機 100 が配置された状態で冷媒流通部 20 より上方に配置される。これにより、凝縮器 4 で凝縮した液相冷媒は、重力により自然落下して、冷媒流通部 20 に導入される。また、界磁極 11 を冷却することによって気化した冷媒流通部 20 内の気相冷媒は、凝縮器 4、固定部配管 5 および冷媒流通部 20 内に生じる圧力差または密度差によって冷媒流通部 20 から凝縮器 4 へ戻される。このような熱サイフォン作用（ヒートパイプ作用とも呼ばれる）が生じる構造とすることにより、凝縮器 4 における気相冷媒の凝縮と、冷媒流通部 20 を介した界磁極（被冷却体）12 との熱交換による液相冷媒の気化とが、凝縮器 4 と回転子 1 との間の冷媒の自己循環（自然対流）により行われる。

40

【0024】

50

さらに、回転子1は、冷媒流通部20の回転軸線Aに沿った側面に形成された第1開口部15aを通じて液相冷媒を被冷却体である界磁極11の近傍に導く導入通路15と、界磁極11の近傍で液相冷媒が蒸発することによって界磁極11との熱交換を行い、その結果生成された気相冷媒を冷媒流通部20内に戻す戻り通路16と、を備えている。本実施の形態において、戻り通路16は、冷媒流通部20の回転軸線A方向の一端部側面の中央部に形成された第2開口部16aを通じて気相冷媒を冷媒流通部20内に戻すように構成されている。さらに、回転子1は、導入通路15と戻り通路16との間を接続する中継通路17を備えている。中継通路17は、界磁極11である超電導コイルの近傍を通過するようにしてもよいし、超電導コイルに直接冷媒が到達するようにしてもよい。導入通路15、戻り通路16および中継通路17の断面形状は、円形状でもよいし、多角形状でもよい。導入通路15、戻り通路16および中継通路17は、それぞれ配管構造で実現してもよいし、回転子1の中実部分（例えば巻き芯ホルダ等）を切削して通路を形成してもよい。

10

20

30

40

50

【0025】

回転軸線Aが水平方向に沿った状態と回転軸線Aが水平から所定の動揺・傾斜許容角度傾いた方向に沿った状態との間にある回転機100の正常使用状態において、冷媒流通部20に導入された液相冷媒は、重力および回転子1の回転による遠心力により下方（径方向外方）へと流れる（場合によっては貯留される）。このため、冷媒流通部20の回転軸線Aに沿った側面に形成された第1開口部15aが回転子1の回転により下方（鉛直方向下向き）に位置することにより、冷媒流通部20内の液相冷媒が当該第1開口部15aから導入通路15へ流れ込む。導入された液相冷媒は、界磁極11の近傍に配置されている中継通路17へと導かれ、界磁極11と熱交換を行う。これによって、界磁極11は所定の温度まで冷却される。熱交換により気化した冷媒（気相冷媒）は、戻り通路16を通じて冷媒流通部20の回転軸線A方向の一端部側面の中央部に形成された第2開口部16aから冷媒流通部20内に戻される。

【0026】

なお、本実施の形態において、回転子1は、冷媒流通部20と界磁極11との間で熱伝導可能な熱伝導部14を備えている。冷媒流通部20および熱伝導部14は熱伝導性の材料により形成される。熱伝導部14は、図1に例示するような冷媒流通部20と界磁極11とを連結する伝熱バーにより構成されてもよいし、界磁極11を構成する超電導コイルが巻回される巻き芯を保持するための巻き芯ホルダが熱伝導性を有する材料で形成され、当該巻き芯ホルダが冷媒流通部20に接した構造としてもよい。これにより、冷媒流通部20内に流通した液相冷媒が冷媒流通部20および熱伝導部14を介して間接的に界磁極11と熱交換することによっても界磁極11が冷却される。

【0027】

上記構成によれば、冷媒流通部20から被冷却体である界磁極11の近傍まで液相冷媒を導入する導入通路15を備えることにより、液相冷媒によってより直接的に界磁極11を冷却することができる。このため、熱伝導部14の構造を簡素化または不要とすることができる。さらに、液相冷媒が流通する導入通路15とは別に界磁極11の冷却後の気相冷媒が冷媒流通部20に戻る経路として戻り通路16を設けることにより、回転子1内の冷媒循環配管（導入通路15ないし戻り通路16）の液相流路と気相流路とを分離することができ、冷媒循環配管における熱輸送能力を高くすることができる。したがって、上記構成によれば、回転子1の径を大きくしても回転子1の重量およびコストの増大を防止しつつ冷却効率を高くすることができる。これにより、回転子径（直径）が1～3m以上の大型の回転機100を容易に実現することができ、より大型の船舶、洋上風力発電設備等の海上プラント等への採用が期待できる。

【0028】

また、冷媒流通部20の軸線方向の一端部側面の中央部に第2開口部16aが形成されることにより、冷媒流通部20に液相冷媒がある程度溜まった状態でも第2開口部16aが液相冷媒により満たされることを防止することができる。したがって、第2開口部16

aに戻り通路16が接続されることにより、気相冷媒が冷媒流通部20内に戻る経路を常時確保することができる。

【0029】

さらに、導入通路15は、界磁極11の数に応じた数の第1開口部15aを通じて冷媒流通部20内の液相冷媒を各界磁極11の近傍に導くように構成されている。例えば回転子1が6つの界磁極11を有する場合、冷媒流通部20の回転軸線Aに沿った側面に周方向に等間隔に6つの第1開口部15aが設けられる。各第1開口部15aは、対応する界磁極11と径方向に対向するように配設される。導入通路15は、第1開口部15aから対応する界磁極11に向かって径方向に沿って配設される。戻り通路16は、複数の界磁極11の近傍のそれぞれから回転子1の径方向中央部に向かって径方向に沿って延び、対応する第2開口部16aに接続される。このため、界磁極11の数に応じた数の第2開口部16aが、冷媒流通部20の一端部側面の中央部において回転軸線Aと同軸の仮想円周上において周方向に等間隔に形成されている。

10

【0030】

これによれば、界磁極11の数に応じた複数の導入通路15が放射状に配設されるため、回転子1の回転軸線A回りの回転によって生じる遠心力を液相冷媒の界磁極11近傍への伝達を効率よく行うことができる。したがって、簡単な構成でかつ熱伝達効率のよい冷媒経路を形成することができる。

【0031】

また、上述したように、本実施の形態においては、冷媒流通部20から導入通路15を介して界磁極11の近傍へ液相冷媒を導入し、液相冷媒で直接的に界磁極11の近傍を冷却する構造に加えて、冷媒流通部20から熱伝導部14を介して間接的に界磁極11の近傍を冷却する構造を有している。これにより、例えば、本実施の形態のような超電導回転機100において回転子1が停止状態から回転状態に移行する際の初期始動を、超電導作用とは別の初期始動を行う構成を設けることなく実施することができる。しかも、回転子1が回転状態に移行した後は当該回転子1の回転により導入通路15を介して各界磁極11に液相冷媒が導入され、直接的に冷却されるため、熱伝導部14による冷却能力は限定的でよく、その構造を小型化、簡素化することができる。

20

【0032】

<実施の形態2>

以下、本発明の実施の形態2における回転機について説明する。図2は本発明の実施の形態2における回転機の回転子の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。本実施の形態において上記実施の形態1と同様の構成については同じ符号を付し説明を省略する。図2に示すように、本実施の形態における回転機が実施の形態1と異なる点は、回転子1Bの戻り通路16Bが、複数の界磁極11の近傍のそれぞれから回転子1Bの径方向中央部に導く複数の第1通路18と、径方向中央部において複数の第1通路18を集約して第2開口部16aに接続されるように、回転軸線Aに沿って延びる第2通路19とを備えていることである。

30

【0033】

第1通路18は、各界磁極11に配設された中継通路17から回転子1の径方向中央部に向けて径方向に沿って配設される。第2通路19は、一端部が界磁極11に応じた数の第1通路18に接続され、他端部が冷媒流通部20の一端部側面の中央部において形成された1つの第2開口部16aに接続される。第1通路18および第2通路19は、例えば配管構造により形成される。

40

【0034】

回転軸線A方向に延びる第2通路19を設けることにより、冷媒流通部20の回転軸線A方向の長さL20は、界磁極11の回転軸線A方向の長さL11より短くなっている。

【0035】

このような構成によれば、回転子1(および界磁極11)の回転軸線A方向の長さを冷媒流通部20に対して長くすることができる。言い換えると、冷却効率を下げることなく

50

冷媒流通部 20 を小さくすることができる。したがって、回転子 1 の大きさに応じて冷却構造を大型化する必要がなくなり、材料コストおよび製造コストを低減することができる。例えば、冷媒流通部 20 の回転軸線 A 方向の長さ L 20 は、界磁極 11 の回転軸線 A 方向の長さ L 11 の 2 / 3 以下である。

【 0 0 3 6 】

< 実施の形態 3 >

以下、本発明の実施の形態 3 における回転機について説明する。図 3 は本発明の実施の形態 3 における回転機の回転子の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。本実施の形態において上記実施の形態 1 と同様の構成については同じ符号を付し説明を省略する。図 3 に示すように、本実施の形態における回転機が実施の形態 1 と異なる点は、回転子 1 C の戻り通路 1 6 C が、導入通路 1 5 C と二重通路 2 3 を形成するように構成されていることである。すなわち、戻り通路 1 6 C も導入通路 1 5 C と同じ第 1 開口部 1 5 a に接続される。

10

【 0 0 3 7 】

例えば二重通路 2 3 を構成する二重配管のうち外部配管と内部配管との間の通路が、液相冷媒が流通する導入通路 1 5 C として機能し、内部配管の内部の通路が、気相冷媒が流通する戻り通路 1 6 C として機能する。ただし、液相冷媒が冷媒流通部 20 から中継通路 1 7 へ導入され、気相冷媒が中継通路 1 7 から冷媒流通部 20 内へ戻される限り、液相冷媒および気相冷媒が、それぞれ何れの通路を流通するかは、厳密に区別されていなくてもよい。

20

【 0 0 3 8 】

このような構成によれば、冷媒流通部 20 と界磁極 11 の近傍との間の冷媒通路を二重通路 2 3 とすることにより、二重通路 2 3 のうちの一方の通路（例えば外側の通路）の一部が液相冷媒で満たされたとしても他方の通路（例えば内側の通路）を通じて気相冷媒を冷媒流通部 20 に戻すことが可能となる。

【 0 0 3 9 】

さらに、本実施の形態における回転子 1 C は、冷媒流通部 20 から、導入通路 1 5 C と二重通路 2 3 を形成するように構成された戻り通路 1 6 C への液相冷媒の浸入を防ぐための浸入防止部 2 4 を備えている。浸入防止部 2 4 は、戻り通路 1 6 C を区画する内管の冷媒流通部 20 側端部において当該内管から冷媒流通部 20 への気相冷媒の流通を妨げないようにしつつ、冷媒流通部 20 から内管への液相冷媒の流入を防止する位置に設けられる。例えば、浸入防止部 2 4 は、当該内管の冷媒流通部 20 側端部において、当該冷媒流通部側端部との間に側方開口部を設けつつ、当該内管の長手軸方向外側（冷媒流通部 20 の径方向内側）を覆うように構成されている。例えば、浸入防止部 2 4 は円錐形状等の傘構造を有する。

30

【 0 0 4 0 】

これによれば、冷媒流通部 20 から戻り通路 1 6 C へ液相冷媒が浸入することが防止されるため、冷媒流通部 20 から被冷却体である界磁極 11 へ液相冷媒を送り、気化した気相冷媒を界磁極 11 から冷媒流通部 20 へ戻すような冷媒の循環を効率よく行うことができる。

40

【 0 0 4 1 】

なお、二重通路 2 3 として構成される導入通路 1 5 C と戻り通路 1 6 C とは、同軸に配置されてもよいし、互いの中心軸がずれた状態で配置されていてもよい。1 本の外部配管内部に内部配管が複数本存在してもよい。

【 0 0 4 2 】

また、本実施の形態においては、第 1 開口部 1 5 a が冷媒流通部 20 の回転軸線 A 方向中央部に設けられているが、特にこれに限られない。また、二重通路 2 3 の界磁極 11 側の端部は、回転軸線 A 方向に延びる中継通路 1 7 の一端部側（冷却機 60 側）に接続されているが、他端部側に接続されてもよいし、中央部に接続されてもよい。本実施の形態においても、実施の形態 2 と同様に、冷媒流通部 20 の回転軸線 A 方向の長さ L 20 は、界

50

磁極 1 1 の回転軸線 A 方向の長さ L 1 1 より短く (2 / 3 以下に) なっている。

【 0 0 4 3 】

< 実施の形態 4 >

以下、本発明の実施の形態 4 における回転機について説明する。図 4 は本発明の実施の形態 4 における回転機の回転子の回転軸線に沿った断面を示す概略構成図である。本実施の形態において上記実施の形態 3 と同様の構成については同じ符号を付し説明を省略する。図 4 に示すように、本実施の形態における回転機が実施の形態 3 と異なる点は、回転子 1 D の二重通路 2 3 が、1 つの界磁極 1 1 ごとに複数 (図 4 においては 2 つ) 設けられていることである。

【 0 0 4 4 】

図 4 の例においては、1 つの界磁極 1 1 に対して 2 つの二重通路 2 3 が設けられている。このため、第 1 開口部 1 5 a は、回転軸線 A 方向に 2 つ並設される。これにより、導入通路 1 5 c と、戻り通路 1 6 c とが 1 つの中継通路 1 7 の回転軸線 A 方向に複数箇所接続される。したがって、界磁極 1 1 の回転軸線 A 方向の長さが長い (大型の回転子 1 を有する) 構成であっても、効率よく界磁極 1 1 全体を冷却することができる。なお、二重通路 2 3 は、回転軸線 A 方向に 3 つ以上並設されていてもよい。

【 0 0 4 5 】

以上、上記実施形態は例示であってこれに限定されるものではない。本発明は、上記で説明した範囲ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲での全ての変更が意図される。

【 0 0 4 6 】

上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造および / または機能の詳細を実質的に変更できる。

【 0 0 4 7 】

例えば、上記複数の実施の形態における各構成要素を任意に組み合わせることとしてもよい。例えば実施の形態 1 および 4 においても、実施の形態 2 および 3 と同様に、冷媒流通部 2 0 の回転軸線 A 方向の長さが界磁極 1 1 の回転軸線 A 方向の長さより短いように構成してもよい (界磁極 1 1 の長さを冷媒流通部 2 0 より長くしてもよい) 。

【 0 0 4 8 】

また、上記実施の形態においては、熱伝導部 1 4 を備える構成としているが、熱伝導部 1 4 を備えない構成とすることも可能である。熱伝導部 1 4 を備えない場合であって、かつ、超電導コイルによる界磁極 1 1 を用いた超電導回転機 1 0 0 を構成する場合には、初期始動を生じさせるための構成を別途設けることとしてもよい。さらに、熱伝導部 1 4 を設けない場合には、冷媒流通部 2 0 の回転軸線 A 方向の長さ L 2 0 は、界磁極 1 1 の回転軸線 A 方向の長さ L 1 1 の 1 / 2 以下であってもよい。

【 0 0 4 9 】

また、上記実施の形態においては、1 つの導入通路 1 5 に対して 1 つの界磁極 1 1 を冷却するように構成される態様について例示したが、これに代えて、1 つの導入通路 1 5 に対して複数の界磁極 1 1 を冷却するように構成されてもよい。例えば、周方向に並んだ所定数ごとの界磁極 1 1 に対して 1 つの導入通路 1 5 を配設してもよい。この場合、1 つの中継通路 1 7 が当該所定数の界磁極 1 1 の近傍を順に通過するように構成されてもよい。これに代えて、1 つの導入通路 1 5 から当該所定数の中継通路 1 7 を分岐させて界磁極 1 1 ごとに 1 本の中継通路 1 7 を設けるようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

また、上記実施の形態においては、戻り通路 1 6 が冷媒流通部 2 0 の回転軸線 A 方向一端部側面に接続される態様および導入通路 1 5 とともに二重通路 2 3 として構成される態様について説明したが、これに限られず、導入通路 1 5 と戻り通路 1 6 とが並列に配置されてもよい。すなわち、第 1 開口部 1 5 a と第 2 開口部 1 6 a とが何れも冷媒流通部 2 0

10

20

30

40

50

の回転軸線 A に沿った側面に形成されてもよい。

【 0 0 5 1 】

また、上記実施の形態においては、冷媒の自然対流を用いた（熱サイフォン作用および／またはヒートパイプ作用に基づく）冷却態様について説明したが、このような冷媒の自然対流を用いない構成としてもよい。言い換えると、液相冷媒の導入および気相冷媒の排出を強制的に行う構成としてもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 2 】

本態様の回転機は、回転子径を大きくしても回転子の重量およびコストの増大を防止しつつ冷却効率を高くするために有用である。

10

【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

1 , 1 B , 1 C , 1 D 回転子

5 固定部配管

1 1 界磁極（被冷却体）

1 5 , 1 5 C 導入通路

1 5 a 第 1 開口部

1 6 , 1 6 B , 1 6 C 戻り通路

1 6 a 第 2 開口部

1 8 第 1 通路

1 9 第 2 通路

2 0 冷媒流通部

2 3 二重通路

2 4 浸入防止部

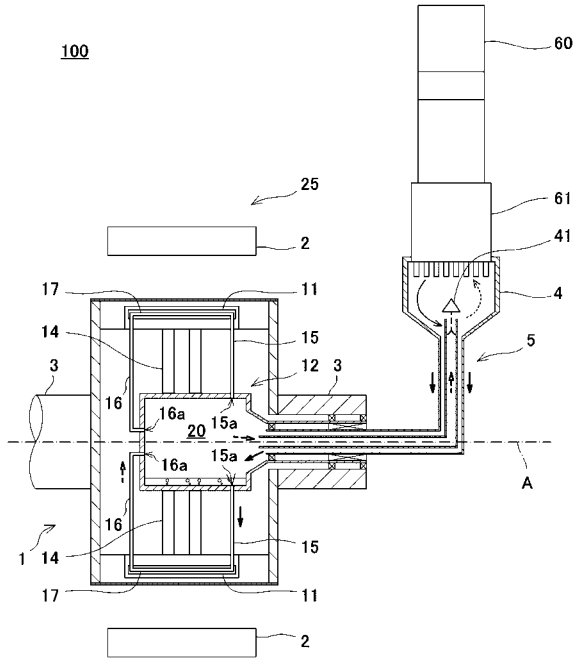
6 0 冷却機

1 0 0 回転機

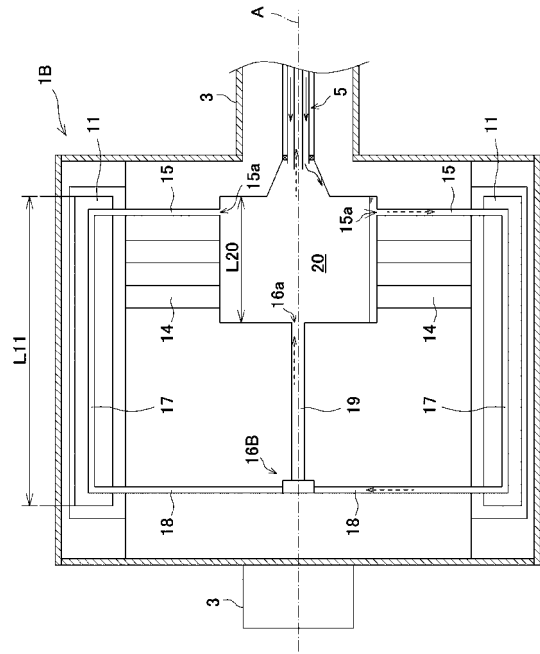
A 回転軸線

20

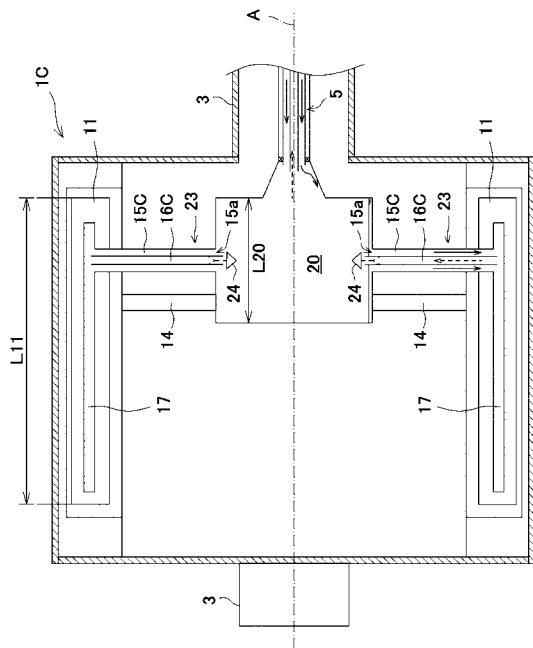
【図 1】



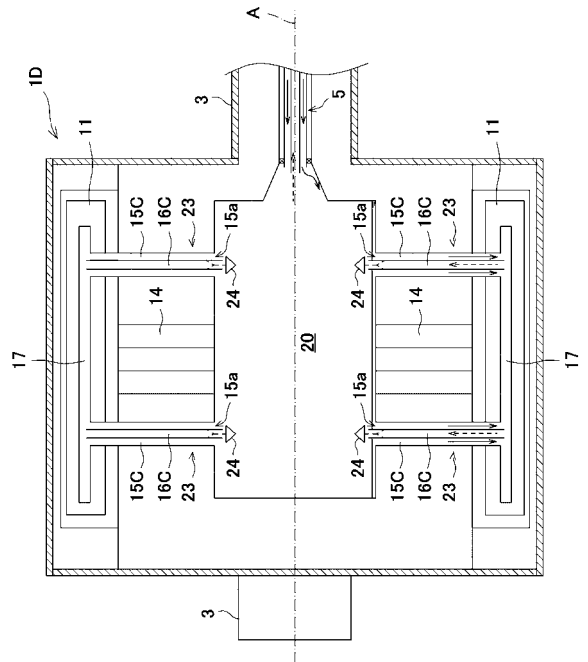
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 柳本 俊之

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(72)発明者 和泉 充

東京都江東区越中島二丁目1番6号 国立大学法人東京海洋大学内

(72)発明者 三木 基寛

東京都江東区越中島二丁目1番6号 国立大学法人東京海洋大学内

(72)発明者 山口 康太

東京都江東区越中島二丁目1番6号 国立大学法人東京海洋大学内

Fターム(参考) 5H609 BB03 BB07 BB19 PP02 PP07 PP09 QQ06 QQ08 RR37 RR46

RR68

5H655 BB04 BB09 CC07 CC30 DD04 DD13 DD22