(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7611143号
(P7611143)

(45)発行日　令和7年1月9日(2025.1.9)

(24)登録日　令和6年12月25日(2024.12.25)

(51)国際特許分類			FI		
H02K	*21/02*	*(2006.01)*	H02K	21/02	
F02C	*6/08*	*(2006.01)*	F02C	6/08	
F01D	*15/10*	*(2006.01)*	F01D	15/10	A
F02C	*6/20*	*(2006.01)*	F02C	6/20	
B64C	*39/02*	*(2006.01)*	B64C	39/02	

請求項の数　14　（全14頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-535541(P2021-535541)
(86)(22)出願日　令和1年12月19日(2019.12.19)
(65)公表番号　特表2022-514074(P2022-514074A)
(43)公表日　令和4年2月9日(2022.2.9)
(86)国際出願番号　PCT/FR2019/053183
(87)国際公開番号　WO2020/128348
(87)国際公開日　令和2年6月25日(2020.6.25)
審査請求日　令和4年11月24日(2022.11.24)
(31)優先権主張番号　1873641
(32)優先日　平成30年12月20日(2018.12.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
フランス(FR)
前置審査

(73)特許権者　516235451
サフラン・ヘリコプター・エンジンズ
フランス国　６４５１０　ボルド　アヴニュ　ジョゼフ　スジーロースキ
(74)代理人　110004381
弁理士法人ＩＴＯＨ
(72)発明者　セルギーヌ，キャメル
フランス国　７７５５０　モワシー　クラマイエル，サフラン　セーエーペーイー　ロン　ポワン　ルネ　ラヴォー‐ルアウ内
(72)発明者　クロノースキー，トマ
フランス国　７７５５０　モワシー　クラマイエル，サフラン　セーエーペーイー　ロン　ポワン　ルネ　ラヴォー‐ルアウ内
(72)発明者　ヴィヴ，ロイス，ピエール，ドニ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　永久磁石を強制的に消磁するための装置を含む電気機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ステータ（４）と、該ステータ（４）に対して回転可能なロータ（２）とを含む航空機のための電気機械であって、前記ロータ又は前記ステータは複数の永久磁石（３ａ）を含み、当該電気機械は、

前記永久磁石の一時的な温度上昇の間に前記永久磁石（３ａ）によって生成される励磁磁束を制限するために、前記永久磁石の前記一時的な温度上昇を実施するのに適した、永久磁石（３ａ）を消磁するための消磁装置と、

巻線（５ａ）であって、前記ロータ（２）の回転中に前記永久磁石（３ａ）によって生成される励磁磁束の影響下で、誘導電流が前記巻線（５ａ）内を循環するように構成される巻線（５ａ）と、を含み、

巻線障害が検出されたときに、前記消磁装置は、前記巻線（５ａ）内を循環する前記電流の強度が増大するのを防止するように、前記永久磁石（３ａ）内で高温流体を循環させて前記永久磁石（３ａ）の前記温度上昇を実施するように構成される、

電気機械。

【請求項２】

前記消磁装置は、ダクト（６０）を含み、該ダクトの終端部分（６１）が、前記永久磁石（３ａ）の表面に又は前記永久磁石（３ａ）の内部容積内につながる、請求項１に記載の電気機械。

【請求項３】

前記ダクト（６０）の部分が、前記ロータ（２）のシャフトの軸線（Ａ）に沿って延びており、前記ダクトの前記終端部分（６１）は、前記ロータ（２）において、前記ダクトの前記部分から前記永久磁石（３ａ）まで延びる、請求項２に記載の電気機械。

【請求項４】

前記ダクトの部分（６２）が、当該電気機械の外側から前記ステータ（４）の内面まで、前記ロータ（２）のシャフト（２）の軸線（Ａ）に直交して延びる、請求項２に記載の電気機械。

【請求項５】

当該電気機械はラジアル方向磁束タイプであり、前記ロータ（２）は円柱形状である、請求項１乃至４のいずれか一項に記載の電気機械。

【請求項６】

前記電気機械はアキシャル方向磁束タイプであり、前記ロータは円盤形状である、請求項１乃至４のいずれか一項に記載の電気機械。

【請求項７】

前記永久磁石にはキュリー温度があり、前記消磁装置は、前記キュリー温度を超える前記永久磁石（３ａ）の一時的な温度上昇を実施するのに適している、請求項１乃至６のいずれか一項に記載の電気機械。

【請求項８】

巻線障害を検出するように構成される巻線障害センサ（５０）を含む、請求項１乃至７のいずれか一項に記載の電気機械。

【請求項９】

請求項１乃至８のいずれか一項に記載の電気機械を含み、且つ高温流体供給源を含むアセンブリであって、該高温流体供給源は、前記電気機械の消磁装置に高温流体を供給するのに適している、アセンブリ。

【請求項１０】

ガス／ガス熱交換器又はガス／液体熱交換器をさらに含み、該熱交換器は、前記高温流体供給源と前記電気機械との間に位置付けされる、請求項９に記載のアセンブリ。

【請求項１１】

ターボ機械の動作中に高温流体供給源として機能するガスストリームを有するターボ機械（１０）と、前記ガスストリームにおいて高温ガス抽出要素（６４）とを含む、請求項９又は１０のいずれか一項に記載のアセンブリ。

【請求項１２】

前記高温ガス抽出要素は、前記ターボ機械の軸線（Ｄ）に直交して規定される抽出面から高温ガスを受け入れるのに適しており、前記抽出面は、

前記ターボ機械の最終圧縮機段（１３）の出口上に延びる平面（Ｐ３）と呼ばれる平面であって、前記最終圧縮機段は、前記ターボ機械の燃焼室（１４）の直ぐ上流に配置される、前記平面及び、

前記最終圧縮機段とは異なる前記ターボ機械の圧縮機段（１２）の出口上に延びる平面Ｐ２．５と呼ばれる平面、から選択される、請求項１１に記載のアセンブリ。

【請求項１３】

前記高温ガス抽出要素は、前記ターボ機械の排出ノズルに配置された抽出ポイントから高温ガスを受け入れるのに適している、請求項１１に記載のアセンブリ。

【請求項１４】

請求項９乃至１３のいずれか一項に記載のアセンブリを含む航空機であって、例えば、ヘリコプター又はハイブリッド式熱生成／発電航空機である航空機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、航空機のエネルギーの発生又は動力化（motorization）に使用される電気機械の分野に関し、特にヘリコプタータイプ、垂直離着陸つまりＶＴＯＬタイプ、又は短距

離離着陸つまりＳＴＯＬタイプ、又は電気推進力を有する電気機械の分野に関する。
【背景技術】
【０００２】
電気式又はハイブリッド式熱／電気推進力を備えた航空機で電気機械を搭載する（carry）ことが現在実施されている。ハイブリッド式電気アーキテクチャでは、発電機は、ガスタービンタイプの火力発電システムによって駆動され得る。
【０００３】
搭載される全体の質量を減らすために、これらの用途に適した電気機械は、単位質量当たりの電力密度が高い永久磁石を備えた同期機械である。
【０００４】
図１は、例えばヘリコプターに搭載された永久磁石を備えた同期機械の横断面図を示している。ここでは、同期機械は、ラジアル方向磁束タイプ（radial flux type）の機械であり、軸線Ａを含む全体的に円筒形状を有している。その同期機械には、軸線Ａを中心に回転運動し、固定ステータ４の内側に位置付けされたロータ２がある。
【０００５】
この例では、磁石３は、ロータ上に配置され、且つステータの内周に位置付けされた巻線に面している。
【０００６】
磁石３は、２対のＮ／Ｓ磁極を形成する。また、３対以上の磁極を有する電気機械も知られている。電気機械の発電機の動作では、巻線に対する磁石の強制回転によって励磁磁束（exciter magnetic flux）が生成され、これが巻線の端子に逆起電力を生成する。
【０００７】
図１の電気機械では、巻線の短絡の場合、又は巻線のインピーダンスを大幅に低下させる別のイベントの場合に、この巻線の端子での電圧は、永久磁石が回転し続けるため、抵抗率と同じように急速に降下しない。
【０００８】
従って、巻線を循環する電流の強度は非常に急速に増大し、巻線が過熱、絶縁体の融合等のリスクに曝される。これらのリスクは、機器の高レベルの信頼性が要求される航空用途には受け入れられない。
【０００９】
従って、巻線の短絡イベント中に、永久磁石同期機械の巻線を保護するための解決策が求められてきた。
【００１０】
巻線に銅の塊を追加することによって及び／又は絶縁を強化することによって、回路が高強度の電流に耐えるように、巻線の電気回路の寸法を決めることが提案されている。しかしながら、この解決策は、電気機械の質量への影響を増大させ、且つ巻線の製造をより複雑にする。
【００１１】
別の既存の解決策は、電気機械のロータとこのロータを駆動する熱機械（thermal machine）のパワーシャフトとの間の瞬間的な機械的結合解除（decoupling）を達成することから構成される。結合解除は、例えば、クラッチ又は噛み合い結合によって実施され、ロータの回転の緊急停止を可能にする。このタイプの１つの解決策は、出願人の名前の特許文献１に記載されており、この文献では、特に図２に、発電機とプロペラシャフトとの間に結合解除装置２３が示されている。しかしながら、このタイプの装置は巨大であり、航空機の輸送可能な有用な積載量を低下させる。
【００１２】
これらの極端なケースでは、ロータを駆動する熱機械を完全に停止することも可能である。しかしながら、この熱機械がヘリコプターのプロペラの動きも保証する場合に、飛行中にその熱機械を停止することは現実的ではない。
【００１３】

永久磁石同期機械を巻線型ロータ機械に置き換えることも考えられており、これは、ロータの巻線への電力供給を遮断することによって、励磁機の回転磁束を迅速に打ち消すことができるという利点を有する。ただし、ロータにスリップリングが存在すると、ロータの速度が制限される。そのため、巻線型ロータ機械の単位質量当たりの出力密度は、永久磁石マシンの出力に匹敵しない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１４】

【文献】仏国特許出願第３　０５７　０２９号明細書

【発明の概要】

【００１５】

こうして、航空機に搭載することを目的とした電気機械が必要になり、巻線障害イベントによって巻線が損傷のリスクに曝されることはない。

【００１６】

特に、巻線が短絡した場合に、誘導電流の強度が過度に増大しないようにすることが望まれる。

【００１７】

望ましい機械は、航空分野の特定の制約を満たさなければならず、こうして、航空機の質量及び容積への影響を最小限に抑える必要がある。

【００１８】

望ましい解決策は、航空機内の有用な輸送可能な積載量への影響を最小限に抑える必要もある。

【００１９】

このため、本発明の第１の目的は、ステータ（stator）と、ステータに対して回転運動移動するロータ（rotor）とを含む航空機のための電気機械であり、ロータ又はステータは複数の永久磁石を含み、電気機械は、永久磁石の一時的な温度上昇中に、永久磁石によって生成される励磁磁束を制限するために、永久磁石の一時的な温度上昇を実施するのに適した、永久磁石を消磁するための消磁装置を含む。

【００２０】

本発明による電気機械は、その磁石の温度を上昇させることにより、磁石によって生成される励磁磁束を急速に減少させるのを可能にする消磁装置を含む。温度上昇中の磁性材料の固有の消磁特性が有利に使用される。「消磁（demagnetization：減磁）」とは、磁石の磁気誘導を打ち消すことである。

【００２１】

特に、キュリー温度と呼ばれるしきい値温度は、永久磁石の磁気誘導を打ち消す。

【００２２】

こうして、巻線に障害が発生した場合に、磁石によって生成される磁束を急速に減らすことができる。巻線に欠陥がある一方で、巻線の端子での逆起電力が高いままである経過時間は大幅に短縮される。

【００２３】

好ましくは、電気機械の各永久磁石は、磁石の総磁束の急速な減少を可能にするために、消磁装置に関連付けられる。

【００２４】

本発明の電気機械のオプションで非限定的な特徴は、以下の通りであり、単独で、又は技術的に可能な組合せのいずれか１つである。

－　消磁装置は、永久磁石の近く又は永久磁石内で高温の流体を循環させるように構成される。

－　消磁装置は、ダクトを含み、ダクトの終端部分が、永久磁石の表面に又は永久磁石の内部容積内につながる。

この変形例の利点は、ダクトの質量が小さく、輸送可能な有用な積載量への影響が少な

いことである。
－　ダクトの部分が、電気機械の外側からステータの内面まで、ロータのシャフトの軸線に直交して延びる。
－　ダクトの部分が、ロータのシャフトの軸線に沿って延びており、ダクトの終端部分は、ロータ内において、ダクトの部分から永久磁石まで延びる。
－　電気機械はラジアル方向（半径方向）磁束タイプ（radial flux type）であり、ロータは円柱形状である。
－　電気機械はアキシャル方向（軸線方向）磁束タイプ（axial flux type）であり、ロータは円盤形状である。
－　永久磁石にはキュリー温度があり、消磁装置は、キュリー温度を超える永久磁石の一時的な温度上昇を実施するのに適している。
－　電気機械は、巻線をさらに含み、ロータの回転中に永久磁石によって生成される励磁磁束の影響下で、誘導電流が巻線内を循環するように構成され、
電気機械は、巻線障害センサをさらに含み、消磁装置は、巻線障害の検出中に、永久磁石の温度上昇を実施するように構成される。
【００２５】
本発明の第２の目的は、上記で規定される電気機械と、電気機械の消磁装置に高温流体を供給するのに適した高温流体供給源とを含むアセンブリである。
【００２６】
このアセンブリの可能で非限定的な特徴は、以下の通りであり、単独で、又は可能な組合せのいずれか１つである。
－　アセンブリは、ガス／ガス熱交換器又はガス／液体熱交換器をさらに含み、熱交換器は、高温流体供給源と電気機械との間に位置付けされる。
－　アセンブリは、ターボ機械の動作中に高温流体供給源として機能するガスストリームを有するターボ機械と、ガスストリームにおいて高温ガス抽出要素とを含む。
－　この抽出要素は、ターボ機械の軸線に直交して規定される抽出面から高温ガスを受け入れるのに適しており、抽出面は、
ターボ機械の最終圧縮機段の出口上に延びる平面Ｐ３と呼ばれる平面であって、最終圧縮機段は、ターボ機械の燃焼室の直ぐ上流に配置される、平面及び、
最終圧縮機段とは異なるターボ機械の圧縮機段の出口上に延びる平面Ｐ２．５と呼ばれる平面、から選択される。
－　抽出要素は、ターボ機械の排出ノズルに配置された抽出ポイントから高温ガスを受け入れるのに適している。
－　アセンブリは、抽出要素の近くに吸引装置をさらに含む。
－　ターボ機械は、アセンブリの電気機械のロータを駆動するのに適している。
【００２７】
本発明は、上記で規定されるアセンブリを含む航空機にも関し、航空機は、典型的には、ヘリコプター又はハイブリッド式熱生成／発電航空機である。
【図面の簡単な説明】
【００２８】
本発明の他の特徴、目的及び利点は、以下の説明から明らかになろう。これは、純粋に例示的であり、限定ではなく、既に上に提示された図１、及び他の添付図面を伴う。
【図１】ヘリコプターに搭載された永久磁石を備えた同期機械の横断面図である。
【図２】本発明の第１の実施形態による同期永久磁石機械の概略縦断面図である。
【図３】図２の同期機械のロータを駆動して、図２の同期機械の消磁装置に高温ガスを供給するように構成されたヘリコプターターボ機械の縦断面図である。
【図４】特定の永久磁石の消磁の特性曲線であり、横軸に消磁磁場を示し、縦軸に永久磁石の誘導を示す。
【図５】本発明の第２の実施形態による同期永久磁石機械の概略縦断面図である。
【発明を実施するための形態】

【００２９】
以下の説明は、永久磁石が、ロータ上に配置され、且つステータに対して回転して駆動される同期永久磁石機械の例を述べる。
【００３０】
以下の例は、発電機モードの同期機械に関するものであり、ロータは、回転駆動されて、ステータと相互作用し、電気エネルギーを生成する。また、以下に説明するのは、ロータが、全体的に円柱形状であり、且つステータの内側に位置付けされるラジアル方向磁束同期機械である。
【００３１】
もっとも、本発明は、同じ利点をもって、永久磁石をステータに固定して配置する機械の場合、及び／又は電気機械がアキシャル方向磁束を有する場合に適用される。より一般的には、本発明は、任意の数の磁石を含む任意の電気機械での用途を見出すことができる。
【００３２】
また、以下の例において、主に巻線障害状態で消磁装置を作動させると、磁石によって生成される磁束を急激に低下させる必要のある他の場合に、消磁装置を作動させることが考えられることにも留意されたい。
【００３３】
以下の説明及び添付の図では、同様の要素は同じ英数字の参照によって示される。
【００３４】
図２に示されるのは、本発明の第１の実施形態による同期永久磁石機械１である。ここでは、機械１をヘリコプターの発電機として使用している。ただし、その機械１は、別のタイプの航空機、特にハイブリッド式熱生成／発電を備える航空機で使用できる。図２では、機械１は、ロータ２のシャフトの軸線Ａを通過する平面の縦断面図で示されている。
【００３５】
図をよりよく理解するために、軸線Ａに直交する断面Ｃが示される。断面Ｃの横断面図（添付の図には示されていない）は、従来技術の機械を示す図１の機械と同様の一般的な構造を与えるであろう。
【００３６】
ヘリコプターのアーキテクチャの一例では、機械１は、ＰＡＧＢ（Power Accessories Gear Box）、つまり「パワーアクセサリギアボックス」内に統合される。機械１は、例えば、出願人の名前の特許文献１に記載されるアーキテクチャに準拠して航空機内に位置付けることができる。
【００３７】
機械１は、ステータ４と、ステータ４に対して可動性を有するロータ２とを含む。ロータ２のシャフトは、ヘリコプターに配置されたターボ機械の動力シャフトによって回転駆動される。機械１はラジアル方向磁束を有し、ロータ２は、全体的に円柱形状であり、且つステータ４の内側に位置付けされる。ロータ及びステータは、電気機械を区切るハウジング７内に配置される。代替形態として、機械はアキシャル方向磁束を有し、ロータ２は円盤状タイプであり得る。
【００３８】
１つの可能な構成では、電気機械１のロータ２のシャフトは、ガスタービンによって駆動される。次に、機械１は、ガスタービンのメインシャフトに接続されたパワーテイクオフシャフト（動力取出軸）によって駆動されるトランスミッションケースに取り付けられる。
【００３９】
ロータは、複数の永久磁石３を含む。ここで、ロータは、２つの正反対のＮ（極）磁石及び２つの正反対のＳ（極）磁石を含む４つの磁石を含む。
【００４０】
ここで、磁石３は、ロータのシャフトの中央部分２２上の表面に規則的に分布しており、２つの連続する磁石は、９０°だけ離れている。ロータのシャフトの中央部分は、シャ

フトの端部２１に対してより大きな半径を有する。磁石３ａ（上）と３ｂ（下）が図２のビューに表示される。

【００４１】

磁石：ラジアル磁石又はオルソラジアル（ortho-radial）磁石、埋設磁石、非同期始動のためにかご形構成に挿入された磁石の他の幾何学的形状が考えられることが理解されるであろう。

【００４２】

ラジアル方向磁束を有する機械であるステータ４は、中空円筒の一般的な形状を有する。ステータの内面に規則的に分布する磁極は、ロータの方向に延びる。例えば、銅線を含む巻線が各磁極の周りに巻回される。電流が各巻線内を循環し得る。

【００４３】

円筒形のカラー３０が、磁石を保持するために、各磁石の表面に配置される。エアギャップと呼ばれる距離Ｅは、カラーの外面とステータ４の磁極の内周とを分離する。好ましくは、エアギャップＥは、０．５ミリメートル～１０ミリメートルの間に含まれる。ここにはスリップリング（slip ring）はない。

【００４４】

図２に示されるロータの角度位置では、磁石３ａは巻線５ａの近くに配置され、磁石３ｂは巻線５ｂの近くに配置される。

【００４５】

ハウジング７は、略円筒形状である。そのハウジング７は、ロータ２を挿入するために軸線Ａに沿って穿孔されている。ステータ４は、ハウジング７と一体である。ロータ２は、ベアリング８によるその回転で、ステータ４及びハウジング７によって形成されるアセンブリに対して支持される。

【００４６】

本発明に準拠して、機械１は、永久磁石３ａを消磁するための消磁装置を含む。消磁装置の機能は、命令に応じて、永久磁石３ａの一時的な温度上昇を実施することである。一時的な温度上昇は、運動中の磁石３ａの磁場とステータの巻線の磁場との間の相互作用によって生成される励磁磁束を制限する。

【００４７】

実際に、磁石３ａの温度の上昇は、磁石の保磁場、又はその磁気誘導を打ち消す反磁場のレベルを低下させる。磁石のキュリー温度を超えると、反磁場（消磁場）がない場合でも、磁石の磁気誘導は打ち消される。

【００４８】

「磁気誘導」とは、磁石の磁気的挙動に特徴的な磁気モーメントの体積密度を意味し、これは、磁石及びステータの相対的な運動によって生成される励磁磁束に依存する。「反磁場（demagnetizing field：消磁場）」とは、磁石に印加されてその磁気誘導を打ち消す磁場のことである。

【００４９】

図２の例では、消磁装置は、永久磁石３ａの近くで高温流体を循環させるように構成される。より正確には、消磁装置は、ダクト６０を含み、ダクト６０の複数の終端部分６１に続き、終端部分６１は、互いに平行であるそれぞれの軸線Ｂ１、Ｂ２及びＢ３を有する。ダクトの終端部分のそれぞれは、磁石３ａの内部容積内につながる。

【００５０】

磁石３ａの内部容積は、ダクト６０の左端と流体連通している。こうして、ダクト６０及び終端部分６１は、電気機械の外部の供給源から高温流体、典型的に熱風を受け取り、この高温流体を磁石に近づけるための通路を提供する。

【００５１】

ダクトアセンブリは、高温流体の流れを磁石３ａに可能な限り近づけるのを可能にする。

【００５２】

図２の例では、ダクト６０は、ロータのシャフトの軸線Ａに沿って延びる。ダクトの左

端は、図２のロータのシャフトの左端を通過する。ダクトは、ロータ２のシャフトの中央部分２２の右端近くの平面まで続く。

【００５３】

上記のダクトのセットは、永久磁石３ａの強制消磁装置を構成する。

【００５４】

１つの有利な変形例では、永久磁石３ａは、流体、例えば熱伝達流体を受け入れるのに適した、その永久磁石３ａを通る１つ又は複数の内部チャネルを有する。こうして、磁石の内部容積で熱交換が可能になり、これにより、消磁装置によって供給される熱に対する磁石の応答時間が短縮される。これにより消磁が加速される。これらの内部チャネルは、例えば、磁石の内部容積内で、軸線Ａに実質的に平行な方向に長手方向に延びる。

【００５５】

さらに、ステータでの磁束の作用によって消磁装置の作用を完了して、消磁場（反磁場）を生成することが可能であることに留意されたい。

【００５６】

好ましくは、弁６３は、高温流体の流入を制御するために、ダクト６０の左端に配置される。弁６３は、例えば、ヘリコプターに搭載された搭載コンピュータによって電子的に制御可能である。弁６３は、オン／オフタイプの弁、又は比例弁であり得る。

【００５７】

高温流体がダクト６０によって受け入れられると、この高温流体は、磁石３ａの内部容積に熱を伝達して、磁石の温度上昇を引き起こす。

【００５８】

ハウジング７内の高温流体の排出のために、排出ダクト７０を配置することが有利であり、排出ダクト７０の第１の端部がハウジングの内部容積内につながり、第２の端部がハウジングから出る。排出の作動は、ヘリコプターのコンピュータにリンクされた排出弁７１によって制御可能である。ダクト７０は、ハウジング７内の過圧を回避するのを可能にする。

【００５９】

発電機の動作では、誘導電流は、磁石、特に磁石３ａの励磁磁束の影響下で巻線５ａ内を循環する。巻線５ａが短絡した場合に、磁石が回転し続ける（従って磁束を生成する）と、数百アンペアに達する可能性のある巻線の損傷しきい値を超える非常に高い強度の誘導電流が、巻線内を循環する可能性がある。

【００６０】

有利には、機械１は、巻線損傷センサ５０を含む。センサ５０は、ヘリコプターのコンピュータにデータを通信することができる。消磁装置は、例えば短絡イベント中に巻線に損傷を与えるリスクがある場合に、永久磁石３ａの温度上昇を（弁６３を介して）トリガーするように構成される。こうして、短絡した巻線を保護することが可能である。

【００６１】

好ましい構成では、機械１の各永久磁石３は、消磁装置によって加熱され得る。例えば、ダクト６０は、他の終端部分（図示せず）に続いて、各永久磁石の近く、特に永久磁石３ｂの近くにつながることができる。

【００６２】

この変形例の１つの利点は、巻線内の全ての永久磁石によって生成される誘導電流を制限し、完全に打ち消すことさえ可能にすることである。

【００６３】

好ましくは、電気機械の各巻線は、短絡の場合に各巻線を保護することができるように、損傷センサを有する。

【００６４】

１つの可能な変形例（図には示されていない）では、消磁装置は、ガス／ガス熱交換器又はガス／液体熱交換器に連結することができ、ガスは、例えば空気であり、液体は、例えば、油、燃料又は水である。次に、熱交換器は、高温流体供給源（以下の例ではガスタ

ービンエンジン）と電気機械との間に配置される。熱交換器により、外部熱源から電気機械に流入する流体の入力温度を制御及び適合させることができる。

【００６５】

図３は、ヘリコプターのガスタービンエンジン１０の概略断面図である。ガスタービンエンジン１０は、図２の電気機械１のロータ２を駆動する軸線Ｄを有するロータを含む。この例では、ガスタービンエンジン１０は、いくつかのステージ（段）と遠心圧縮機を備えたガスタービンエンジンである。

【００６６】

ガスタービンエンジンは、ガスタービンエンジンが動作しているときの空気流の順序で、空気入口１１、第１の遠心圧縮機１２、第２の遠心圧縮機１３、燃焼室１４、ガス発生器タービン１５、及びフリー（free）タービン１６を含む。

【００６７】

ここで、ガスタービンエンジン１０は、二重スプールを有する。そのガスタービンエンジン１０は、フリータービン１６に対応する第１のスプール１７と、圧縮機及びガス発生器タービンに対応する第２のスプール１８とを含む。

【００６８】

ガスタービンエンジン１０は、フリータービン１６の出口にある排出ノズル（図示せず）まで、入口１１に流入する空気の流路を形成するガスストリームを含む。

【００６９】

非常に有利なことに、ガスタービンエンジンの動作中に、ガスストリームは、永久磁石３ａを消磁するための装置に高温流体を供給するための高温流体の供給源として機能する。

【００７０】

図３の例では、ガス抽出要素６４がガスタービンエンジン１０のガスストリーム内に位置付けされて、ガスストリーム内の高温ガスを抽出し、その高温ガスをダクト６０に供給する。抽出要素６４は、ダクト６０の一端と直列に位置付けされる。ここで、抽出要素６４は、一方ではガスタービンエンジン１０のガスストリームの一部に接続され、他方では図２に示されるダクト６０に接続されるダクトである。

【００７１】

抽出要素６４は、ガスタービンエンジン１０の圧縮機の出口に有利に配置され、ガスタービンエンジンの部材によって以前に圧縮された熱風を回収する。

【００７２】

図３の例では、抽出要素６４は、軸線Ｄに直交し、且つ第２の遠心圧縮機１３の出口を通過する平面（一般に「平面Ｐ３」と呼ばれる）でガスタービンエンジン１０のストリームにつながる。第２の遠心圧縮機１３が燃焼室１４の直ぐ上流に配置されるので、この構成の１つの利点は、ガスを非常に高温で回収できることである。

【００７３】

代替として又は組合せで、ガスの抽出は、軸線Ｄに直交し、且つ第１の遠心圧縮機１２の出口を通過する平面（一般に「平面Ｐ２又はＰ２．５」と呼ばれる）で、及び／又はターボ機械の排出ノズル（平面Ｐ５及び／又はＰ６）で外部に運ばれる。オプションで、吸引装置が抽出要素６４の近くのガス抽出ポイントに追加される。吸引装置は、高温ガスが低圧レベルで、例えば排出ノズルで抽出される場合に特に有利である。

【００７４】

代替例として、ガスの抽出は、永久磁石の消磁装置に供給するために、別のタイプのターボ機械のストリームで達成することができる。

【００７５】

ヘリコプターのターボ機械を消磁装置の熱源として使用することは有利である。なぜなら、この熱源は、消磁装置がなくても既に存在しているからである。こうして、電気機械のロータを駆動する機能と磁石の強制消磁機能との相乗効果が得られる。さらに、ターボ機械からの高温ガスの抽出は、推進アセンブリの総質量及び信頼性に与える影響が少ない。

【００７６】

図４に示されるのは、磁性材料の温度の関数としての、磁石３ａの磁性材料の磁気誘導の特性曲線である。この例では、磁性材料は$Nd_2Fe_{14}B$である。ここにキロガウスで示される磁気誘導Ｊ．Ｂは、ここでメートル当たりのキロアンペアで示される消磁場（反磁場）Ｈが絶対値で増大するにつれて減少する。温度が上昇し、消磁場（反磁場）の絶対値が益々小さくなると（１００℃で約１３８０ｋＡ／ｍ、２１０℃で約３６０ｋＡ／ｍ）、磁気誘導が打ち消される。

【００７７】

上に示したように、磁石のキュリー温度を超えると、消磁場（反磁場）がない場合でもその磁気誘導は打ち消される。

【００７８】

例として、いくつかの磁性材料のキュリー温度は以下の通りである：ＮｄＦｅＢの場合は１４０℃～２２０℃、$SmCo_5$の場合は２８０℃、Sm_2Co_{17}の場合は３５０℃～５５０℃、l'アルニコの場合は５５０℃、ストロンチウム型フェライトの場合は２５０℃、バリウム型フェライトの場合は１００℃～２４０℃である。

【００７９】

電気機械１の消磁装置は、好ましくは、磁石のキュリー温度の関数として決定される温度を超えて、その電気機械１が関連する永久磁石の温度上昇を実施するのに適している。

【００８０】

例えば、消磁装置は、磁石の磁気誘導を強く制限するように、磁石をそのキュリー温度の９５％～１０５％の間で構成される温度に到達させるように構成される。

【００８１】

好ましくは、消磁装置は、磁石がキュリー温度に到達することを可能にし、それはその磁気誘導を打ち消す。

【００８２】

実際に、磁石がキュリー温度の１００％にある場合に、外部の反磁場（消磁場）がなくても、永久磁石の消磁の最適な効果が得られる。

【００８３】

こうして、消磁装置は、たとえ磁石が回転し続けたとしても、磁石の回転によって生成された磁束を一時的に且つ迅速に打ち消す手段を提供する。こうして、短絡イベント中に巻線を保護することが可能である。

【００８４】

図５は、本発明の第２の実施形態による永久磁石同期機械１’の縦断面図を示す。断面は、ロータ２のシャフトの軸線Ａを通過する。

【００８５】

機械１’の内部構造、特にロータ２及びステータの構成は、図２の機械１に関する上記の説明に準拠している。

【００８６】

ダクト６０の代わりに、機械１’は、複数のダクト６２を含む。ダクト６０と同様に、ダクト６２は、永久磁石３ａの近くに位置するボリュームと流体連通するように、電気機械の外部に高温流体供給源を配置する。ここで、ダクト６２は、ロータのシャフトの軸線Ａに直交する互いに平行な軸線Ｂ１、Ｂ２及びＢ３に沿ってそれぞれ延びる。

【００８７】

各ダクト６２は、ハウジング７の外側から、ハウジング７を通って、ステータ４を通ってステータ４の内面まで延びる。ダクト６２は、開口部４０を通ってステータ４を通過する。

【００８８】

こうして、ダクト６２の端部は、永久磁石３ａの表面につながる。

【００８９】

弁６３は、好ましくは、ダクト６２の外端に配置されて、これらのダクトを通る高温流体の流入を制御する。これらのダクトは、例えばヘリコプターの搭載コンピュータによっ

て電子的に制御できる。

【００９０】

代替例として、単一のダクト６２又は任意の数のダクトを使用することが可能である。

【００９１】

終端部分６１を有するダクト６０の代わりに又はダクト６０を補完するものとして、ダクト６２を使用することが可能である。ダクトの２つの向きを組み合わせた構造は、永久磁石に近接する高温流体のより大きな総質量流を可能にし、これは温度上昇を加速させる。

【００９２】

こうして、高温ガスの噴射は、ロータのシャフトの軸線Ａに対してアキシャル方向及び／又はラジアル方向に達成することができる。

【００９３】

より一般的には、消磁装置のダクトの形状及び配置は、電気機械の構造、質量及び容積の制約、又は磁石の温度上昇の必要性に応じて適合させることができる。

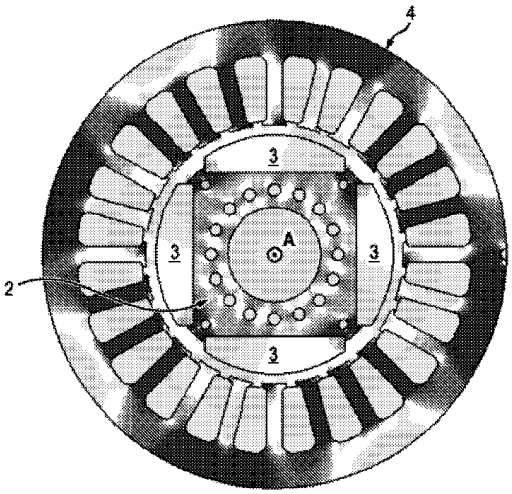
【００９４】

高温の流体は、必ずしも消磁装置の熱源として使用されるとは限らない。多数のタイプの熱源が考えられる。特に、ダクト６０を電気抵抗器と交換することが可能であり、抵抗器は、磁束を打ち消さなければならない永久磁石の近くに位置付けされる。

【図面】

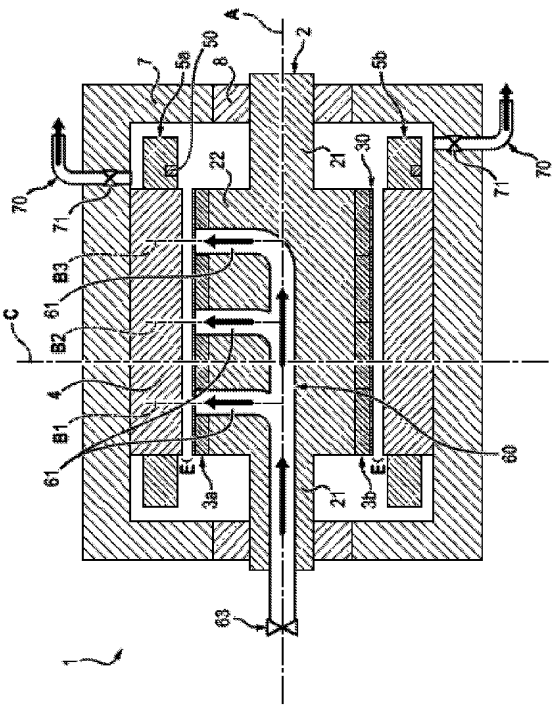
【図１】

Fig.1



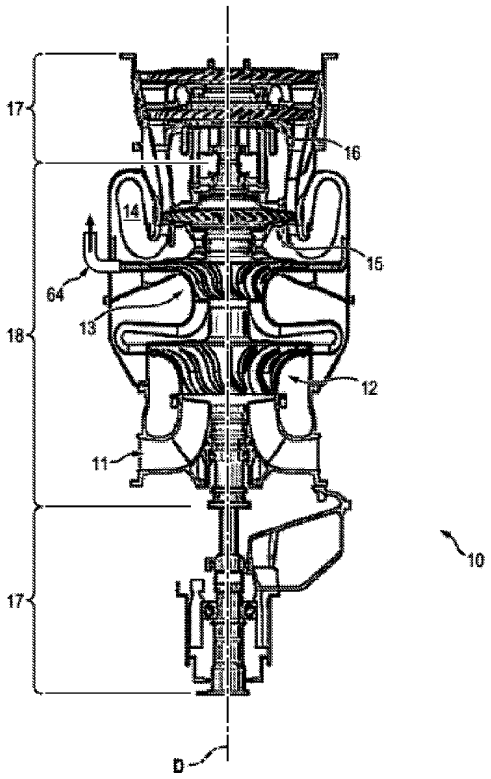
【図２】

Fig.2



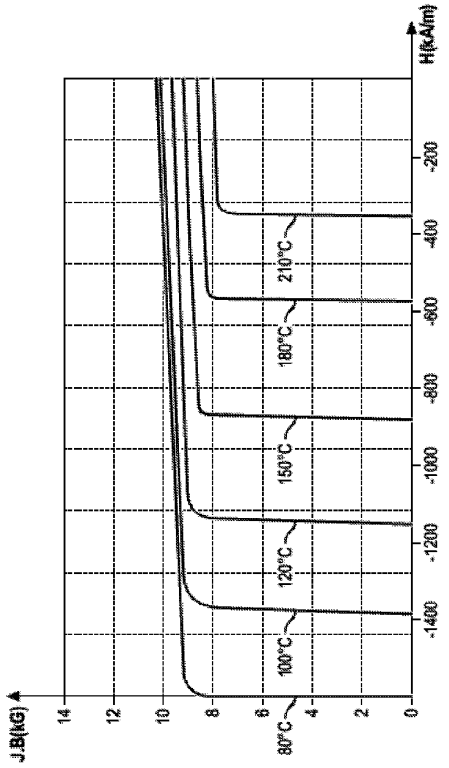
【図３】

Fig.3



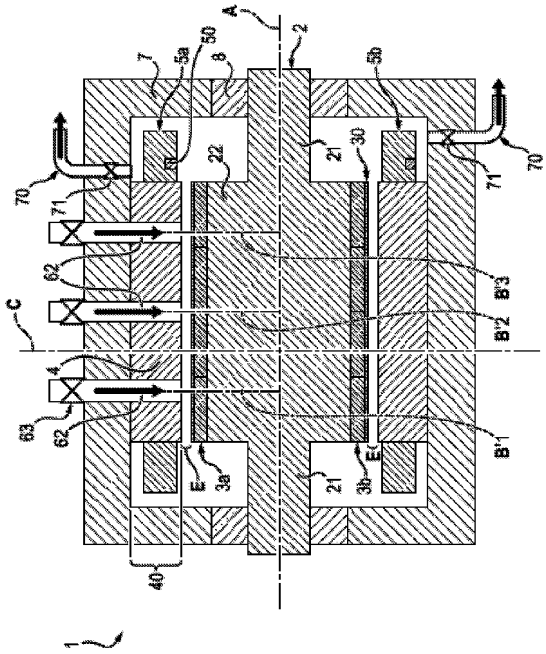
【図４】

Fig.4



【図５】

Fig.5



フロントページの続き

(51)国際特許分類　　ＦＩ
Ｂ６４Ｄ　27/24　(2024.01)　　Ｂ６４Ｄ　27/24

フランス国 ７７５５０ モワシー クラマイエル，サフラン セーエーペーイー ロン ポワン ルネ ラヴォー - ルアウ内

審査官　保田 亨介

(56)参考文献
特開２０１８－１７０８４２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１８－０６４４０１（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３４６３６４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０３７０９６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６４Ｂ１／００－１／７０
Ｂ６４Ｃ１／００－９９／００
Ｂ６４Ｄ１／００－４７／０８
Ｂ６４Ｆ１／００－５／６０
Ｂ６４Ｇ１／００－９９／００
Ｆ０１Ｄ１３／００－１５／１２
２３／００－２５／３６
Ｆ０２Ｃ１／００－９／５８
Ｆ２３Ｒ３／００－７／００
Ｈ０２Ｋ１／１７
１／２７－１／２７９８
９／００－９／２８
１５／０３
２１／００－２１／４８
Ｈ０２Ｐ２１／００－２５／０３
２５／０４
２５／１０－２７／１８