

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5568129号
(P5568129)

(45) 発行日 平成26年8月6日 (2014. 8. 6)

(24) 登録日 平成26年6月27日 (2014. 6. 27)

(51) Int. Cl. F I

HO2P 9/04 (2006.01)

B64D 41/00 (2006.01)

FO2N 11/08 (2006.01)

FO2C 6/00 (2006.01)

FO2C 7/275 (2006.01)

HO2P 9/04 J

B64D 41/00

FO2N 11/08 V

FO2N 11/08 L

FO2C 6/00 B

請求項の数 18 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2012-511832 (P2012-511832)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成22年3月31日 (2010. 3. 31)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2012-527863 (P2012-527863A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(43) 公表日	平成24年11月8日 (2012. 11. 8)	(74) 代理人	100137545
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/029299		弁理士 荒川 聡志
(87) 国際公開番号	W02010/135030	(74) 代理人	100105588
(87) 国際公開日	平成22年11月25日 (2010. 11. 25)		弁理士 小倉 博
審査請求日	平成25年3月27日 (2013. 3. 27)	(74) 代理人	100129779
(31) 優先権主張番号	12/468, 206		弁理士 黒川 俊久
(32) 優先日	平成21年5月19日 (2009. 5. 19)	(72) 発明者	ファング, ハオ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国、オハイオ州・45373、トロイ、カントリーサイド・ドライブ・ノース、358番
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 航空機エンジンの始動／発電システム及び制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航空機エンジンの始動及び発電システムであって、
始動モードで航空機エンジンを始動し、発電モードで A C 電力を発電するように構成され、励磁器と回転シャフトとを備えるスタータ・発電機と、
前記スタータ・発電機に結合されるインバータ・コンバータ・コントローラ (I C C) であって、前記始動モードで前記スタータ / 発電機に第 1 の周波数の A C 電力を供給し、前記発電モード中に、前記発電モードの A C 電力が第 2 の周波数を有するように前記励磁器を制御するように構成され、前記第 1 の周波数が前記シャフトのシャフト速度に基づいて決定され、前記第 2 の周波数が概ね一定であり、前記第 1 の周波数よりも低い、インバータ・コンバータ・コントローラ (I C C) と、
を備える、始動及び発電システム。

【請求項 2】

前記スタータ・発電機が、
主固定子と主回転子とを備える主機械と、
P M G 固定子と P M G 回転子とを備える永久磁石発電機 (P M G) と、
を更に備える、請求項 1 に記載の始動及び発電システム。

【請求項 3】

前記 I C C が、前記主固定子に結合された主 I G B T ブリッジを備え、前記主機械は前記発電モード中に前記第 2 の周波数の A C 電力を発電するように構成される、請求項 2 に

記載の始動及び発電システム。

【請求項 4】

前記 I C C が、前記励磁器固定子に結合された励磁器ブリッジを備え、前記励磁器ブリッジは、前記励磁器が制動モード誘導機として動作するように前記励磁器を制御するように構成される、請求項 3 に記載の始動及び発電システム。

【請求項 5】

前記励磁器ブリッジが、I G B Tブリッジ、M O S F E Tブリッジ、及びS i C M O S F E Tブリッジの 1 つを備える、請求項 4 に記載の始動及び発電システム。

【請求項 6】

前記励磁器ブリッジが、可変 A C 励磁器供給電圧を生成するように構成される、請求項 4 に記載の始動及び発電システム。

10

【請求項 7】

前記励磁器が、励磁器固定子と励磁器回転子とを備え、前記励磁器固定子が A C 巻線を備えると共に、前記 I C C が、前記第 1 の周波数の A C 電力を前記巻線に供給するように構成される励磁器ブリッジを備える、請求項 1 に記載の始動及び発電システム。

【請求項 8】

航空機エンジンの始動及び発電システムであって、

始動モードで航前記空機エンジンを始動し、発電モードで A C 電力を発電するように構成され、励磁器と回転シャフトとを含むスタータ・発電機と、

前記スタータ・発電機に結合されるインバータ・コンバータ・コントローラ (I C C) であって、前記始動モードで前記スタータ・発電機に第 1 の周波数の A C 電力を供給し、前記発電モード中に、前記発電モードの A C 電力が第 2 の周波数を有するように前記励磁器を制御するように構成され、前記シャフトのシャフト速度に基づいて前記第 1 の周波数を決定することによって、前記 I C C を制御するように構成される制御盤を含み、前記第 2 の周波数が概ね一定であり、前記第 1 の周波数よりも低い、インバータ・コンバータ・コントローラ (I C C) と、を備える始動及び発電システム。

20

【請求項 9】

前記スタータ・発電機が、

主固定子と主回転子とを備える主機械と、

P M G 固定子と P M G 回転子とを備える永久磁石発電機 (P M G) とを更に備える、請求項 8 に記載の始動及び発電システム。

30

【請求項 10】

前記 I C C が、前記主固定子に結合された主 I G B Tブリッジを更に備え、前記主機械は前記発電モード中に前記第 2 の周波数の A C 電力を発電するように構成される、請求項 9 に記載の始動及び発電システム。

【請求項 11】

前記 I C C が、前記励磁器固定子に結合された励磁器ブリッジを備え、前記励磁器ブリッジは、前記励磁器が制動モード誘導機として動作するように前記励磁器を制御するように構成される、請求項 10 に記載の始動及び発電システム。

40

【請求項 12】

前記励磁器ブリッジが、I G B Tブリッジ、M O S F E Tブリッジ、及びS i C M O S F E Tブリッジの 1 つを備える、請求項 11 に記載の始動及び発電システム。

【請求項 13】

前記励磁器ブリッジが、可変 A C 励磁器供給電圧を生成するように構成される、請求項 11 に記載の始動及び発電システム。

【請求項 14】

前記励磁器が、A C 巻線を備える励磁器固定子を備え、前記 I C C が、前記第 1 の周波数の A C 電力を前記巻線に供給するように構成される励磁器ブリッジを備える、請求項 8 に記載の始動及び発電システム。

50

【請求項 15】

航空機エンジンの始動及び発電システムを制御する方法であって、前記始動及び発電システムが、回転シャフトを含むスタータ・発電機とインバータ・コンバータ・コントローラ（ＩＣＣ）とを含み、

始動モード中にＩＣＣによって、前記シャフトのシャフト速度に基づく可変周波数である第１の周波数のＡＣ電力を前記スタータ・発電機に供給するステップと、

前記スタータ・発電機を使用して前記航空機エンジンを始動するステップと、

前記ＩＣＣを使用して、発電モード中にスタータ・発電機を制御して第２の周波数のＡＣ電力を発電するステップと、

を含み、

10

前記第２の周波数が概ね一定であり、前記第１の周波数よりも低い、方法。

【請求項 16】

前記スタータ・発電機が少なくとも１つのＡＣ巻線を有する励磁器を含み、前記ＩＣＣが励磁器ブリッジを含み、始動モード中にＡＣ電力を供給する前記ステップが、

前記シャフト速度を決定するステップと、

前記シャフト速度に基づいて第１の周波数を決定するステップと、

前記第１の周波数のＡＣ電力を前記少なくとも１つのＡＣ巻線に供給するステップと、を含む、請求項 15 に記載の方法。

20

【請求項 17】

前記少なくとも１つのＡＣ巻線にＡＣ電力を供給する前記ステップが、前記励磁器ブリッジを使用して可変ＡＣ励磁器供給電圧を生成するステップを含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記発電モード中に、前記主機械を使用して前記第２の周波数のＡＣ電力を発電するステップを更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

30

本発明は一般に、航空機エンジンに関し、特に航空機エンジンの始動及び発電システム及び制御方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

既知の少なくとも幾つかの航空機のスタータ／発電機は、始動モードで航空機エンジンを始動すると共に、航空機エンジンの始動後に、航空機エンジンを発電モードで利用し、航空機の電力系統に電気エネルギーを供給する両方の用途で使用される。例えば、既知の少なくとも幾つかのシステムは、２つの固定子励磁器巻線と、始動モータとしてダイナモ電気機械を駆動し、又は発電動作中にダイナモ電気機械から電力を受けるように交互に接続される可変電圧、可変周波数電力コンバータとを備えるスタータ／発電機を含む。少なくとも幾つかのシステムでは、１つの巻線は始動モードで使用される多相ＡＣ巻線であり、もう１つの巻線は発電モードで使用されるＤＣ巻線である。しかし、このようなシステムは、重くて高価な巻線選択回路を含む。その上、このようなシステムで励磁器固定子を使用することは不十分であり、変換回路は大型である。

40

【0003】

その上、既知の少なくとも幾つかのシステムは、ゼロ速度又は低速度でスタータ／発電機の主同期機械の十分な励磁電力を発電することができない。例えば、既知の少なくとも幾つかのシステムは、発電モード中に従来の励磁器の励磁器巻線にＤＣ電圧を供給し、始動モード中に同じ巻線にＡＣ電圧を供給する。しかし、このようなシステムでは、励磁器へのＡＣ供給電圧を、インバータの入力でＤＣバス電圧又はＤＣリンク電圧が反転される

50

最大電圧よりも高くする必要があり、そのためにはＤＣバス電圧又はＤＣリンク電圧を昇圧する追加の回路が必要である。その結果、このようなシステムではＡＣ電圧が高くなるほどコロナ効果を生じ易い。

【０００４】

更に、既知の少なくとも幾つかのシステムは、始動モードと発電モードの両方で交流励磁を使用している。このようなシステムは一般に、回転トランスの作用によってシャフト上に位置する励磁器電機子内にＡＣ電圧を生成するため、始動モード中に高い定周波数で動作するように制御された多相ＡＣ励磁器を含む。電機子の出力は、同じシャフト上に位置し、主機械の励磁巻線に電力供給するために必要なＤＣ電圧を出力する回転整流器に接続される。発電モード中、供給されるＡＣ電圧の周波数は、高い定周波数から低い定周波数に切り換わる。電機子のＡＣ電圧が回転トランスの作用によって再び生成され、それが回転整流器を経て主発電機に励磁電力を提供する。両方のモードでＡＣ励磁電力を使用するため、発電モードでは一般に、発電用途のみの電流と比較して高い励磁電流が使用される。その結果、大型の重いコンバータが必要になる。高電流を使用しなくてもよいが、始動モードで使用するために追加の巻線選択回路を投入する必要がある。

10

【発明の概要】

【０００５】

この項の簡単な説明は、以下に更に詳細に記載するコンセプトの選択を簡略に提示するために記載される。この項の簡単な説明は、特許請求の主題の主要な特徴又は不可欠な特徴を特定することを意図するものでもなく、特許請求の主題の範囲を決定する補助として用いることを意図するものでもない。

20

【０００６】

一態様では、航空機エンジンの始動及び発電システムが提供される。始動及び発電システムは、スタータ／発電機、及びスタータ／発電機に結合されるインバータ／コンバータ／コントローラ（ＩＣＣ）を含む。スタータ／発電機は、始動モードで航空機エンジンを始動し、発電モードでＡＣ電力を発電するように構成されている。スタータ／発電機は、励磁器と回転シャフトとを含む。ＩＣＣは、始動モードでスタータ／発電機に第１の周波数のＡＣ電力を供給し、発電モード中に、発電モードのＡＣ電力が第２の周波数を有するように励磁器を制御するように構成されている。第１の周波数は、シャフトのシャフト速度に基づいて決定される。

30

【０００７】

別の態様では、航空機エンジンの始動及び発電システムが提供される。始動及び発電システムは、スタータ／発電機、及びスタータ／発電機に結合されるインバータ／コンバータ／コントローラ（ＩＣＣ）を含む。スタータ／発電機は、始動モードで航空機エンジンを始動し、発電モードでＡＣ電力を発電するように構成されている。スタータ／発電機は、励磁器と回転シャフトとを含む。ＩＣＣは、始動モードでスタータ／発電機に第１の周波数のＡＣ電力を供給し、発電モード中に、発電モードのＡＣ電力が第２の周波数を有するように励磁器を制御するように構成されている。ＩＣＣは、シャフトのシャフト速度に基づいて第１の周波数を決定することによってＩＣＣを制御するように構成される制御盤を含む。

40

【０００８】

別の態様では、航空機エンジンの始動及び発電システムを制御する方法が提供される。始動及び発電システムは、回転シャフトを含むスタータ／発電機を含む。始動及び発電システムは更に、インバータ／コンバータ／コントローラ（ＩＣＣ）を含む。方法は、始動モード中にＩＣＣによって第１の周波数のＡＣ電力をスタータ／発電機に供給し、スタータ／発電機を使用して航空機エンジンを始動するステップを含み、第１の周波数はシャフトのシャフト速度に基づく可変周波数である。方法は更に、ＩＣＣを使用して、発電モード中にスタータ／発電機を制御して第２の周波数のＡＣ電力を発電するステップを含む。

【０００９】

本明細書に記載の実施形態は、添付図面と関連した以下の説明を参照することでより明

50

解に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】航空機エンジンの例示的な始動及び発電システムの概略ブロック図である。

【図 2】図 1 の始動及び発電システムに使用し得る、例示的なスタータ / 発電機の断面図である。

【図 3】図 1 の始動及び発電システムの例示的な電気系統の概略ブロック図である。

【図 4】図 1 の始動及び発電システムに使用し得る、例示的なハウジングの第 1 の等角投影図である。

【図 5】図 4 のハウジングの第 2 の等角投影図である。

10

【図 6】図 1 の始動及び発電システムの例示的な組立て方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、添付図面を参照して本発明の様々な実施形態を記載する。本明細書に記載の実施形態は、始動モードにおいて電気エネルギーを機械エネルギーに変換し、発電モードにおいて機械エネルギーを電気エネルギーに変換する双方向エネルギー変換ブラシレス電気回転デバイスに関する。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の例示的实施形態による航空機エンジン（図示せず）の始動及び発電システム 1 0 0 の概略ブロック図である。図 2 は、システム 1 0 0 に使用し得るスタータ / 発電機（S / G）1 0 2 の断面図である。例示的实施形態では、始動及び発電システム 1 0 0 は、S / G 1 0 2、及び S / G 1 0 2 に電氣的に結合されるインバータ / コンバータ / コントローラ（I C C）1 0 4 を含む。

20

【 0 0 1 3 】

図 1 及び 2 を参照すると、例示的实施形態では、S / G 1 0 2 は、以下に詳細に説明するように、始動モードで航空機エンジンを始動し、発電モードで A C 電力を発電するように構成されている。更に、S / G 1 0 2 は 3 つの電気機械の組み合わせである。具体的には、S / G 1 0 2 は、主機械 1 0 6、励磁器 1 0 8、及び永久磁石発電機（P M G）1 1 0 の組み合わせである。この構成は、一般に 3 機械セットと呼ばれる。一実施形態では、主機械 1 0 6 は突極型同期機械である。例示的实施形態では、主機械 1 0 6 は主固定子 1 1 2 と主回転子 1 1 4 とを含む。主回転子 1 1 4 は、これを貫通して延在するシャフト 1 1 6 と、主回転子 1 1 4 に電氣的に結合される出力（図示せず）を有する回転整流器 1 1 8 とを含む。例示的实施形態では、整流器 1 1 8 はシャフト 1 1 6 の内部に位置する。しかし、別の実施形態では、整流器 1 1 8 はシャフト 1 1 6 に対して別の位置にあってもよい。更に、一実施形態では、整流器 1 1 8 は全波回転整流器である。別の実施形態では、整流器 1 1 8 は半波回転整流器である。例示的实施形態では、主固定子 1 1 2 は三相 A C 巻線（図 1 及び 2 には図示せず）を含む。代替実施形態は、それらに限定されないが六相 A C 巻線、九相 A C 巻線などのいずれかの適宜の巻線を含んでもよい。更に、例示的实施形態では、励磁器 1 0 8 は、励磁器固定子 1 2 0 と励磁器回転子 1 2 2 とを含む。励磁器固定子 1 2 0 は第 1 の三相 A C 巻線（図 1 及び 2 には図示せず）を含み、励磁器回転子 1 2 2 は、整流器 1 1 8 の入力（図示せず）に結合される第 2 の三相 A C 巻線（図 1 及び 2 には図示せず）を含む。更に、永久磁石発電機（P M G）1 1 0 は、P M G 固定子 1 2 4 と、P M G 回転子 1 2 6 とを含む。

30

40

【 0 0 1 4 】

図 1 を参照すると、I C C 1 0 4 は、始動モードでは S / G 1 0 2 に第 1 の周波数の A C 電力を供給し、発電モード中は、S / G 1 0 2 を制御して、第 1 の周波数よりも低い第 2 の周波数の A C 電力を発電する。第 1 の周波数は可変周波数であり、シャフト 1 1 6 のシャフト速度に基づく周波数である。第 2 の周波数は概ね一定であり、以下にさらに詳細に説明するように、励磁器固定子 1 2 0 からの電力伝送を最小化し、しかも励磁器 1 0 8

50

を適正に制御できるように第１の周波数よりも低い。更に、例示的实施形態では、ＩＣＣ１０４は、主固定子１１２と航空機内の電気系統（図示せず）とに電氣的に結合される主ブリッジ１２８を含む。ＩＣＣ１０４は更に、励磁器固定子１２２と外部電源１３０とに電氣的に結合される励磁器ブリッジ１３２も含む。より具体的には、励磁器ブリッジ１３２は、第１のＡＣ巻線と電氣的に結合される。励磁器ブリッジ１３２は更に、ＰＭＧ固定子１２４と電氣的に結合される。例示的实施形態では、主ブリッジ１２８は絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）／ダイオードブリッジである。しかし、代替実施形態は適宜いずれのブリッジを使用してもよい。例示的实施形態では、励磁器ブリッジ１３２は、ＩＧＴＢ／ダイオードブリッジでもある。代替実施形態では、励磁器ブリッジ１３２は、金属酸化膜半導体電界効果型トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ）ブリッジである。別の代替実施形態では、励磁器ブリッジ１３２は炭化ケイ素（ＳｉＣ）ＭＯＳＦＥＴブリッジである。しかし、更に別の代替実施形態は適宜いずれのブリッジを使用してもよい。以下の記載では、主ブリッジ１２８及び励磁器ブリッジ１３２をそれぞれ、主インバータ／コンバータ、及び励磁器インバータ／コンバータと同義的に呼ぶことがある。

【００１５】

図３は、始動及び発電システム１００の電気系統２００の概略ブロック図である。より具体的には、図３は、主ブリッジ１２８と励磁器ブリッジ１３２とを構成するコンポーネントに重点を置いたシステム１００を示す。例示的实施形態では、ＩＣＣ１０４は、主ブリッジ１２８と励磁器ブリッジ１３２の両方に電氣的に結合される制御盤２０２も含む。制御盤２０２は、主ブリッジデジタル信号プロセッサ（ＤＳＰ）２０４、励磁器ブリッジＤＳＰ２０６、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）２０８を含む。励磁器固定子１２０に結合される第１のＡＣ励磁器巻線２１０は、ＦＰＧＡ２０８と励磁器ブリッジ１３２とに電氣的に結合される。励磁器回転子１２２に結合される第２のＡＣ励磁器巻線２１２は、主回転子１１４に電氣的に結合される。主固定子ＡＣ巻線２１４は、ＦＰＧＡ２０８に電氣的に結合される。システム１００の始動モード中に使用される場合、本明細書では、主ブリッジＤＳＰ２０４をスタータインバータコントローラ又はスタータインバータＤＳＰと同義的に呼んでもよい。システム１００の発電モード中に使用される場合、本明細書では、主ブリッジＤＳＰを発電機コンバータコントローラ又は発電機コンバータＤＳＰと同義的に呼んでもよい。更に、システム１００の始動モード中に使用される場合、本明細書では、励磁器ブリッジＤＳＰ２０６を励磁器インバータコントローラ又は励磁器インバータＤＳＰと同義的に呼んでもよい。システム１００の発電モードで使用される場合、本明細書では、励磁器ブリッジＤＳＰ２０６を励磁器コンバータコントローラ又は励磁器コンバータＤＳＰと同義的に呼んでもよい。主ブリッジＤＳＰ２０４は主ブリッジ１２８に作用的に結合され、主ブリッジ１２８を制御するための組込みソフトウェアを含む。具体的には、主ブリッジＤＳＰ２０４は、システム１００の始動モードで、Ｓ／Ｇ１０２を駆動するＡＣ電力を発電するように主ブリッジ１２８を制御する。更に、主ブリッジＤＳＰ２０４はシステム１００の発電モードで、ＡＣ電力を航空機のその他のコンポーネント（図示せず）が使用するＤＣ電力に変換するように主ブリッジ１２８を制御する。

【００１６】

図４及び５は（図１及び３に示す）ＩＣＣ１０４の等角投影図であるが、それはＩＣＣを航空機（図示せず）内のキャビネット（図示せず）内に挿入され、又はキャビネット上に実装されるサイズのハウジング３００内にパッケージングできるからである。例示的实施形態では、ハウジング３００のサイズは、ＩＣＣ１０４からの熱散逸及び／又は熱除去を促進する冷却板３０２を収容するサイズである。ハウジング３００は、主ブリッジ１２８、励磁器ブリッジ１３２、主ブリッジＤＳＰ２０４、励磁器ブリッジＤＳＰ２０６、及びＦＰＧＡ２０８も収納する。更に、ハウジング３００は、フィルタキャップアセンブリ３０４、及び１つ又は複数の検知アセンブリ３０６も収容する。出力電圧端子ブロック３０８は、航空機内のその他のコンポーネント（図示せず）にＤＣ電力を供給するためにハウジング３００の外表面３１０に結合される。

【 0 0 1 7 】

図 1 ～ 5 を参照すると、使用中、始動及び発電システム 1 0 0 には始動モードと発電モードの 2 つの動作モードがある。発電モードでは、三相励磁器 A C 巻線 2 1 2 が、励磁器回転子 1 2 2 と励磁器固定子 1 2 0 との間の空隙（図示せず）内に必要な回転磁界を生成する。第 1 の A C 励磁器巻線 2 1 0 と相互作用する回転磁界は、第 1 の A C 巻線 2 1 0 内に電圧を生成する。加えて、三相 A C 巻線 2 1 0 は始動モード中に電磁力を励磁器固定子 1 2 0 から励磁器回転子 1 2 2 へと転送する。より具体的には、システム 1 0 0 はその動作時間の多くを発電モードに費やすため、励磁器固定子 1 2 0 は位相当たりの巻き数及び磁気回路（図示せず）に関して、発電動作にとって最適に構成される。従って、励磁器固定子巻線 2 1 0 の電流は低レベルに最小化され、それでも適切に制御されることができる。その上、励磁器ブリッジ D S P 2 0 6 は、励磁器 1 0 8 内の空隙内の回転磁界の方向がシャフト 1 1 6 の回転方向と逆になるように励磁器固定子 1 2 0 を制御し、それによって励磁器 1 0 8 は制動モードで誘導機として機能するように強制される。誘導機が制動モードで動作している間、電機子の出力の電力は 2 つの項、すなわち、 P_s と P_m とを加算した値となる。 $P_s + P_m = (1 - S) P_s$ 、但し、 P_s は励磁器固定子 1 2 0 から転送される電力であり、 P_m はシャフト 1 1 6 上の機械的動力から変換された機械的動力であり、 S はスリップ、すなわち固定子磁界の速度と回転子の速度との差である。加えて、 S は方程式 (1) によって以下のように定義される。

10

【 0 0 1 8 】

【 数 1 】

20

$$S = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} \quad \text{方程式 (1)}$$

但し、 $\omega_s = 2\pi f_s$ 及び $\omega = 2\pi f$ である。

更に、 f_s は励磁器ブリッジ 1 3 2 によって供給される A C 電圧の周波数であり、方程式 (2) によって以下のように定義される。

【 0 0 1 9 】

【 数 2 】

30

$$f = \frac{RPM \cdot P}{120} \quad \text{方程式 (2)}$$

但し、 RPM はシャフト速度であり、 P は励磁器 1 0 8 の磁極数である。更に、励磁器ブリッジ 1 3 2 によって生成される A C 励磁器供給電圧の周波数を概ね一定にし、且つ適宜低くすることで、励磁器固定子 1 2 0 から転送される電力の最小化が促進され、しかもなお励磁器 1 0 8 を適切に制御できる。例えば、8 つの磁極を有し、励磁器ブリッジ 1 3 2 によって励磁器固定子巻線 2 1 0 の入力（図示せず）で供給される約 5 ヘルツ (Hz) の A C 電圧によって生成される回転磁界とは逆方向に、毎分約 12, 000 回転 (RPM) で動作する励磁器 1 0 8 の場合は、 $RPM = -12000$ であり、 $P = 8$ である。上記の方程式を用いて、これは以下のように示すことができる。

40

【 0 0 2 0 】

【 数 3 】

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \left(\frac{-12000 \cdot 8}{120} \right) = -2\pi \cdot 800$$

但し、負の f は励磁器回転子 1 2 2 が空隙内の回転磁界とは逆方法に動作していることを示し、下記のようになる。

【 0 0 2 1 】

【数 4】

$$S = \frac{2\pi \bullet 5 + 2\pi \bullet 800}{2\pi \bullet 5} = 161$$

従って、以下に示す P_s と P_m との電力比は、回転整流器 118 から励磁器回転子巻線 212 に出力される電力の多くがシャフト 116 を経て転送された機械的動力によるものであることを示している。励磁器の空隙を横切る励磁器固定子 120 からの電力も極めて小さい。従って、励磁器ブリッジ 132 の物理的サイズを最小化できる。

【0022】

10

【数 5】

$$\frac{P_s}{P_m} = \frac{1}{|1-S|} = \frac{1}{160} = 0.63\%$$

始動モードで、システム 100 は外部電源 130 から電力を受ける。主機械 106 は、始動モードで三相巻線形界磁突極型同期モータとして動作する。三相交流電流が主ブリッジ 128 から三相主固定子巻線 214 に供給され、励磁電流が励磁器 108 から主回転子 114 に供給される。主固定子 112 に供給される電流の周波数は、主機械 106 の速度に比例する。三相電流によって生成される回転磁界は主回転子 114 によって生成される磁界と相互作用して、主回転子 114 のシャフト 116 で機械的トルクを作成する。従って、始動モードで、三相 AC 巻線 210 を有する励磁器固定子 120 と、三相 AC 巻線 212 を有する励磁器回転子 122 とは共同で誘導励磁器を形成する。励磁器ブリッジ DSP 206 は、三相 AC 巻線 210 及び 212 の位相シーケンスの方向がシャフト 116 の回転方向と逆になるように、この方向を制御する。従って、誘導励磁器は制動モードで動作する。その結果、励磁器固定子 120 から転送される電力を最小化できる。更に、励磁器 108 の供給電圧の周波数は、励磁器 108 に印加される供給電圧の大きさと周波数の両方とも、シャフト 116 の速度と共に低減されるように制御される。励磁器固定子 120 の設計は発電モード用に最適化されているので、位相当たりの巻き数は比較的多く、そのためシャフト速度が高まるとより高い供給電圧が必要になる。その場合は、電圧需要の増大を避けるため、速度上昇と共に周波数が低減される。

20

30

【0023】

図 6 は、航空機エンジン（図示せず）の（図 1 に示す）始動及び発電システム 100 などの始動及び発電システムを制御する例示的方法を示すフローチャート 400 である。図 1 ~ 5 を参照すると、例示的实施形態では、（図 1 に示す）シャフト 116 のシャフト速度は（図 1 に示す）ICC 104 によって決定される（402）。特に、（図 3 に示す）制御盤 202 がシャフト 116 のシャフト速度を決定する。次いで ICC 104 は始動モードで使用される所望の第 1 の周波数を決定する（404）。特に、制御盤 202 は、始動モード中の高い供給電圧需要を避けるため、シャフト速度に基づいて第 1 の周波数を決定する。航空機エンジン（図示せず）を始動するため、ICC 104 は第 1 の周波数の AC 電力を（図 1 に示す）S/G 102 に供給する（406）。特に、（図 1 に示す）整流器 118 は、第 1 の周波数の AC 電力を（図 3 に示す）励磁器固定子巻線 210 に供給する。（図 1 に示す）励磁器 108 は、AC 電力を用いて主回転子 114 を励磁して航空機エンジンを始動する。

40

【0024】

更に、例示的实施形態において、S/G 102 は、航空機エンジンの始動後、発電モード中に航空機内の搭載電気系統（図示せず）に電力を供給するために第 2 の周波数の AC 電力を供給する。第 2 の周波数は概ね一定であり、第 1 の可変周波数よりも低い。ICC 104 は発電モード中、主機械 106 が搭載電気系統に電力を供給するように（図 1 に示す）主機械 106 を制御する（408）。

50

【 0 0 2 5 】

航空機エンジンの始動及び発電システム及び制御方法の実施形態を、本明細書に詳細に記載している。このようなシステムによって、軽量化及び電力系統の最適化により燃料節減の利点が促進される。その上、このようなシステムの始動モードと発電モードの両方の間に励磁性能を最適化することによって、付加的な複雑さ、重量、サイズ及びこのようなシステムを製造し、補修するコストの低減が促進される。

【 0 0 2 6 】

本明細書は、最良の態様を含む本発明を開示し、更に当業者がいずれかのデバイス又はシステムを製造、使用することができ、且つ組み込まれたいずれかの方法を実施することを含めて本発明を実施することができるように実施例を用いている。本発明の特許可能な範囲は請求項によって定義され、当業者が想到する他の実施例を含んでもよい。これらの他の実施例が請求項に記載の文言と相違ない構成要素を有している場合、又はそれほど相違ない同等の構成要素を含む場合は、これらの他の実施例は特許請求の範囲内にあることを意図するものである。

10

【圖 1】

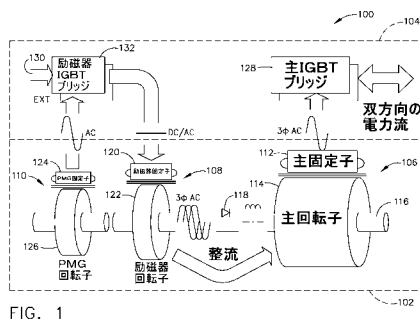


FIG. 1

【 図 3 】

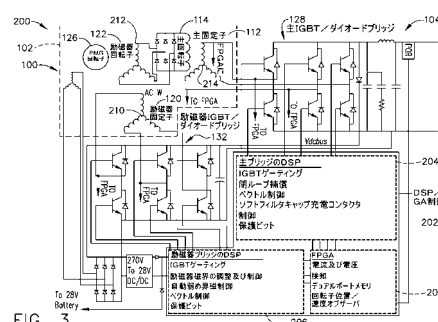


FIG. 3

【圖 2】

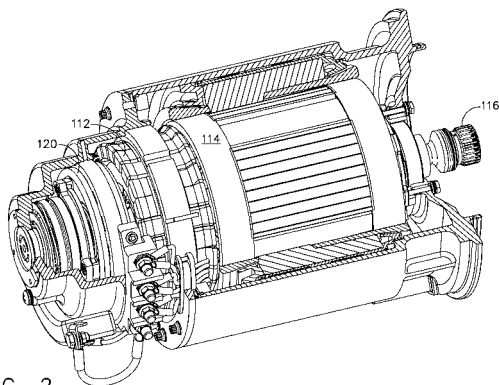


FIG. 2

【 図 4 】

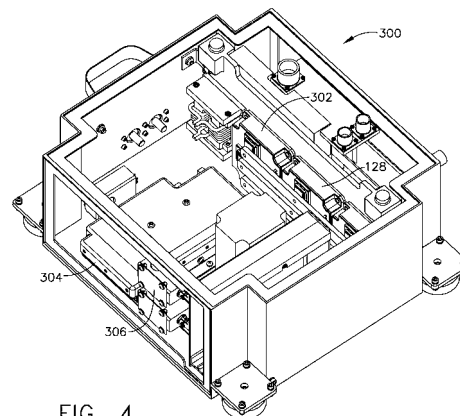


FIG. 4

【図 5】

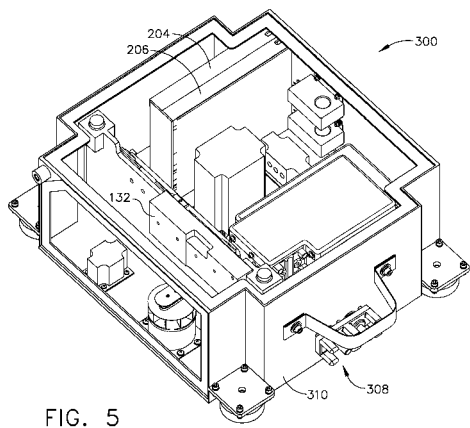


FIG. 5

【図 6】

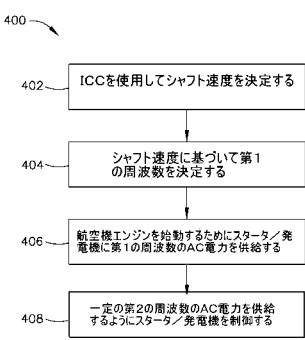


FIG. 6

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 1 D 19/00 (2006.01) F 0 2 C 7/275
 F 0 1 D 19/00 N

- (72)発明者 ガタリク, スロボダン
 アメリカ合衆国、オハイオ州・45385、ゼニア、キャッスル・パイン・コート、195番
- (72)発明者 カリピデス, デイビッド・ディミトリ
 アメリカ合衆国、オハイオ州・45312、キャスタウン、ノース・アルコニー・コノバー・ロード、195番
- (72)発明者 チア, シャオチュアン
 アメリカ合衆国、オハイオ州・45458、センタービル、フォックス・ホロウ・コート、8823番
- (72)発明者 アッバス, モハメド・アブド・エルカデル
 アメリカ合衆国、オハイオ州・45459、デイトン、レイン・ツリー・ロード、7796番

審査官 池田 貴俊

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第02002115 (EP, A2)
 米国特許出願公開第2006/0087293 (US, A1)
 欧州特許出願公開第01826890 (EP, A2)
 米国特許出願公開第2004/0183308 (US, A1)
 欧州特許出願公開第01289118 (EP, A1)
 米国特許第06188204 (US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 2 P 9 / 0 4
 B 6 4 D 4 1 / 0 0
 F 0 1 D 1 9 / 0 0
 F 0 2 C 6 / 0 0
 F 0 2 C 7 / 2 7 5
 F 0 2 N 1 1 / 0 8