

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7598458号  
(P7598458)

(45)発行日 令和6年12月11日(2024.12.11)

(24)登録日 令和6年12月3日(2024.12.3)

(51)国際特許分類 F I  
 B 6 4 D 27/357 (2024.01) B 6 4 D 27/357  
 B 6 4 D 27/31 (2024.01) B 6 4 D 27/31  
 B 6 4 D 27/34 (2024.01) B 6 4 D 27/34

請求項の数 25 (全32頁)

(21)出願番号	特願2023-524655(P2023-524655)	(73)特許権者	520504231 ウイスク アエロ エルエルシー アメリカ合衆国 9 4 0 4 3 カリフォル ニア、マウンテンビュー、プロデリック ウェイ 2 7 0 0
(86)(22)出願日	令和3年10月26日(2021.10.26)	(74)代理人	110000855 弁理士法人浅村特許事務所
(65)公表番号	特表2023-547385(P2023-547385 A)	(72)発明者	ロング、ジェフリー アラン アメリカ合衆国 9 4 0 4 3 カリフォル ニア、マウンテンビュー、プロデリック ウェイ 2 7 0 0、ウイスク アエロ エ ルエルシー 気付
(43)公表日	令和5年11月10日(2023.11.10)	(72)発明者	ホム、ルイス ロメオ アメリカ合衆国 9 4 0 4 3 カリフォル ニア、マウンテンビュー、プロデリック ウェイ 2 7 0 0、ウイスク アエロ エ ルエルシー 気付
(86)国際出願番号	PCT/US2021/056667		
(87)国際公開番号	WO2022/093833		
(87)国際公開日	令和4年5月5日(2022.5.5)		
審査請求日	令和5年6月13日(2023.6.13)		
(31)優先権主張番号	63/106,197		
(32)優先日	令和2年10月27日(2020.10.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	17/202,855		
(32)優先日	令和3年3月16日(2021.3.16)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 航空機のための電気動力推進システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

航空機のための電気動力推進システムであって、

第1のバッテリーと第2のバッテリーと、

第1のプロペラと、前記第1のプロペラを回転させる第1の駆動シャフトと、前記第1の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第1の1次巻線と、前記第1の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第1の冗長巻線と、前記第1の1次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第1の1次コントローラと、前記第1の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第1の冗長コントローラと、を備える第1の電気推進アセンブリと、

第2のプロペラと、前記第2のプロペラを回転させる第2の駆動シャフトと、前記第2の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第2の1次巻線と、前記第2の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第2の冗長巻線と、前記第2の1次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第2の1次コントローラと、前記第2の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第2の冗長コントローラと、を備える第2の電気推進アセンブリと、

第3のプロペラと、前記第3のプロペラを回転させる第3の駆動シャフトと、前記第3の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第3の1次巻線と、前記第3の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第3の冗長巻線と、前記第3の1次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第3の1次コントローラと、前記第3の冗長巻線に駆動電流を供給する

給するように動作可能な第 3 の冗長コントローラと、を備える第 3 の電気推進アセンブリと、

第 4 のプロペラと、前記第 4 のプロペラを回転させる第 4 の駆動シャフトと、前記第 4 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 4 の 1 次巻線と、前記第 4 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 4 の冗長巻線と、前記第 4 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 4 の 1 次コントローラと、前記第 4 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 4 の冗長コントローラと、を備える第 4 の電気推進アセンブリと、

前記第 1 のバッテリーに電氣的に接続された第 1 のバッテリーの第 1 の接触器と、

前記第 1 のバッテリーに電氣的に接続された第 1 のバッテリーの第 2 の接触器と、

10

前記第 2 のバッテリーに電氣的に接続された第 2 のバッテリーの第 1 の接触器と、

前記第 2 のバッテリーに電氣的に接続された第 2 のバッテリーの第 2 の接触器と、

前記第 1 のバッテリーの第 1 の接触器を各々の前記第 1 の 1 次コントローラと前記第 4 の 1 次コントローラに結合し、前記第 1 のバッテリーの第 1 の接触器を各々の前記第 1 の冗長コントローラ、第 4 の冗長コントローラ、前記第 2 の電気推進アセンブリ、及び前記第 3 の電気推進アセンブリから絶縁する、第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路であって、前記第 1 のバッテリーの第 1 の接触器が、前記第 1 のバッテリーから前記第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路を接続及び切断するように動作可能である、第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路と、

前記第 1 のバッテリーの第 2 の接触器を各々の前記第 2 の冗長コントローラと前記第 3 の冗長コントローラに結合し、前記第 1 のバッテリーの第 2 の接触器を各々の前記第 2 の 1 次コントローラ、第 3 の 1 次コントローラ、前記第 1 の電気推進アセンブリ、及び前記第 4 の電気推進アセンブリから絶縁する、第 1 のバッテリーの第 2 の電力分配回路であって、前記第 1 のバッテリーの第 2 の接触器が、前記第 1 のバッテリーから前記第 1 のバッテリーの第 2 電力分配回路を接続及び切断するように動作可能である、第 1 のバッテリーの第 2 の電力分配回路と、

20

前記第 2 のバッテリーの第 1 の接触器を各々の前記第 2 の 1 次コントローラ、前記第 3 の 1 次コントローラに結合し、前記第 2 のバッテリーの第 1 の接触器を各々の前記第 2 の冗長コントローラ、前記第 3 の冗長コントローラ、前記第 1 の電気推進アセンブリ、及び前記第 4 の電気推進アセンブリから絶縁する、第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路であって、前記第 2 のバッテリーの第 1 の接触器が、前記第 2 のバッテリーから前記第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路を接続及び切断するように動作可能である、第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路と、

30

前記第 2 のバッテリーの第 2 の接触器を各々の前記第 1 の冗長コントローラと前記第 4 の冗長コントローラに結合し、前記第 2 のバッテリーの第 2 の接触器を各々の前記第 1 の 1 次コントローラ、前記第 4 の 1 次コントローラ、前記第 2 の電気推進アセンブリ、及び前記第 3 の電気推進アセンブリから絶縁する、第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路であって、前記第 2 のバッテリーの第 2 の接触器が、前記第 2 のバッテリーから前記第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路を接続及び切断するように動作可能である、第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路と、を備え、

40

前記第 1 の電気推進アセンブリと前記第 4 の電気推進アセンブリとは、前記航空機の推進システム・バランス・ポイントについて、直径方向に対向しかつ同じ距離で配置され、前記第 2 の電気推進アセンブリと前記第 3 の電気推進アセンブリとは、前記航空機の推進システム・バランス・ポイントについて、直径方向に対向しかつ同じ距離で配置される、電気動力推進システム。

【請求項 2】

前記推進システム・バランス・ポイントは、前記航空機の重心（CG）限界内に位置する、請求項 1 に記載の電気動力推進システム。

【請求項 3】

前記第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路、前記第 1 の 1 次コントローラ、前記第 1 の

50

1次巻線、前記第4の1次コントローラ、及び/又は、前記第4の1次巻線における短絡に  
 応答して、前記第1のバッテリーを前記第1のバッテリーの第1の電力分配回路から切断す  
 るように、前記第1のバッテリーの第1の接触器の動作を制御し、

前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路、前記第2の冗長コントローラ、前記第2の  
 冗長巻線、前記第3の冗長コントローラ、及び/又は、前記第3の冗長巻線における短絡  
 に応答して、前記第1のバッテリーを前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路から切断す  
 るように、前記第1のバッテリーの第2の接触器の動作を制御し、

前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路、前記第2の1次コントローラ、前記第2の  
 1次巻線、前記第3の1次コントローラ、及び/又は、前記第3の1次巻線における短絡  
 に応答して、前記第2のバッテリーを前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路から切断す  
 るように、前記第2のバッテリーの第1の接触器の動作を制御し、

10

前記第2のバッテリーの第2の電力分配回路、前記第1の冗長コントローラ、前記第1の  
 冗長巻線、前記第4の冗長コントローラ、及び/又は、前記第4の冗長巻線における短絡  
 に応答して、前記第2のバッテリーを前記第2のバッテリーの第2の電力分配回路から切断す  
 るように、前記第2のバッテリーの第2の接触器の動作を制御する  
 ように構成される制御システムをさらに備える、請求項1に記載の電気動力推進システム。

#### 【請求項4】

前記制御システムは、

前記第1のバッテリーの第1の接触器を開くことを補償するように前記第1の冗長コント  
 ローラ及び前記第4の冗長コントローラの動作を制御することと、

20

前記第2のバッテリーの第2の接触器を開くことを補償するように前記第1の1次コント  
 ローラ及び前記第4の1次コントローラの動作を制御することと、

前記第2のバッテリーの第1の接触器を開くことを補償するように前記第2の冗長コント  
 ローラ及び前記第3の冗長コントローラの動作を制御することと、

前記第1のバッテリーの第2の接触器を開くことを補償するように前記第2の1次コント  
 ローラ及び前記第3の1次コントローラの動作を制御することと、

のうちの少なくとも1つを達成するようにさらに構成される、請求項3に記載の電気動力  
 推進システム。

#### 【請求項5】

前記制御システムは、前記第1の1次コントローラ、前記第1の冗長コントローラ、前  
 記第2の1次コントローラ、前記第2の冗長コントローラ、前記第3の1次コントローラ  
 、前記第3の冗長コントローラ、前記第4の1次コントローラ、及び前記第4の冗長コン  
 トローラのうちの1以上の動作を制御して、前記第1のバッテリー及び前記第2のバッテリ  
 を同様の充電状態で維持するように構成される、  
 請求項4に記載の電気動力推進システム。

30

#### 【請求項6】

航空機のための電気動力推進システムであって、

第1のバッテリーと第2のバッテリーと、

第1のプロペラと、前記第1のプロペラを回転させる第1の駆動シャフトと、前記第1  
 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第1の1次巻線と、前記第1の駆動シャフ  
 トを回転させるように動作可能な第1の冗長巻線と、前記第1の1次巻線に駆動電流を供  
 給するように動作可能な第1の1次コントローラと、前記第1の冗長巻線に駆動電流を供  
 給するように動作可能な第1の冗長コントローラと、を備える第1の電気推進アセンブリ  
 と、

40

第2のプロペラと、前記第2のプロペラを回転させる第2の駆動シャフトと、前記第2  
 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第2の1次巻線と、前記第2の駆動シャフ  
 トを回転させるように動作可能な第2の冗長巻線と、前記第2の1次巻線に駆動電流を供  
 給するように動作可能な第2の1次コントローラと、前記第2の冗長巻線に駆動電流を供  
 給するように動作可能な第2の冗長コントローラと、を備える第2の電気推進アセンブリ  
 と、

50

第3のプロペラと、前記第3のプロペラを回転させる第3の駆動シャフトと、前記第3の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第3の1次巻線と、前記第3の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第3の冗長巻線と、前記第3の1次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第3の1次コントローラと、前記第3の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第3の冗長コントローラと、を備える第3の電気推進アセンブリと、

第4のプロペラと、前記第4のプロペラを回転させる第4の駆動シャフトと、前記第4の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第4の1次巻線と、前記第4の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第4の冗長巻線と、前記第4の1次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第4の1次コントローラと、前記第4の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第4の冗長コントローラと、を備える第4の電気推進アセンブリと、

10

前記第1のバッテリーを各々の前記第1の1次コントローラと前記第4の1次コントローラに結合し、前記第1のバッテリーを前記第1の冗長コントローラ、第4の冗長コントローラ、前記第2の電気推進アセンブリ、及び前記第3の電気推進アセンブリから絶縁する、第1のバッテリーの第1の電力分配回路と、

前記第1のバッテリーを各々の前記第2の冗長コントローラと前記第3の冗長コントローラに結合し、前記第1のバッテリーを前記第2の1次コントローラ、第3の1次コントローラ、前記第1の電気推進アセンブリ、及び前記第4の電気推進アセンブリから絶縁する、第1のバッテリーの第2の電力分配回路と、

20

前記第2のバッテリーを各々の前記第2の1次コントローラと前記第3の1次コントローラに結合し、前記第2のバッテリーを前記第2の冗長コントローラ、前記第3の冗長コントローラ、前記第1の電気推進アセンブリ、及び前記第4の電気推進アセンブリから絶縁する、第2のバッテリーの第1の電力分配回路と、

前記第2のバッテリーを各々の前記第1の冗長コントローラと前記第4の冗長コントローラに結合し、前記第2のバッテリーを前記第1の1次コントローラ、前記第4の1次コントローラ、前記第2の電気推進アセンブリ、及び前記第3の電気推進アセンブリから絶縁する、第2のバッテリーの第2の電力分配回路と、

前記第1のバッテリーの第1の電力分配回路を前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路に結合する第1のヒューズであって、前記第1のヒューズの飛びが、前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路を前記第1のバッテリーの第1の電力分配回路から絶縁する、第1のヒューズと、

30

前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路を前記第2のバッテリーの第2の電力分配回路に結合する第2のヒューズであって、前記第2のヒューズの飛びが、前記第2のバッテリーの第2の電力分配回路を前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路から絶縁する、第2のヒューズと、を備え、

前記第1の電気推進アセンブリと前記第4の電気推進アセンブリとは、前記航空機の推進システム・バランス・ポイントについて、直径方向に対向しかつ同じ距離で配置され、前記第2の電気推進アセンブリと前記第3の電気推進アセンブリとは、前記航空機の前記推進システム・バランス・ポイントについて、直径方向に対向しかつ同じ距離で配置される、電気動力推進システム。

40

【請求項7】

前記第1の電気推進アセンブリは、前記航空機の左翼に取り付けられ、前記第4の電気推進アセンブリは、前記航空機の右翼に取り付けられる、請求項6に記載の電気動力推進システム。

【請求項8】

前記第2の電気推進アセンブリは、前記航空機の前記右翼に取り付けられ、前記第3の電気推進アセンブリは、前記航空機の前記左翼に取り付けられる、請求項7に記載の電気動力推進システム。

【請求項9】

50

前記第 1 の 1 次巻線を介して前記第 1 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 1 の冗長コントローラの動作を制御することと、

前記第 1 の冗長巻線を介して前記第 1 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 1 の 1 次コントローラの動作を制御することと、

前記第 2 の 1 次巻線を介して前記第 2 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 2 の冗長コントローラの動作を制御することと、

前記第 2 の冗長巻線を介して前記第 2 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 2 の 1 次コントローラの動作を制御することと、

前記第 3 の 1 次巻線を介して前記第 3 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 3 の冗長コントローラの動作を制御することと、

10

前記第 3 の冗長巻線を介して前記第 3 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 3 の 1 次コントローラの動作を制御することと、

前記第 4 の 1 次巻線を介して前記第 4 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 4 の冗長コントローラの動作を制御することと、

前記第 4 の冗長巻線を介して前記第 4 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記第 4 の 1 次コントローラの動作を制御することと、

のうちの少なくとも 1 つを達成するように構成される制御システムをさらに備える、請求項 6 に記載の電気動力推進システム。

【請求項 10】

前記制御システムは、前記第 1 の 1 次コントローラ、前記第 1 の冗長コントローラ、前記第 2 の 1 次コントローラ、前記第 2 の冗長コントローラ、前記第 3 の 1 次コントローラ、前記第 3 の冗長コントローラ、前記第 4 の 1 次コントローラ、及び前記第 4 の冗長コントローラのうちの 1 以上の動作を制御して、前記第 1 のバッテリー及び前記第 2 のバッテリーを同様の充電状態で維持するように構成される、

20

請求項 9 に記載の電気動力推進システム。

【請求項 11】

前記推進システム・バランス・ポイントは、前記航空機の重心（CG）限界内に位置する、請求項 6 に記載の電気動力推進システム。

【請求項 12】

航空機に給電する方法であって、

30

第 1 のプロペラと、前記第 1 のプロペラを回転させる第 1 の駆動シャフトと、前記第 1 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 1 の 1 次巻線と、前記第 1 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 1 の冗長巻線と、前記第 1 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 1 の 1 次コントローラと、前記第 1 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 1 の冗長コントローラと、を備える第 1 の電気推進アセンブリを動作させるステップと、

第 2 のプロペラと、前記第 2 のプロペラを回転させる第 2 の駆動シャフトと、前記第 2 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 2 の 1 次巻線と、前記第 2 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 2 の冗長巻線と、前記第 2 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 2 の 1 次コントローラと、前記第 2 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 2 の冗長コントローラと、を備える第 2 の電気推進アセンブリを動作させるステップと、

40

第 3 のプロペラと、前記第 3 のプロペラを回転させる第 3 の駆動シャフトと、前記第 3 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 3 の 1 次巻線と、前記第 3 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 3 の冗長巻線と、前記第 3 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 3 の 1 次コントローラと、前記第 3 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 3 の冗長コントローラと、を備える第 3 の電気推進アセンブリを動作させるステップと、

第 4 のプロペラと、前記第 4 のプロペラを回転させる第 4 の駆動シャフトと、前記第 4 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 4 の 1 次巻線と、前記第 4 の駆動シャフ

50

トを回転させるように動作可能な第 4 の冗長巻線と、前記第 4 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 4 の 1 次コントローラと、前記第 4 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 4 の冗長コントローラと、を備える第 4 の電気推進アセンブリを動作させるステップと、

第 1 のバッテリーから前記第 1 及び第 4 の 1 次コントローラのそれぞれに第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路を介して電力を転送するステップと、

前記第 1 のバッテリーから前記第 2 及び第 3 の冗長コントローラのそれぞれに第 1 のバッテリーの第 2 の電力分配回路を介して電力を転送するステップと、

第 2 のバッテリーから前記第 2 及び第 3 の 1 次コントローラのそれぞれに第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路を介して電力を転送するステップと、

前記第 2 のバッテリーから前記第 1 及び第 4 の冗長コントローラのそれぞれに第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路を介して電力を転送するステップと、を含み、

前記第 1 の電気推進アセンブリと前記第 4 の電気推進アセンブリとは、前記航空機の推進システム・バランス・ポイントについて、直径方向に対向しかつ同じ距離で配置され、前記第 2 の電気推進アセンブリと前記第 3 の電気推進アセンブリとは、前記航空機の前記推進システム・バランス・ポイントについて、直径方向に対向しかつ同じ距離で配置される、方法。

#### 【請求項 1 3】

前記第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路、前記第 1 の 1 次コントローラ、前記第 1 の 1 次巻線、前記第 4 の 1 次コントローラ、及び / 又は、前記第 4 の 1 次巻線における短絡に  
20 応答して、前記第 1 のバッテリーを前記第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路から切断するように、制御システムによって第 1 のバッテリーの第 1 の接触器の動作を制御するステップと、

前記第 1 のバッテリーの第 2 の電力分配回路、前記第 2 の冗長コントローラ、前記第 2 の冗長巻線、前記第 3 の冗長コントローラ、及び / 又は、前記第 3 の冗長巻線における短絡に  
20 応答して、前記第 1 のバッテリーを前記第 1 のバッテリーの第 2 の電力分配回路から切断するように、前記制御システムによって第 1 のバッテリーの第 2 の接触器の動作を制御するステップと、

前記第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路、前記第 2 の 1 次コントローラ、前記第 2 の 1 次巻線、前記第 3 の 1 次コントローラ、及び / 又は、前記第 3 の 1 次巻線における短絡に  
30 応答して、前記第 2 のバッテリーを前記第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路から切断するように、前記制御システムによって第 2 のバッテリーの第 1 の接触器の動作を制御するステップと、

前記第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路、前記第 1 の冗長コントローラ、前記第 1 の冗長巻線、前記第 4 の冗長コントローラ、及び / 又は、前記第 4 の冗長巻線における短絡に  
30 応答して、前記第 2 のバッテリーを前記第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路から切断するように、前記制御システムによって第 2 のバッテリーの第 2 の接触器の動作を制御するステップと、

のうちの少なくとも 1 つをさらに含む、請求項 1 2 に記載の方法。

#### 【請求項 1 4】

前記第 1 の 1 次コントローラ、前記第 1 の冗長コントローラ、前記第 2 の 1 次コントローラ、前記第 2 の冗長コントローラ、前記第 3 の 1 次コントローラ、前記第 3 の冗長コントローラ、前記第 4 の 1 次コントローラ、及び前記第 4 の冗長コントローラのうちの 1 以上の動作を前記制御システムによって制御して、前記第 1 のバッテリー及び前記第 2 のバッテリーを同様の充電状態で維持するステップをさらに含む、請求項 1 3 に記載の方法。

#### 【請求項 1 5】

前記推進システム・バランス・ポイントは、前記航空機の重心 (CG) 限界内に位置する、請求項 1 2 に記載の方法。

#### 【請求項 1 6】

前記第 1 の 1 次巻線を介して前記第 1 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償す

10

20

30

40

50

るように、制御システムによって前記第 1 の冗長コントローラの動作を制御するステップと、

前記第 1 の冗長巻線を介して前記第 1 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、制御システムによって前記第 1 の 1 次コントローラの動作を制御するステップと、

前記第 2 の 1 次巻線を介して前記第 2 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、制御システムによって前記第 2 の冗長コントローラの動作を制御するステップと、

前記第 2 の冗長巻線を介して前記第 2 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記制御システムによって前記第 2 の 1 次コントローラの動作を制御するステップと、

10

前記第 3 の 1 次巻線を介して前記第 3 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記制御システムによって前記第 3 の冗長コントローラの動作を制御するステップと、

前記第 3 の冗長巻線を介して前記第 3 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記制御システムによって前記第 3 の 1 次コントローラの動作を制御するステップと、

前記第 4 の 1 次巻線を介して前記第 4 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記制御システムによって前記第 4 の冗長コントローラの動作を制御するステップと、

20

前記第 4 の冗長巻線を介して前記第 4 の駆動シャフトの駆動を減少させる障害を補償するように、前記制御システムによって前記第 4 の 1 次コントローラの動作を制御するステップと、

のうちの少なくとも 1 つをさらに備える、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 17】

航空機であって、

ロール軸を有する機体と、

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 1 の揚力を発生させるように動作可能である、第 1 の推進アセンブリであって、前記第 1 の推進アセンブリは、第 1 のプロペラと、前記第 1 のプロペラを回転させる第 1 の駆動シャフトと、前記第 1 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 1 の 1 次巻線と、前記第 1 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 1 の冗長巻線と、前記第 1 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 1 の 1 次コントローラと、前記第 1 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 1 の冗長コントローラと、を備える、第 1 の推進アセンブリと、

30

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 2 の揚力を発生させるように動作可能である、第 2 の推進アセンブリであって、前記第 2 の推進アセンブリは、第 2 のプロペラと、前記第 2 のプロペラを回転させる第 2 の駆動シャフトと、前記第 2 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 2 の 1 次巻線と、前記第 2 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 2 の冗長巻線と、前記第 2 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 2 の 1 次コントローラと、前記第 2 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 2 の冗長コントローラと、を備える、第 2 の推進アセンブリと、

40

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 3 の揚力を発生させるように動作可能である、第 3 の推進アセンブリであって、前記第 3 の推進アセンブリは、第 3 のプロペラと、前記第 3 のプロペラを回転させる第 3 の駆動シャフトと、前記第 3 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 3 の 1 次巻線と、前記第 3 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 3 の冗長巻線と、前記第 3 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 3 の 1 次コントローラと、前記第 3 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 3 の冗長コントローラと、を備える、第 3 の推進アセンブリと、

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 4 の揚力を発生させるように動作可能である、第 4 の推進アセンブリであって、前記第 4 の推進アセンブリは、第 4 のプロペラと

50

、前記第4のプロペラを回転させる第4の駆動シャフトと、前記第4の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第4の1次巻線と、前記第4の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第4の冗長巻線と、前記第4の1次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第4の1次コントローラと、前記第4の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第4の冗長コントローラと、を備える、第4の推進アセンブリと、

第1のバッテリーの第1の電力分配回路を介して第1及び第4の1次コントローラに接続される、第1のバッテリーであって、前記第1のバッテリーは、第1のバッテリーの第2の電力分配回路を介して前記第2及び第3の冗長コントローラに接続される、第1のバッテリーと、

第2のバッテリーの第1の電力分配回路を介して前記第2及び第3の1次コントローラに接続される、第2のバッテリーであって、前記第2のバッテリーは、第2のバッテリーの第2の電力分配回路を介して前記第1及び第4の冗長コントローラに接続される、第2のバッテリーと

10

を備え、

第1の推進アセンブリ、前記第2の推進アセンブリ、前記第3の推進アセンブリ、及び前記第4の推進アセンブリは、空間的に分散され、

前記第1のバッテリーから前記第1の推進アセンブリ、及び前記第4の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを結果的に生じさせるように、前記第1の揚力及び前記第4の揚力が、大きさにおいて等しく、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせられるように、前記第1の推進アセンブリ及び前記第4の推進アセンブリは動作可能であり、

20

前記第2のバッテリーから前記第2の推進アセンブリ、及び前記第3の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを結果的に生じさせるように、前記第2の揚力及び前記第3の揚力が、大きさにおいて等しく、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせられるように、前記第2の推進アセンブリ及び前記第3の推進アセンブリは動作可能である、航空機。

#### 【請求項18】

前記第1の推進アセンブリ、前記第2の推進アセンブリ、前記第3の推進アセンブリ、及び前記第4の推進アセンブリは、矩形アレイ状に空間的に配置される、請求項17に記載の航空機。

30

#### 【請求項19】

前記第1のバッテリーが前記第1のバッテリーの第1の電力分配回路と電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第1のバッテリーが前記第1のバッテリーの第1の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第1のバッテリーの第1のスイッチと、

前記第2のバッテリーが前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路と電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第2のバッテリーが前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第2のバッテリーの第1のスイッチと、

前記第1のバッテリーの第1のスイッチ及び前記第2のバッテリーの第1のスイッチの各々の動作を制御するように構成される制御システムであって、前記第1のバッテリーの第1の電力分配回路、前記第1の1次コントローラ、前記第1の1次巻線、前記第4の1次コントローラ、又は前記第4の1次巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第1のバッテリーの第1のスイッチに行わせ、前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路、前記第2の1次コントローラ、前記第3の1次コントローラ、又は前記第3の1次巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第2のバッテリーの第1のスイッチに行わせる、制御システムと

40

をさらに備える、請求項17に記載の航空機。

#### 【請求項20】

前記第1のバッテリーが前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路に電氣的に接続される

50

、閉じられた状態と、前記第 1 のバッテリーが前記第 1 のバッテリーの第 2 の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第 1 のバッテリーの第 2 のスイッチと、

前記第 2 のバッテリーが前記第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路に電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第 2 のバッテリーが前記第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第 2 のバッテリーの第 2 のスイッチと

をさらに備え、

前記制御システムは、前記第 1 のバッテリーの第 2 のスイッチ及び前記第 2 のバッテリーの第 2 のスイッチの各々の動作を制御するようにさらに構成され、

前記制御システムは、前記第 1 のバッテリーの第 2 の電力分配回路、前記第 2 の冗長コントローラ、前記第 2 の冗長巻線、前記第 3 の冗長コントローラ、又は前記第 3 の冗長巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第 1 のバッテリーの第 2 のスイッチに行わせ、

10

前記制御システムは、前記第 2 のバッテリーの第 2 の電力分配回路、前記第 1 の冗長コントローラ、前記第 1 の冗長巻線、前記第 4 の冗長コントローラ、又は前記第 4 の冗長巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第 2 のバッテリーの第 2 のスイッチに行わせる、請求項 19 に記載の航空機。

#### 【請求項 21】

前記制御システムは、前記第 1 の 1 次コントローラ、前記第 1 の冗長コントローラ、前記第 2 の 1 次コントローラ、前記第 2 の冗長コントローラ、前記第 3 の 1 次コントローラ、前記第 3 の冗長コントローラ、前記第 4 の 1 次コントローラ、及び前記第 4 の冗長コントローラのうちの 1 以上の動作を制御して、前記第 1 のバッテリー及び前記第 2 のバッテリーを同様の電荷の状態で維持するように構成される、

20

請求項 20 に記載の航空機。

#### 【請求項 22】

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 5 の揚力を発生させるように動作可能である、第 5 の推進アセンブリであって、前記第 5 の推進アセンブリは、第 5 のプロペラと、前記第 5 のプロペラを回転させる第 5 の駆動シャフトと、前記第 5 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 5 の 1 次巻線と、前記第 5 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 5 の冗長巻線と、前記第 5 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 5 の 1 次コントローラと、前記第 5 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 5 の冗長コントローラと、を備える、第 5 の推進アセンブリと、

30

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 6 の揚力を発生させるように動作可能である、第 6 の推進アセンブリであって、前記第 6 の推進アセンブリは、第 6 のプロペラと、前記第 6 のプロペラを回転させる第 6 の駆動シャフトと、前記第 6 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 6 の 1 次巻線と、前記第 6 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 6 の冗長巻線と、前記第 6 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 6 の 1 次コントローラと、前記第 6 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 6 の冗長コントローラと、を備える、第 6 の推進アセンブリと、

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 7 の揚力を発生させるように動作可能である、第 7 の推進アセンブリであって、前記第 7 の推進アセンブリは、第 7 のプロペラと、前記第 7 のプロペラを回転させる第 7 の駆動シャフトと、前記第 7 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 7 の 1 次巻線と、前記第 7 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 7 の冗長巻線と、前記第 7 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 7 の 1 次コントローラと、前記第 7 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 7 の冗長コントローラと、を備える、第 7 の推進アセンブリと、

40

前記機体と結合され、前記機体に付与される第 8 の揚力を発生させるように動作可能である、第 8 の推進アセンブリであって、前記第 8 の推進アセンブリは、第 8 のプロペラと、前記第 8 のプロペラを回転させる第 8 の駆動シャフトと、前記第 8 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 8 の 1 次巻線と、前記第 8 の駆動シャフトを回転させるように動作可能な第 8 の冗長巻線と、前記第 8 の 1 次巻線に駆動電流を供給するように動作可

50

能な第 8 の 1 次コントローラと、前記第 8 の冗長巻線に駆動電流を供給するように動作可能な第 8 の冗長コントローラと、を備える、第 8 の推進アセンブリと、

第 3 のバッテリーの第 1 の電力分配回路を介して前記第 5 及び第 8 の 1 次コントローラに接続される、第 3 のバッテリーであって、前記第 3 のバッテリーは、第 3 のバッテリーの第 2 の電力分配回路を介して前記第 6 及び第 7 の冗長コントローラに接続される、第 3 のバッテリーと、

第 4 のバッテリーの第 1 の電力分配回路を介して前記第 6 及び第 7 の 1 次コントローラに接続される、第 4 のバッテリーであって、前記第 4 のバッテリーは、第 4 のバッテリーの第 2 の電力分配回路を介して前記第 5 及び第 8 の冗長コントローラに接続される、第 4 のバッテリーと

をさらに備え、

第 5 の推進アセンブリ、前記第 6 の推進アセンブリ、前記第 7 の推進アセンブリ、及び前記第 8 の推進アセンブリは、空間的に分散され、

前記第 3 のバッテリーから前記第 5 の推進アセンブリ、及び前記第 8 の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを結果的に生じさせるように、前記第 5 の揚力及び前記第 8 の揚力が、大きさにおいて等しく、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせられるように、前記第 5 の推進アセンブリ及び前記第 8 の推進アセンブリは動作可能であり、

前記第 4 のバッテリーから前記第 6 の推進アセンブリ、及び前記第 7 の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを結果的に生じさせるように、前記第 6 の揚力及び前記第 7 の揚力が、大きさにおいて等しく、前記ロール軸の周りの、前記航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせられるように、前記第 6 の推進アセンブリ及び前記第 7 の推進アセンブリは動作可能である、請求項 17 に記載の航空機。

【請求項 23】

前記第 5 の推進アセンブリ、前記第 6 の推進アセンブリ、前記第 7 の推進アセンブリ、及び前記第 8 の推進アセンブリは、矩形アレイ状に空間的に配置される、請求項 22 に記載の航空機。

【請求項 24】

前記第 1 のバッテリーが前記第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路に電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第 1 のバッテリーが前記第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第 1 のバッテリーの第 1 のスイッチと、

前記第 2 のバッテリーが前記第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路に電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第 2 のバッテリーが前記第 2 のバッテリーの第 1 の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第 2 のバッテリーの第 1 のスイッチと、

前記第 3 のバッテリーが前記第 3 のバッテリーの第 1 の電力分配回路と電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第 3 のバッテリーが前記第 3 のバッテリーの第 1 の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第 3 のバッテリーの第 1 のスイッチと、

前記第 4 のバッテリーが前記第 4 のバッテリーの第 1 の電力分配回路と電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第 4 のバッテリーが前記第 4 のバッテリーの第 1 の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第 4 のバッテリーの第 1 のスイッチと、

前記第 1 のバッテリーの第 1 のスイッチ、前記第 2 のバッテリーの第 1 のスイッチ、前記第 3 のバッテリーの第 1 のスイッチ、及び前記第 4 のバッテリーの第 1 のスイッチの各々の動作を制御するように構成される制御システムと

をさらに備え、

前記制御システムは、前記第 1 のバッテリーの第 1 の電力分配回路、前記第 1 の 1 次コントローラ、前記第 1 の 1 次巻線、前記第 4 の 1 次コントローラ、又は前記第 4 の 1 次巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第 1 のバッテリーの第 1 のスイッチに行わせ、

10

20

30

40

50

前記制御システムは、前記第2のバッテリーの第1の電力分配回路、前記第2の1次コントローラ、前記第2の1次巻線、前記第3の1次コントローラ、又は前記第3の1次巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第2のバッテリーの第1のスイッチに行わせ、

前記制御システムは、前記第3のバッテリーの第1の電力分配回路、前記第5の1次コントローラ、前記第5の1次巻線、前記第8の1次コントローラ、又は前記第8の1次巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第3のバッテリーの第1のスイッチに行わせ、

前記制御システムは、前記第4のバッテリーの第1の電力分配回路、前記第6の1次コントローラ、前記第6の1次巻線、前記第7の1次コントローラ、又は前記第7の1次巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第4のバッテリーの第1のスイッチに行わせる、請求項23に記載の航空機。

10

【請求項25】

前記第1のバッテリーが前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路に電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第1のバッテリーが前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第1のバッテリーの第2のスイッチと、

前記第2のバッテリーが前記第2のバッテリーの第2の電力分配回路に電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第2のバッテリーが前記第2のバッテリーの第2の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第2のバッテリーの第2のスイッチと、

前記第3のバッテリーが前記第3のバッテリーの第2の電力分配回路に電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第3のバッテリーが前記第3のバッテリーの第2の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第3のバッテリー第2のスイッチと、

20

前記第4のバッテリーが前記第4のバッテリーの第2の電力分配回路に電氣的に接続される、閉じられた状態と、前記第4のバッテリーが前記第4のバッテリーの第2の電力分配回路から電氣的に切断される、開いた状態とを有する、第4のバッテリー第2のスイッチとをさらに備え、

前記制御システムは、前記第1のバッテリーの第2のスイッチ、前記第2のバッテリーの第2のスイッチ、前記第3のバッテリー第2のスイッチ、及び前記第4のバッテリー第2のスイッチの各々の動作を制御するようにさらに構成され、

前記制御システムは、前記第1のバッテリーの第2の電力分配回路、前記第1の冗長コントローラ、前記第1の冗長巻線、前記第4の冗長コントローラ、又は前記第4の冗長巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第1のバッテリーの第2のスイッチに行わせ、

30

前記制御システムは、前記第2のバッテリーの第2の電力分配回路、前記第2の冗長コントローラ、前記第2の冗長巻線、前記第3の冗長コントローラ、又は前記第3の冗長巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第2のバッテリーの第2のスイッチに行わせ、

前記制御システムは、前記第3のバッテリーの第2の電力分配回路、前記第5の冗長コントローラ、前記第5の冗長巻線、前記第8の冗長コントローラ、又は前記第8の冗長巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第3のバッテリー第2のスイッチに行わせ、

40

前記制御システムは、前記第4のバッテリーの第2の電力分配回路、前記第6の冗長コントローラ、前記第6の冗長巻線、前記第7の冗長コントローラ、又は前記第7の冗長巻線の検出される障害にตอบสนองして、前記閉じられた状態から前記開いた状態に再構成することを、前記第4のバッテリー第2のスイッチに行わせる、請求項24に記載の航空機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2020年10月27日に出願された米国仮特許出願第63/106,197号「VTOL AIRCRAFT FAN TILTING MECHANISMS A

50

ND ARRANGEMENTS」、及び、2021年3月16日に出願された米国非仮出願第17/202,855号「POWER DISTRIBUTION CIRCUITS FOR ELECTRICALLY POWERED AIRCRAFT」の優先権を主張するものであり、これらの出願は、あらゆる目的のために、これらの特許出願の全体が参照により本明細書に組み込まれている。

#### 【0002】

説明される実施例は、一般には、航空機のための電気動力推進システムに関する。より詳細には、説明される実施例は、電気動力航空機推進システムであって、その推進システム内の1つ又は複数の障害から結果的に生じる、航空機に付与される推進力において、バランスのとれた変化を提供する電力分配回路を含む、電気動力航空機推進システムに関する。

10

#### 【背景技術】

#### 【0003】

電気動力航空機は、信頼性及び操縦性のために、複数個の推進アセンブリを用いる推進システムを含み得る。しかしながら、複数個の推進アセンブリの使用によって、起こり得る障害点の数、並びに、関連付けられる安定性及び制御性への影響力が増大する。

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0004】

航空機のための電気動力推進システムであって、その推進システムの1つ又は複数の障害状況の結果として生起する安定性及び制御性への影響力が、航空機のロール、ピッチ、及び/又はヨーにおける大規模な変化を誘導しないということを確認するために、空間的に分散された推進アセンブリの間の電力のバランスのとれた分配が使用される、電気動力推進システムが提示される。結果として、航空機の継続した安全運転の確率が増大される。

20

#### 【0005】

1つの態様において、航空機のための電気動力推進システムは、バッテリーと、電気推進アセンブリと、電力分配回路とを含む。電力分配回路の各々は、電気推進アセンブリのうちの2つ以上に、バッテリーのうちの1つを結合する。バッテリーに結合される電気推進アセンブリは、航空機に、バランスのとれた力を付与するように、動作可能であり、航空機上に位置を定められる。例えば、いくつかの実施例において、バランスのとれた力は、航空機の重心(CG:center of gravity)限界内に位置する推進システム・バランス・ポイントについてバランスがとられる。多くの実施例において、推進システム・バランス・ポイントは、航空機の重心(CG)から相対的に小さい距離の中にあり、その重心の場所は、積載荷重及び燃料の大きさ及び分散における変動に起因して変化し得る。多くの実施例において、各電力分配回路は、1つ又は複数の障害状況が、電気推進アセンブリのうちの2つ以上が航空機に、バランスのとれた力を付与することを中止することを結果的に生じさせるように構成され、そのことは、以て、航空機のロール、ピッチ、及び/又はヨーにおける実質的な変化を誘導しない、結果的に生じる、バランスのとれた安定性及び制御性への影響力を確認にする。

30

40

#### 【0006】

いくつかの実施例において、バッテリーと結合される2つ以上の電気推進アセンブリは、航空機の重心(CG)限界内に配設される航空機の推進システム・バランス・ポイントについて、互いから直径方向に対向する(diametrically opposed)、2つの電気推進アセンブリを含む。推進システム・バランス・ポイントは、航空機の重心(CG)に近く、又は、その重心上に位置し得る。様々な実施例において、電気推進アセンブリは、推進システム・バランス・ポイントについてバランスがとられた、航空機への力を付与するように動作可能であり、配置される4つの電気推進アセンブリを含む。いくつかの実施例において、電気動力推進システムは、接触器(例えば、電気リレー・スイッチ)をさらに含む。接触器の各々は、各それぞれのバッテリーと、各それぞれの被絶縁電

50

力分配回路との間に結合され得る。様々な実施例において、電気推進アセンブリのうちの少なくとも1つは、1次コントローラと、1次巻線と、冗長コントローラと、冗長巻線とを含む。1次コントローラは、1次巻線に結合される。冗長コントローラは、冗長巻線に結合される。

【0007】

いくつかの実施例において、バッテリーのうちの第1のバッテリーが、第1の推進アセンブリの1次コントローラに電氣的に結合され、バッテリーのうちの第2のバッテリーが、第1の推進アセンブリの冗長コントローラに電氣的に結合される。様々な実施例において、電気動力推進システムは、ヒューズをさらに含む。ヒューズの各々は、被絶縁電力分配回路の一部又はすべてが一体に電氣的に結合されるように、被絶縁電力分配回路のうちの2つを一体に結合し得る。

10

【0008】

別の態様において、航空機のための電気動力推進システムは、第1のバッテリーと、第2のバッテリーと、第1の電気推進アセンブリと、第2の電気推進アセンブリと、第3の電気推進アセンブリと、第4の電気推進アセンブリと、第1の被絶縁電力分配回路と、第2の被絶縁電力分配回路とを含む。第1の電気推進アセンブリは、第1の力を発生させる。第2の電気推進アセンブリは、第2の力を発生させる。第1の力及び第2の力は、航空機に対しての重心限界内に位置する推進システム・バランス・ポイントについてバランスをとられ得る。第3の電気推進アセンブリは、第3の力を発生させる。第4の電気推進アセンブリは、第4の力を発生させる。第3の力及び第4の力は、推進システム・バランス・ポイントについてバランスをとられ得る。第1の被絶縁電力分配回路は、第1の電気推進アセンブリ及び第2の電気推進アセンブリに第1のバッテリーを結合する。第2の被絶縁電力分配回路は、第3の電気推進アセンブリ及び第4の電気推進アセンブリに第2のバッテリーを結合する。

20

【0009】

いくつかの実施例において、第1の電気推進アセンブリは、航空機の第1の翼に取り付けられ、第2の電気推進アセンブリは、航空機の第2の翼に取り付けられる。様々な実施例において、第3の電気推進アセンブリは、航空機の第1の翼に取り付けられ、第4の電気推進アセンブリは、航空機の第2の翼に取り付けられる。いくつかの実施例において、第1の被絶縁電力分配回路及び第2の被絶縁電力分配回路は、1次被絶縁電力分配回路である。電気動力推進システムは、第1の冗長電力分配回路と、第2の冗長電力分配回路とをさらに含む。第1の冗長電力分配回路は、第1の電気推進アセンブリ及び第2の電気推進アセンブリに第3のバッテリーを結合し得る。第2の冗長被絶縁電力分配回路は、第3の電気推進アセンブリ及び第4の電気推進アセンブリに第4のバッテリーを結合し得る。

30

【0010】

いくつかの実施例において、第1の被絶縁電力分配回路は、第1の電気推進アセンブリの1次コントローラに結合され、第2の被絶縁電力分配回路は、第2の電気推進アセンブリの1次コントローラに結合され、第1の冗長被絶縁電力分配回路は、第1の電気推進アセンブリの冗長コントローラに結合され、第2の冗長被絶縁電力分配回路は、第2の電気推進アセンブリの冗長コントローラに結合される。いくつかの実施例において、第1、第2、第3、及び第4の電気推進アセンブリのうちの少なくとも1つは、1次コントローラと、1次巻線と、冗長コントローラと、冗長巻線とを含む。1次コントローラは、1次巻線に結合される。冗長コントローラは、冗長巻線に結合される。様々な実施例において、電気動力推進システムは、第2の被絶縁電力分配回路に第1の被絶縁電力分配回路を結合するヒューズをさらに含む。

40

【0011】

別の態様において、航空機に給電する方法は、第1のバッテリーに結合される第1の被絶縁電力分配回路を介して第1及び第2の電気推進アセンブリに電力を提供するステップを含む。第1及び第2の電気推進アセンブリが、航空機に対しての重心限界内に配設される推進システム・バランス・ポイントに関してバランスがとられた、それぞれの力を付与す

50

るように、第1の電気推進アセンブリは、航空機の左翼に取り付けられ、第2の電気推進アセンブリは、航空機の右翼に取り付けられる。様々な実施例において、航空機に給電する方法は、第2のバッテリーに結合される第2の被絶縁電力分配回路を介して第3及び第4の電気推進アセンブリに電力を提供するステップをさらに含む。第3及び第4の電気推進アセンブリが、推進システム・バランス・ポイントに関してバランスがとられた、それぞれの力を付与するように、第3の電気推進アセンブリは、動作可能であり、航空機の左翼に取り付けられ、第4の電気推進アセンブリは、動作可能であり、航空機の右翼に取り付けられる。

#### 【0012】

いくつかの実施例において、第1及び第2の被絶縁電力分配回路は、1次被絶縁電力分配回路である。方法は、(a)第3のバッテリーに結合される第1の冗長被絶縁電力分配回路を介して第1及び第2の電気推進アセンブリに電力を提供するステップと、(b)第4のバッテリーに結合される第2の冗長被絶縁電力分配回路を介して第3及び第4の電気推進アセンブリに電力を提供するステップとをさらに含み得る。様々な実施例において、方法は、接触器(例えば、電気リレー・スイッチ)を用いる。収縮器の各々は、各それぞれのバッテリーと、各それぞれの被絶縁電力分配回路との間に結合され得る。いくつかの実施例において、第1、第2、第3、及び第4の電気推進アセンブリのうちの少なくとも1つは、1次コントローラと、1次巻線と、冗長コントローラと、冗長巻線とを含む。1次コントローラは、1次巻線に結合される。冗長コントローラは、冗長巻線に結合される。様々な実施例において、方法は、第2の被絶縁電力分配回路に第1の被絶縁電力分配回路を結合するヒューズをさらに用いる。

#### 【0013】

別の態様において、航空機は、機体と、第1の推進アセンブリと、第2の推進アセンブリと、第3の推進アセンブリと、第4の推進アセンブリと、第1のバッテリーと、第2のバッテリーとを含む。機体は、ロール軸を有する。第1の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第1の揚力を発生させるように動作可能である。第2の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第2の揚力を発生させるように動作可能である。第3の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第3の揚力を発生させるように動作可能である。第4の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第4の揚力を発生させるように動作可能である。第1のバッテリーは、第1の揚力を発生させるために第1の推進アセンブリに電力を供給するために第1の推進アセンブリに接続され、第3の揚力を発生させるために第3の推進アセンブリに電力を供給するために第3の推進アセンブリに接続される。第2のバッテリーは、第2の揚力を発生させるために第2の推進アセンブリに電力を供給するために第2の推進アセンブリに接続され、第4の揚力を発生させるために第4の推進アセンブリに電力を供給するために第4の推進アセンブリに接続される。第1の推進アセンブリ、第2の推進アセンブリ、第3の推進アセンブリ、及び第4の推進アセンブリは、空間的に分散される。第1のバッテリーから第1の推進アセンブリへの、及び第3の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、ロール軸の周りの、航空機に付与されるロール・モーメントにおける実質的にゼロの変化を結果的に生じさせるように、第1の揚力及び第3の揚力が、大きさにおいて等しく、ロール軸の周りの、航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせられるように、第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリは動作可能である。第2のバッテリーから第2の推進アセンブリへの、及び第4の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、ロール軸の周りの、航空機に付与されるロール・モーメントにおける実質的にゼロの変化を結果的に生じさせるように、第2の揚力及び第4の揚力が、大きさにおいて等しく、ロール軸の周りの、航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせられるように、第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリは動作可能である。

#### 【0014】

第1の推進アセンブリ、第2の推進アセンブリ、第3の推進アセンブリ、及び第4の推

進アセンブリは、任意の適した空間的配置を有し得る。例えば、いくつかの実施例において、第1の推進アセンブリ、第2の推進アセンブリ、第3の推進アセンブリ、及び第4の推進アセンブリは、矩形アレイ状に空間的に配置される。

【0015】

いくつかの実施例において、航空機は、第1のバッテリーの第1のスイッチと、第2のバッテリーの第1のスイッチと、制御システムとをさらに含む。第1のバッテリーの第1のスイッチは、第1のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第1のバッテリーの第1のスイッチは、第1のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第2のバッテリーの第1のスイッチは、第2のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第2のバッテリーの第1のスイッチは、第2のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。制御システムは、第1のバッテリーの第1のスイッチ及び第2のバッテリーの第1のスイッチの各々の動作を制御するように構成される。制御システムは、第1の推進アセンブリ又は第3の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第1のバッテリーの第1のスイッチに行わせる。制御システムは、第2の推進アセンブリ又は第4の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第2のバッテリーの第1のスイッチに行わせる。

10

【0016】

いくつかの実施例において、航空機は、第1のバッテリーの第2のスイッチと、第2のバッテリーの第2のスイッチとをさらに含む。第1のバッテリーの第2のスイッチは、第1のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第1のバッテリーの第2のスイッチは、第1のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第2のバッテリーの第2のスイッチは、第2のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第2のバッテリーの第2のスイッチは、第2のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。制御システムは、第1のバッテリーの第2のスイッチ及び第2のバッテリーの第2のスイッチの各々の動作を制御するようにさらに構成される。制御システムは、第2の推進アセンブリ又は第4の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第1のバッテリーの第2のスイッチに行わせる。制御システムは、第1の推進アセンブリ又は第3の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第2のバッテリーの第2のスイッチに行わせる。

20

30

【0017】

いくつかの実施例において、第1、第2、第3、及び第4の推進アセンブリは、1次及び2次の駆動電流コントローラ及び関連付けられる駆動コイルを用いる。例えば、いくつかの実施例において、第1の推進アセンブリ、第2の推進アセンブリ、第3の推進アセンブリ、及び第4の推進アセンブリの各々は、1次駆動電流コントローラと、1次駆動コイルと、2次駆動電流コントローラと、2次駆動コイルとを含む。1次駆動電流コントローラの各々は、関連付けられる1次駆動コイルへの駆動電流の供給を制御する。2次駆動電流コントローラの各々は、関連付けられる2次駆動コイルへの駆動電流の供給を制御する。第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリの各々の1次駆動電流コントローラは、第1のバッテリーから電力を受け取るために、第1のバッテリーの第1のスイッチに電氣的に接続される。第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリの各々の1次駆動電流コントローラは、第2のバッテリーから電力を受け取るために、第2のバッテリーの第1のスイッチに電氣的に接続される。第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリの各々の2次駆動電流コントローラは、第2のバッテリーから電力を受け取るために、第2のバッテリーの第2のスイッチに電氣的に接続される。第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリ

40

50

りの各々の2次駆動電流コントローラは、第1のバッテリーから電力を受け取るために、第1のバッテリーの第2のスイッチに電氣的に接続される。

【0018】

いくつかの実施例において、航空機は、第5の推進アセンブリと、第6の推進アセンブリと、第7の推進アセンブリと、第8の推進アセンブリと、第3のバッテリーと、第4のバッテリーとをさらに含む。第5の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第5の揚力を発生させるように動作可能である。第6の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第6の揚力を発生させるように動作可能である。第7の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第7の揚力を発生させるように動作可能である。第8の推進アセンブリは、機体と結合され、機体に付与される第8の揚力を発生させるように動作可能である。第3のバッテリーは、第5の揚力を発生させるために第5の推進アセンブリに電力を供給するために第5の推進アセンブリに接続され、第7の揚力を発生させるために第7の推進アセンブリに電力を供給するために第7の推進アセンブリに接続される。第4のバッテリーは、第6の揚力を発生させるために第6の推進アセンブリに電力を供給するために第6の推進アセンブリに接続され、第8の揚力を発生させるために第8の推進アセンブリに電力を供給するために第8の推進アセンブリに接続される。第5の推進アセンブリ、第6の推進アセンブリ、第7の推進アセンブリ、及び第8の推進アセンブリは、空間的に分散される。第3のバッテリーから第5の推進アセンブリへの、及び第7の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、ロール軸の周りの、航空機に付与されるロール・モーメントにおける実質的にゼロの変化を結果的に生じさせるように、第5の揚力及び第7の揚力が、大きさにおいて等しく、ロール軸の周りの、航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせるように、第5の推進アセンブリ及び第7の推進アセンブリは動作可能である。第4のバッテリーから第6の推進アセンブリへの、及び第8の推進アセンブリへの電力の供給の損失が、ロール軸の周りの、航空機に付与されるロール・モーメントにおける実質的にゼロの変化を結果的に生じさせるように、第6の揚力及び第8の揚力が、大きさにおいて等しく、ロール軸の周りの、航空機に付与される実質的にゼロのロール・モーメントを発生させるように組み合わせるように、第6の推進アセンブリ及び第8の推進アセンブリは動作可能である。いくつかの実施例において、第6の推進アセンブリ、第7の推進アセンブリ、及び第8の推進アセンブリは、矩形アレイ状に空間的に配置される。

【0019】

いくつかの実施例において、航空機は、第1のバッテリーの第1のスイッチと、第2のバッテリーの第1のスイッチと、第3のバッテリーの第1のスイッチと、第4のバッテリーの第1のスイッチと、制御システムとをさらに含む。第1のバッテリーの第1のスイッチは、第1のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第1のバッテリーの第1のスイッチは、第1のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第2のバッテリーの第1のスイッチは、第2のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第2のバッテリーの第1のスイッチは、第2のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第3のバッテリーの第1のスイッチは、第3のバッテリーが第5の推進アセンブリ及び第7の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第3のバッテリーの第1のスイッチは、第3のバッテリーが第5の推進アセンブリ及び第7の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第4のバッテリーの第1のスイッチは、第4のバッテリーが第6の推進アセンブリ及び第8の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第4のバッテリーの第1のスイッチは、第4のバッテリーが第6の推進アセンブリ及び第8の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。制御システムは、第1のバッテリーの第1のスイッチ、第2のバッテリーの第1のスイッチ、第3のバッテリーの第1のスイッチ、及び第4のバッテリーの第1のスイッチの各々の動作を制御するように構成される。制御システムは、第1

の推進アセンブリ又は第3の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第1のバッテリーの第1のスイッチに行わせる。制御システムは、第2の推進アセンブリ又は第4の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第2のバッテリーの第1のスイッチに行わせる。制御システムは、第5の推進アセンブリ又は第7の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第3のバッテリーの第1のスイッチに行わせる。制御システムは、第6の推進アセンブリ又は第8の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第4のバッテリーの第1のスイッチに行わせる。

【0020】

いくつかの実施例において、航空機は、第1のバッテリーの第2のスイッチと、第2のバッテリーの第2のスイッチと、第3のバッテリー第2のスイッチと、第4のバッテリー第2のスイッチとをさらに含む。第1のバッテリーの第2のスイッチは、第1のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第1のバッテリーの第2のスイッチは、第1のバッテリーが第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第2のバッテリーの第2のスイッチは、第2のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第2のバッテリーの第2のスイッチは、第2のバッテリーが第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第3のバッテリー第2のスイッチは、第3のバッテリーが第6の推進アセンブリ及び第8の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第3のバッテリー第2のスイッチは、第3のバッテリーが第6の推進アセンブリ及び第8の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。第4のバッテリー第2のスイッチは、第4のバッテリーが第5の推進アセンブリ及び第7の推進アセンブリと電氣的に接続される、閉じられた状態を有する。第4のバッテリー第2のスイッチは、第4のバッテリーが第5の推進アセンブリ及び第7の推進アセンブリから電氣的に切断される、開いた状態を有する。制御システムは、第1のバッテリーの第2のスイッチ、第2のバッテリーの第2のスイッチ、第3のバッテリー第2のスイッチ、及び第4のバッテリー第2のスイッチの各々の動作を制御するようにさらに構成される。制御システムは、第2の推進アセンブリ又は第4の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第1のバッテリーの第2のスイッチに行わせる。制御システムは、第1の推進アセンブリ又は第3の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第2のバッテリーの第2のスイッチに行わせる。制御システムは、第6の推進アセンブリ又は第8の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第3のバッテリー第2のスイッチに行わせる。制御システムは、第5の推進アセンブリ又は第7の推進アセンブリの検出される障害にตอบสนองして、閉じられた状態から開いた状態に再構成することを、第4のバッテリー第2のスイッチに行わせる。

【0021】

航空機のいくつかの実施例において、第1の推進アセンブリ、第2の推進アセンブリ、第3の推進アセンブリ、第4の推進アセンブリ、第5の推進アセンブリ、第6の推進アセンブリ、第7の推進アセンブリ、及び第8の推進アセンブリの各々は、1次駆動電流コントローラと、1次駆動コイルと、2次駆動電流コントローラと、2次駆動コイルとを含む。1次駆動電流コントローラの各々は、関連付けられる1次駆動コイルへの駆動電流の供給を制御する。2次駆動電流コントローラの各々は、関連付けられる2次駆動コイルへの駆動電流の供給を制御する。第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリの各々の1次駆動電流コントローラは、第1のバッテリーから電力を受け取るために、第1のバッテリーの第1のスイッチに電氣的に接続される。第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリの各々の1次駆動電流コントローラは、第2のバッテリーから電力を受け取るために、第2のバッテリーの第1のスイッチに電氣的に接続される。第5の推進アセンブリ及び第7の

10

20

30

40

50

推進アセンブリの各々の1次駆動電流コントローラは、第3のバッテリーから電力を受け取るために、第3のバッテリーの第1のスイッチに電氣的に接続される。第6の推進アセンブリ及び第8の推進アセンブリの各々の1次駆動電流コントローラは、第4のバッテリーから電力を受け取るために、第4のバッテリーの第1のスイッチに電氣的に接続される。第1の推進アセンブリ及び第3の推進アセンブリの各々の2次駆動電流コントローラは、第2のバッテリーから電力を受け取るために、第2のバッテリーの第2のスイッチに電氣的に接続される。第2の推進アセンブリ及び第4の推進アセンブリの各々の2次駆動電流コントローラは、第1のバッテリーから電力を受け取るために、第1のバッテリーの第2のスイッチに電氣的に接続される。第5の推進アセンブリ及び第7の推進アセンブリの各々の2次駆動電流コントローラは、第4のバッテリーから電力を受け取るために、第4のバッテリー第2のスイッチに電氣的に接続される。第6の推進アセンブリ及び第8の推進アセンブリの各々の2次駆動電流コントローラは、第3のバッテリーから電力を受け取るために、第3のバッテリー第2のスイッチに電氣的に接続される。

10

#### 【0022】

本開示の性質及び利点をより良好に理解するために、後に続く説明、及び、付随する図を参照すべきである。しかしながら、図の各々は、単に例解の目的のために提供され、本開示の範囲の限界の定義として意図されるものではないということが理解されるべきである。また、通則として、及び、説明からそうではないことが明白でない限り、異なる図における要素が同一の参照番号を使用する場合、要素は、一般的には、機能又は目的において、同一、又は、少なくとも同様のいずれかである。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0023】

【図1A】本開示の実施例による垂直飛行構成における電気動力航空機の単純化された等角図である。

【図1B】本開示の実施例による水平飛行構成における電気動力航空機の単純化された等角図である。

【図2】図1A及び1Bにおいて示される電子動力航空機のための、6つの被絶縁1次電力分配回路と、6つの被絶縁冗長電力分配回路とを含む電気動力推進システムの単純化された概略図である。

【図3】バッテリー障害の影響を示す、図2において示される電気動力推進システムの概略図である。

30

【図4】接触器の障害、又は、電力分配バスにおける短絡の影響を示す、図2において示される電気動力推進システムの概略図である。

【図5】短絡したインバータ又はモータ巻線の影響を示す、図2において示される電気動力推進システムの概略図である。

【図6】急停止したモータの影響を示す、図2において示される電気動力推進システムの概略図である。

【図7】図1A及び1Bにおいて示される電子動力航空機のための、6つの被絶縁1次電力分配回路を含み、冗長電力分配回路を含まない電気動力推進システムの単純化された概略図である。

40

【図8】図1A及び1Bにおいて示される電子動力航空機のための、共通電力バスを形成するためにヒューズを介して一体に結合される、6つの1次電力分配回路と、6つの冗長電力分配回路とを含む電気動力推進システムの単純化された概略図である。

【図9】図1A及び1Bにおいて示される電子動力航空機のための、共通電力バスを形成するためにヒューズを介して一体に結合される、6つの被絶縁1次電力分配回路を含む電気動力推進システムの単純化された概略図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0024】

本明細書において開示されるシステム及び技法は、一般的には、電気動力垂直離着陸(VTOL: vertical takeoff and landing)航空機に関する

50

。より具体的には、本明細書において開示されるシステム及び技法は、V T O L 航空機のための電気動力推進システム及び方法であって、その電気動力推進システムにおける1つ又は複数の障害が、航空機のロール、ピッチ、及び/又はヨーにおける不安定な変化を結果的に生じさせないように、バッテリーからの電力が複数個の推進アセンブリに分配される、電気動力推進システム及び方法に関する。多くの実施例において、推進システムの1つ又は複数の障害状況が、対応するカウンタ・balancing推進力の損失を結果的に生じさせ、以て、航空機のロール、ピッチ、及び/又はヨーにおける何らかの不安定な変化を生み出さないように、各バッテリーは、関連付けられる電力分配回路を介して、カウンタ・balancing推進力を発生させ付与するように動作可能である、航空機の推進アセンブリのサブセットに電力を供給する。方法、プロセス、システム、デバイス、及び類するものを含む、様々な発明性のある実施例が、本明細書において説明される。

10

**【0025】**

本開示による電気動力航空機のための電力分配システムの特徴部及び態様をより良好に認識するために、本開示に対してのさらなる背景状況が、本開示の実施例による電気動力垂直離着陸(V T O L)航空機の個別の実装形態を論考することにより、後に続くセクションにおいて提供される。これらの実施例は、単に実例のためのものであり、電力分配システムは、本明細書において描写されるもの以外のタイプの電気動力乗物において用いられ得る。

**【0026】**

いくつかの例解的な実施例が、今から、本明細書の部分を形成する付随する図面について説明されることになる。後続の説明は、単に実施例を提供し、本開示の範囲、適用可能性、又は構成を制限することを意図されない。むしろ、実施例の後続の説明は、1つ又は複数の実施例を実現するための実施可能な程度の説明を当業者に提供することになる。様々な変更が、本開示の趣旨及び範囲から逸脱することなく、要素の機能及び配置においてなされることがあるということが理解される。後に続く説明において、解説の目的のために、特定の詳細が、ある決まった発明性のある実施例の徹底した理解をもたらすために論述される。しかしながら、様々な実施例が、これらの特定の詳細なしに実践されることがあるということが明らかになる。図及び説明は、限定的であることを意図されない。単語「実例」又は「例示的」は、本明細書において、「一実例、用例、又は例解として役立つ」を意味するように使用される。「例示的」又は「実例」として本明細書において説明されるいかなる実施例又は設計も、他の実施例又は設計にまさって、好まれる、又は有利であると解されることには必ずしもならない。

20

30

**【0027】**

図1A及び1Bは、本開示の実施例による、12個のティルティング電子推進アセンブリ105(1)~105(12)を伴う電気動力V T O L 航空機100の単純化された等角図面を描写する。より具体的には、図1Aは、垂直飛行構成における航空機100を描写し、図1Bは、水平飛行構成における航空機100を描写する。

**【0028】**

図1A及び1Bにおいて示されるように、いくつかの実施例において、航空機100は、1つ又は複数の乗員及び/又は荷物を運ぶように構成されることがあり、自動的に、及び/又はリモートで制御されることがある(例えば、航空機を運転するための機上のパイロットを要さないことがある)。示される実例において、航空機100は、乗員及び/又は荷物を運ぶための機室セクションを含むことがある胴体110を含む。推進アセンブリ105(1)~105(12)は、ブーム115の対向する端部に装着されることがある。1つ又は複数のブーム115は、航空機100が任意の数の推進アセンブリ105を有することを可能にするように、航空機100の各翼120、125に結合されることがある。例えば、各翼120、125は、3つのブーム115を含み、各ブームが、その上に装着されるティルティング電子推進アセンブリ105の対を含むことがある。

40

**【0029】**

航空機100は、3つの相互に直角をなす座標軸X、Y、及びZを使用して図1A及び

50

1 Bにおいて例解され、それらの座標軸の交差部に、航空機100に対しての推進システム・バランス・ポイント130がある。多くの実施例において、推進システム・バランス・ポイント130は、航空機100の重心限界内に位置し、航空機重心(CG)から相対的に小さい距離内に位置し得る。知られているように、航空機の重心(CG)の場所は、典型的には、積載荷重細目(例えば、燃料、乗員、荷物、その他)の数量及び場所における違いに起因して変動する。航空機100の運転中の、航空機100に係のある重心(CG)の場所の変動は、典型的には、航空機100に係のある重心(CG)の場所が、規定された限界の中で保たれるように、該当する耐空規則によって制約される。多くの実施例において、推進システム・バランス・ポイント130は、本明細書においてさらに説明されるように、1つ又は複数の推進システム障害から結果的に生じる、航空機ロール、ピッチ、及びノ又はヨーにおける変化を最小化するように、重心(CG)の規定された場所的限界の中の適した場所に位置する。

10

#### 【0030】

航空機100は、各座標軸方向における力 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ と、各座標軸に関するモーメント $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ とを含む6つの自由度を有する。航空機100は、右翼120に対向する左翼125を含み、それらの翼は、両方が胴体110に取り付けられる。この実施例において、推進アセンブリ105は、左翼125上に等しい数、右翼120上に等しい数、各翼の前方において等しい数、及び、各翼の後方において等しい数である状態で、各翼120、125に沿って分散され、そのことは、以て、推進システム・バランス・ポイント130に関する推進アセンブリ105の等しい分散を結果的に生じさせる。本明細書において説明される電力分配手法と組み合わせられる、重心(CG)の規定された場所的限界内に位置する推進システム・バランス・ポイント130に関する推進アセンブリ105の等しい分散は、本明細書においてさらに説明されるように、1つ又は複数の推進システム障害から結果的に生じる、航空機ロール、ピッチ、及びノ又はヨーにおける変化を最小化するために使用され得る。

20

#### 【0031】

航空機100は、下記でより詳細に説明されるように、バッテリーから推進アセンブリ105に電力を送り出す電力分配システム(図1A及び1Bにおいて示されない)を含む。多くの実施例において、電力分配システムは、電力分配回路を含む。推進システムの対応する障害状況が生起する場合に、障害状況の結果として中断される、推進アセンブリから航空機に付与される力が、推進システム・バランス・ポイント130に関してバランスをとられ、又は実質的にバランスをとられ、そのことが、以て、航空機100に付与される力における、バランスのとれた低減を結果的に生じさせるように、電力分配回路の各々は、少なくとも1つのバッテリーから、推進システム・バランス・ポイント130に関してバランスのとれた推進アセンブリ105のうちの少なくとも2つに電力を分配する。例えば、例解される実施例において、推進アセンブリ105(1)及び105(12)は、1つの電力分配回路を介して電力を供給され得るものであり、推進アセンブリ105(6)及び105(7)は、異なる電力分配回路を介して電力を供給され得る。

30

#### 【0032】

いずれかの電力分配回路が障害を起こす場合に、例えば、図1Aにおいて示される構成において、航空機100は、Z軸に沿った力( $F_z$ )における変化を経験することになり、他の力又はモーメント( $F_x$ 、 $F_y$ 、 $M_x$ 、 $M_y$ 、又は $M_z$ )における結果的に生じる変化は、推進システム・バランス・ポイント130が航空機重心(CG)のすぐ近くであることに起因して相対的に小さく、そのことによって、航空機100の結果的に生じるロール、ピッチ、及びノ又はヨーは、従来の推進システムと比較して低減される。バランスのとれた推進アセンブリの他の実例は、他のものに加えて、2、11；5、8；3、10；4、9；1、6、7、12；2、5、8、11及び3、4、9、10である。当業者は、電子推進アセンブリ105の数及び場所が、図1A～1Bにおいて例解されるものに制限されないということ、並びに、航空機が、航空機上の他の位置に設けられる、より少ない、又はより多い推進アセンブリを含み得るということ、その他を認識することになる。

40

50

## 【 0 0 3 3 】

図 2 は、図 1 A 及び 1 B において例解される航空機 1 0 0 のための単純化された電力分配システム 2 0 0 を例解する。図 2 において示されるように、電力分配システム 2 0 0 は、下記でより詳細に説明されるように、1 2 個の被絶縁電力分配回路 2 0 5 ( 1 ) ~ 2 0 5 ( 1 2 ) を含み、それらの回路は各々、接触器 2 1 5 ( 1 ) ~ 2 1 5 ( 1 2 ) を通して、6 つのバッテリー 2 2 0 ( 1 ) ~ 2 2 0 ( 6 ) のうちの 1 つに結合され、推進システム・バランス・ポイント 1 3 0 ( 図 1 A、1 B を参照されたい) に関してバランスのとれた 2 つ以上の推進アセンブリ 1 0 5 に電力を供給するように配置される。より具体的には、この個別の実施例において、6 つの 1 次被絶縁電力分配回路 2 0 5 ( 1 ) ~ 2 0 5 ( 6 )、及び、6 つの冗長被絶縁電力分配回路 2 0 5 ( 7 ) ~ 2 0 5 ( 1 2 ) が存在する。各電力分配回路 2 0 5 は、推進アセンブリの、バランスのとれた対に電力を供給する。

10

## 【 0 0 3 4 】

例えば、1 次電力分配回路 2 0 5 ( 1 ) は、接触器 2 1 5 ( 1 ) を通してバッテリー 1 2 2 0 ( 1 ) に結合され、バランスのとれた推進アセンブリ 1 0 5 ( 1 ) 及び 1 0 5 ( 1 2 ) に電力を供給する。図 1 A 及び図 1 B において示されるように、推進アセンブリ 1 0 5 ( 1 ) 及び 1 0 5 ( 1 2 ) は、推進システム・バランス・ポイント 1 3 0 ( 図 1 A、1 B を参照されたい) に関してバランスがとられる。なぜならば、推進システム 1 0 5 ( 1 ) は、推進システム 1 0 5 ( 1 2 ) が C G から右翼 1 2 0 に沿ってあるのと同じ距離に、推進システム・バランス・ポイント 1 3 0 から左翼 1 2 5 ( 例えば、+ Y 軸) に沿ってあり、X 軸に関する、バランスのとれたモーメント  $M_x$  をもたらすからである。さらに、推進システム 1 0 5 ( 1 ) は、推進システム 1 0 5 ( 1 2 ) が C G の後方に ( - X 軸に沿って) あるのと同じ距離だけ、推進システム・バランス・ポイント 1 3 0 の前方に ( + X 軸に沿って) あり、Y 軸に関する、バランスのとれたモーメント  $M_y$  をもたらす。バランスのとれた推進アセンブリは、推進システム・バランス・ポイント 1 3 0 について「直径方向に対向する」とも呼ばれ得る。

20

## 【 0 0 3 5 】

この個別の実施例において、各推進システム 1 0 5 は、1 次巻線 2 3 0 ( 1 ) ~ 2 3 0 ( 1 2 ) に結合される 1 次コントローラ 2 2 5 ( 1 ) ~ 2 2 5 ( 1 2 ) と、冗長巻線 2 4 0 ( 1 ) ~ 2 4 0 ( 1 2 ) に結合される冗長コントローラ 2 3 5 ( 1 ) ~ 2 3 5 ( 1 2 ) とを含む。1 次巻線 2 3 0 ( 1 ) ~ 2 3 0 ( 1 2 ) 及び冗長巻線 2 4 0 ( 1 ) ~ 2 4 0 ( 1 2 ) は、各々、それぞれのプロペラ 2 5 0 ( 1 ) ~ 2 5 0 ( 1 2 ) を回転させるそれぞれのシャフト 2 4 5 ( 1 ) ~ 2 4 5 ( 1 2 ) に電力を結合する。一方のコントローラ又は巻線が障害を起こす場合に、シャフト 2 4 5 が、それでもなお他方のコントローラ及び巻線から  $1/2$  電力を受け取るように、1 次コントローラ 2 2 5 及び 1 次巻線 2 3 0 は、冗長コントローラ 2 3 5 及び冗長巻線 2 4 0 から電氣的に絶縁される。

30

## 【 0 0 3 6 】

例えば、推進システム 1 0 5 ( 1 ) は、1 次コントローラ 2 2 5 ( 1 ) 及び 1 次巻線 2 3 0 ( 1 ) に結合される 1 次電力分配回路 2 0 5 ( 1 ) を通してバッテリー 2 2 0 ( 1 ) から  $1/2$  電力を受け取り得るものであり、冗長コントローラ 2 3 5 ( 1 ) 及び冗長巻線 2 4 0 ( 1 ) に結合される冗長電力分配回路 2 0 5 ( 1 2 ) を通してバッテリー 2 2 0 ( 6 ) から  $1/2$  電力を受け取る。したがって、バッテリー 2 2 0 ( 1 ) が障害を起こす場合に、推進システム 1 0 5 ( 1 ) は、それでもなおバッテリー 6 2 2 0 ( 6 ) から  $1/2$  電力を受け取り得る。推進アセンブリ 1 0 5 ( 1 ) 及び 1 0 5 ( 1 2 ) はバランスがとられるので、各推進システムへの電力は同じであり得る。いくつかの実施例において、制御又はコンピューティング・システム 2 5 5 が、使用され、バッテリー 1 2 2 0 ( 1 ) の障害に起因する  $1/2$  電力の損失に対して補償するために、バッテリー 6 2 2 0 ( 6 ) から推進アセンブリ 1 0 5 ( 1 ) 及び 1 0 5 ( 1 2 ) に供給される電力を補償及びブーストし得る。

40

## 【 0 0 3 7 】

類する様式において、バッテリー 2 2 2 0 ( 2 ) は、1 次電力分配回路 2 0 5 ( 2 ) を通して推進アセンブリ 1 0 5 ( 2 ) 及び 1 0 5 ( 1 1 ) に電力を供給し、バッテリー 3 2

50

20(3)は、1次電力分配回路205(3)を通して推進アセンブリ105(3)及び105(10)に電力を供給し、バッテリー4 220(4)は、1次電力分配回路205(4)を通して推進アセンブリ105(4)及び105(9)に電力を供給し、バッテリー5 220(5)は、1次電力分配回路205(5)を通して推進アセンブリ105(5)及び105(8)に電力を供給し、バッテリー6 220(6)は、1次電力分配回路205(6)を通して推進アセンブリ105(6)及び105(7)に電力を供給する。

【0038】

この実施例において、6つの冗長電力分配回路205(7)~205(12)も存在する。バッテリー1 220(1)は、冗長電力分配回路205(7)を通して推進アセンブリ105(6)及び105(7)に電力を供給し、バッテリー2 220(2)は、冗長電力分配回路205(8)を通して推進アセンブリ105(5)及び105(8)に電力を供給し、バッテリー3 220(3)は、冗長電力分配回路205(9)を通して推進アセンブリ105(4)及び105(9)に電力を供給し、バッテリー4 220(4)は、冗長電力分配回路205(10)を通して推進アセンブリ105(3)及び105(10)に電力を供給し、バッテリー5 220(5)は、冗長電力分配回路205(5)を通して推進アセンブリ105(2)及び105(11)に電力を供給し、バッテリー6 220(6)は、冗長電力分配回路205(6)を通して推進アセンブリ105(1)及び105(12)に電力を供給する。本開示の利益を有する当業者により認識されるように、1次及び冗長電力分配回路並びに推進アセンブリの他の配置が、本開示の範囲の中にある。

【0039】

図2において示されるように、各1次及び冗長電力分配回路205は、それぞれの接触器215(1)~215(12)を介して、それぞれのバッテリー220に結合される。すなわち、各接触器215は、それぞれの電力分配回路205を介して、推進アセンブリ105の、バランスのとれた対に供給される電力を制御する。いくつかの実施例において、各接触器215は、電気機械式リレーであり、一方で、他の実施例において、その接触器は、1つ又は複数の固体スイッチを含むが、それらに制限されない、異なるデバイスであり得る。様々な実施例において、接触器215は、それぞれのバッテリー220内へと、又は、それぞれのバッテリー220から外に流れる電流を検知する電流検知回路によって制御され得る。電流が、あらかじめ決定されたしきい値に達するとき、接触器215は、開き得るものであり、バッテリー220とそれぞれの電力分配回路205との間の接続を断つ。単一の線により図2において示される各電力分配回路205は、少なくとも電力導体と接地導体とを含むDC回路を表している。いくつかの実施例において、共通接地導体が、2つ以上の電力分配回路205のために使用され得る。様々な実施例において、接触器215は、正又は接地導体のみとバッテリー220との間に位置を定められ得るものであり、一方で、他の実施例において、それらの接触器は、電力導体及び接地導体の両方の間に位置を定められ得る。さらなる実施例において、ヒューズが、接触器215の代わりに、又は、接触器に加えて使用され得る。

【0040】

いくつかの実施例において、制御システム255は、下記でより詳細に説明されるように、電力分配システム200の1つ又は複数の機能を制御するために、コントローラ225、235、接触器215、及び/又はバッテリー220に結合され得る。1つの実施例において、制御システム255は、同様の充電状態においてバッテリー220を維持するために、1つ又は複数のコントローラ225、235において調整をなし得る。より具体的には、いくつかの実施例において、1つ若しくは複数のバッテリー220は、(例えば、より古く、又は、より多くの放電サイクルを経験して)老朽化し、低減された充電容量を有することがあり、及び/又は、1つ若しくは複数のバッテリーは、充電されたばかりのバッテリーと取り替えられることがあり、そのことによって、バッテリーは、等しくない充電状態を有する。制御システム255は、各バッテリー220から、そのバッテリーの充電状態に関係付けられる情報を受け取り、1つ又は複数のコントローラ225、235の動作を調整することにより、各バッテリーから取り出される電力を調整し得る。

## 【 0 0 4 1 】

いくつかの実施例において、各コントローラ 2 2 5、2 3 5 は、電力分配回路 2 0 5 から DC 電力を受け取り、その DC 電力を、トルク、rpm、ブレード・ピッチ角、その他の見地において、モータ巻線 2 3 0、2 4 0 に供給される AC 電力に変換する、インバータを含む。様々な実施例において、各推進システム 1 0 5 は、AC モータを含み、しかしながら、他の実施例において、その推進システムは、単一のシャフトに結合される複数個のモータを含み得るものであり、さらなる実施例において、DC モータであり得る。図 1 A 及び 1 B において示されるような、いくつかの実施例において、航空機 1 0 0 は、過作動であり、すなわち、その航空機は、自由度（例えば、6）よりも多くの推進アセンブリ 1 0 5（例えば、1 2）を有し、それゆえに、制御システム 2 5 5 は、バッテリーのすべて

10

## 【 0 0 4 2 】

いくつかの実施例において、航空機 1 0 0 上の推進アセンブリ 1 0 5 の、バランスのとれた配置によって、横風及び他の状況中のバッテリー 2 2 0 の均一な放電が可能になる。例えば、図 1 A において示されるように、左から（例えば、推進アセンブリ 1 0 5（1）、1 0 5（7）から、推進アセンブリ 1 0 5（6）、1 0 5（1 2）の方に接近する横風は、推進アセンブリ 1 0 5（1）及び 1 0 5（7）からの電力取り出しが低減すること、並びに、推進アセンブリ 1 0 5（6）及び 1 0 5（1 2）からの電力取り出しが増大することを引き起こす。しかしながら、図 2 において示されるように、推進アセンブリ 1 0 5（1）及び 1 0 5（1 2）は、同じバッテリー（例えば、バッテリー 2 2 0（1）及び 2 2 0（6））に結合され、そうして、1 0 5（1 2）の増大される電力取り出しは、1 0 5（1）の減少される電力取り出しを相殺し、そうして、バッテリー 2 2 0（1）及び 2 2 0（6）は、バッテリー 2 2 0（2）～2 2 0（5）と相対的に同様の、放電の率を維持する。同様に、推進アセンブリ 1 0 5（6）及び 1 0 5（7）は、バランスがとられる。

20

## 【 0 0 4 3 】

いくつかの実施例において、電流が、短絡したバッテリーの事例において電力分配システムを保護するために、バッテリーから外に流れるのみで、バッテリー内へと流れ得ないように、1 つ又は複数のダイオードが、電力分配回路と直列に結合され得る。他の実施例において、電力分配システムによって、推進アセンブリが、（例えば、降下中に）エネルギーを発生させ、バッテリーに電力を転送する、回生充電が可能になる。

30

## 【 0 0 4 4 】

図 3～6 は、実例障害モードの際における電力分配システム 2 0 0 の動作を例解する。示されないが、他の障害モード、及び、電力分配システムによる障害モードへの応答が、本開示の範囲の中にある。図 3 は、図 2 において示される電力分配システム 2 0 0 を例解し、しかしながら、図 3 において、バッテリー 2 2 0（1）が、障害を起こしたように示される。図 3 において示されるように、1 次コントローラ 2 2 5（1）を介して推進システム 1 0 5（1）に、1 次コントローラ 2 2 5（1 2）を介して推進システム 1 0 5（1 2）に、冗長コントローラ 2 3 5（6）を介して推進システム 1 0 5（6）に、及び、冗長コントローラ 2 3 5（7）を介して推進システム 1 0 5（7）に、電力がもはや供給されないように、障害を起こしたバッテリー 2 2 0（1）は、接触器 2 1 5（1）及び接触器 2 1 5（7）が開くことを引き起こす。そうして、推進アセンブリ 1 0 5（1）、1 0 5（6）、1 0 5（7）、及び 1 0 5（1 2）は、それらの推進アセンブリがバッテリー 2 2 0（1）障害の前に受け取っていた電力の  $1/2$  を受け取り得る。

40

## 【 0 0 4 5 】

上記で説明されたように、いくつかの実施例において、制御システム 2 5 5 は、障害を

50

検出し、接触器 215(1)、215(7)を開き、航空機への100%電力を復旧するために、バッテリー220(6)から推進アセンブリ105(1)、105(6)、105(7)、及び105(12)への電力を直ちに増大し得る。代替法として、電力分配回路205の、バランスのとれた性質のために、制御システム255は、バッテリー220(1)からの電力損失全体に対して補償するために、推進アセンブリ105(1)及び105(12)への電力を増大し得るものであり、又は、代替法として、推進アセンブリ105(6)及び105(7)への電力を増大し得る。代替法として、制御システム255は、障害に対して補償するために、より複雑なアクションをとり、例えば、バッテリー220(2)から推進アセンブリ105(2)及び105(11)への電力を増大し得る。本開示の利益を有する当業者は、コントローラがバッテリー220(1)の損失に対して補償するために使用し得る、多くの異なる選択肢を認識することになる。

10

#### 【0046】

図4は、図2において示される電力分配システム200を例解し、しかしながら、図4において、バッテリー接触器215(1)が障害を起こしており、及び/又は、電力分配回路205(1)の中に短絡が存在する。図3において示されるように、接触器215(1)が、障害が検出されると開かれ得るものであり、そのことが、電力を供給する電力分配回路205(1)から、バランスのとれた推進アセンブリ105(1)及び105(12)への電力を断ち切る。このように、航空機100に対する電力は、バランスのとれた手法で低減される。接触器215(1)が障害とバッテリー220(1)との間の接続を断つので、バッテリーは、それでもなお、接触器215(7)を介して、電力分配回路205(7)、並びに、推進アセンブリ105(6)及び105(7)に電力を供給し得る。

20

#### 【0047】

図5は、図2において示される電力分配システム200を例解し、しかしながら、図5において、1次コントローラ225(1)及び/又は1次巻線230(1)が障害を起こしている。図5において示されるように、接触器215(1)が、障害が検出されると開かれ得るものであり、そのことが、電力分配回路205(1)から、及びバッテリー220(1)から、1次コントローラ225(1)及び1次巻線230(1)への電力を断ち切る。推進システム105(1)は、それでもなお、冗長電力分配回路205(12)を介してバッテリー220(6)から $1/2$ 電力を受け取り得る。

30

#### 【0048】

図6は、図2において示される電力分配システム200を例解し、しかしながら、図6において、第1の推進システム105(1)のシャフト245(1)が急停止している。図6において示されるように、接触器215(1)が、障害が検出されると開かれ得るものであり、そのことが、電力分配回路205(1)からの、及びバッテリー220(1)からの電力を断ち切る。同様に、接触器215(12)が開かれ得るものであり、そのことが、冗長電力分配回路205(12)からの、及びバッテリー220(6)からの電力を断ち切る。バランスのとれた配置のために、接触器215(1)、215(12)を開くことは、推進システム105(12)に送り出される電力の完全な損失も結果的に生じさせる。推進アセンブリ105(1)及び105(12)への電力の損失のバランスがとられるので、航空機100は、障害にตอบสนองして回転しないことになり、高度又は速度を失うのみであることになる。制御システム255は、上記で説明されたように、無数の手立てにおいて障害に対して補償し得る。

40

#### 【0049】

図7は、図2において示される電力分配システム200と同様である電力分配システム700を例解し、しかしながら、図7において、冗長電力分配回路205(7)~205(12)が除去されている。図7において示されるように、各推進システム705(1)~705(12)が、1次コントローラ225と、1次巻線230とのみを有する。1次電力分配回路205(1)~205(6)は、それでもなお、バランスのとれた手法で、推進アセンブリ105に電力を供給する。しかしながら、1次電力分配回路205(1)~205(6)が障害を起こす場合に、推進アセンブリ705に電力を供給することを継

50

続するための冗長電力分配回路は存在しない。例えば、バッテリー 220 (1) が障害を起こす場合に、接触器 215 (1) が開き、バランスのとれた推進アセンブリ 705 (1) 及び 705 (12) が、動作を中止する。制御システム 255 は、バッテリー 220 (6) から、バランスのとれた推進アセンブリ 705 (6) 及び 705 (7) への電力を増大することにより、又は、無数の他のアクションをとることにより補償し得る。

#### 【0050】

図 8 は、図 2 において示される電力分配システム 200 と同様である電力分配システム 800 を例解し、しかしながら、図 8 において、各 1 次電力分配回路 205 (1) ~ 205 (6)、及び、各冗長電力分配回路 205 (7) ~ 205 (12) が、ヒューズ 805 (1) ~ 805 (10) と一体に結合されている。図 8 において示されるように、第 1 のヒューズ 805 (1) が、第 1 及び第 2 の 1 次電力分配回路 205 (1)、205 (2) それぞれを結合し、第 2 のヒューズ 805 (2) が、第 2 及び第 3 の 1 次電力分配回路 205 (2)、205 (3) それぞれを結合し、同様の接続が、第 3 のヒューズから第 5 のヒューズ、805 (3) ~ 805 (5)、までそれぞれに対してなされる。同様に、冗長電力分配回路 205 (7) ~ 205 (12) が、第 1 及び第 2 の冗長電力分配回路 205 (7)、205 (8) それぞれを結合する第 6 のヒューズ 805 (6)、第 2 及び第 3 の冗長電力分配回路 205 (8)、205 (9) それぞれを結合する第 7 のヒューズ 805 (7) と一体に結合され、同様の接続が、第 8 のヒューズから第 10 のヒューズ、805 (8) ~ 805 (10)、までそれぞれに対してなされる。

#### 【0051】

ヒューズ 805 は、すべての電力分配回路 205 はすべて一体に電氣的に結合されるので、それらの電力分配回路が共通の電圧レベルを有することを結果的に生じさせる。この配置によって、バッテリー 220 の均一な放電、及び、共通バスに沿った電力共有が可能になる。例えばバッテリー 220 (2) といった、短絡したバッテリー障害の際に、第 1 のヒューズ 805 (1)、第 2 のヒューズ 805 (2)、第 6 のヒューズ 805 (6)、及び第 7 のヒューズ 805 (7) が飛び、そのことが、バッテリー 220 (3) ~ 220 (6) から第 1 のバッテリー 220 (1) を絶縁させる。本質的には、障害は、障害を起こした電力分配回路が、障害の両側のヒューズが飛ぶことの結果として「島になる」ことを引き起こす。いくつかの実施例において、1 次及び / 又は冗長電力分配回路から各バッテリーを切り離すために、図 2 において示されるように接触器が含まれ得る。

#### 【0052】

図 9 は、図 8 において示される電力分配システム 800、及び、図 2 において示される電力分配システム 200 と同様である電力分配システム 900 を例解し、しかしながら、図 9 において示されるように、各推進システム 905 が、1 次コントローラ 225 と、1 次巻線 230 とのみを有する。1 次電力分配回路 205 (1) ~ 205 (6) は、各々、共通バスを形成するためにヒューズ 805 (1) ~ 805 (5) を介して一体に結合され、バランスのとれた手法で、推進アセンブリ 905 に電力を供給する。ヒューズ 805 は、すべての電力分配回路 205 が、それらの電力分配回路がすべて一体に電氣的に結合されるので、共通の電圧レベルを有することを結果的に生じさせる。この配置によって、バッテリー 220 の均一な放電、及び、共通バスに沿った電力共有が可能になる。図 8 と同様に、障害の際に、障害を起こした電力分配回路及び / 又はバッテリーが、障害の両側の 1 つ又は複数のヒューズの飛びによって「島にされる」。いくつかの実施例において、1 次及び / 又は冗長電力分配回路から各バッテリーを切り離すために、図 2 において示されるように、接触器が含まれ得る。

#### 【0053】

航空機 100 (図 1 を参照されたい) は、航空機の 1 つの個別の構成として説明及び例解されるが、本開示の実施例は、多様な航空機による使用に適する。例えば、2 つ以上の電子推進アセンブリを使用する任意の航空機が、本開示の実施例によって使用され得る。一部の用例において、本開示の実施例は、信頼性に対しての必要性のために、1 人又は複

10

20

30

40

50

数の人を運ぶ航空機による使用に特に良好に適し、しかしながら、本明細書において開示される電力分配システムは、「有人」航空機に制限されず、任意のサイズの「有人」及び「無人」の任意の航空機において使用され得る。

【0054】

簡潔さのために、電力分配システムの、コンデンサ、電流検知回路、コントローラ詳細、プロセッサ通信バス、メモリ、記憶デバイス、及び他の構成要素などの、様々な電気構成要素は、図において示されない。

【0055】

前述の本明細書において、本開示の実施例は、実装形態ごとに変化し得る数多くの特定の詳細を参照して説明された。それに従って、本明細書及び図面は、限定的な観念よりもむしろ例解的な観念において考慮されるべきである。本開示の範囲の唯一且つ排他的な指標、及び、本開示の範囲であることを本出願人により意図されるものは、本出願から発行される請求項のセットであって、そのような請求項が発行する特定の形式におけるものであり、その後の訂正があればそれを含む、請求項のセットの、文言上の、及び均等な範囲である。個別の実施例の特定の詳細は、本開示の実施例の趣旨及び範囲から逸脱することなく、任意の適した様式において組み合わせられ得る。

【0056】

加えて、「下部又は「上部」及び類するものなどの、空間的な関係を表す用語は、例えば図において例解されるような、要素及び/又は特徴部の、別の要素及び/又は特徴部との関係性を説明するために使用され得る。空間的な関係を表す用語は、図において描写される向きに加えて、使用及び/又は動作におけるデバイスの異なる向きを包含することが意図されるということが理解されることになる。例えば、図におけるデバイスが逆さにされる場合に、「下部」表面と説明される要素は、他の要素又は特徴部の「上方」に向けられ得る。デバイスは、他の方向に向けられ(例えば、90度回転させられて、又は、他の向きにおいて)得るものであり、本明細書において使用される空間的な関係を表す記述語は、それに従って解釈され得る。

【0057】

添付される図を参照すると、メモリを含み得る構成要素(例えば、制御又はコンピューティング・システム255、コントローラ225、235、その他)は、非一時的機械可読媒体を含み得る。本明細書において使用される際の用語「機械可読媒体」及び「コンピュータ可読媒体」は、特定の方式において動作することを機械に行わせるデータを提供することに関与する任意の記憶媒体を指す。本明細書において上記で提供された実施例において、様々な機械可読媒体が、実行のためにプロセッサ及び/又は他のデバイスに命令/コードを提供することに関与することがある。加えて、又は代替法として、機械可読媒体は、そのような命令/コードを記憶及び/又は搬送するために使用されることがある。多くの実装形態において、コンピュータ可読媒体は、物理及び/又は有形記憶媒体である。そのような媒体は、不揮発性媒体、揮発性媒体、及び伝送媒体を含むが、それらに制限されない、多くの形式をとり得る。コンピュータ可読媒体の一般的な形式は、例えば、磁気及び/若しくは光学媒体、パンチ・カード、紙テープ、孔のパターンを伴う任意の他の物理媒体、RAM、プログラマブル読み出し専用メモリ(PROM: programmable read-only memory)、消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ(EPROM: erasable programmable read-only memory)、フラッシュEPROM、任意の他のメモリ・チップ若しくはカートリッジ、本明細書において以降で説明されるような搬送波、又は、コンピュータが命令及び/若しくはコードを読み出し得る任意の他の媒体を含む。

【0058】

本明細書において論考される方法、システム、及びデバイスは実例である。様々な実施例は、必要に応じて、様々な手順又は構成要素を、省く、置換する、又は追加することがある。用例として、ある決まった実施例について説明される特徴部は、様々な他の実施例において組み合わせられることがある。実施例の異なる態様及び要素は、同様の様式におい

10

20

30

40

50

て組み合わせられることがある。本明細書において提供される図の様々な構成要素は、ハードウェア及び/又はソフトウェアにおいて具現化され得る。また、技術は進化し、したがって、要素の多くは、それらの特定の事例に本開示の範囲を制限しない、事例である。

【0059】

そのような信号をビット、情報、値、要素、シンボル、文字、変数、項、番号、数字、又は類するものとして呼称することが、主として慣用の理由のために、時には好都合であることがわかっている。しかしながら、これら又は同様の用語のすべては、適切な物理量と関連付けられることになり、ただ単に好都合なラベルであるということが理解されるべきである。具体的に別段に説述されない限り、上記の論考から明らかであるように、本明細書の全体を通して、「処理する」、「計算する」、「算出する」、「決定する」、「確定する」、「識別する」、「関連付ける」、「測定する」、「遂行する」、又は類するものなどの用語を利用する論考は、専用コンピュータ、コントローラ、又は同様の専用電子コンピューティング・デバイスなどの特定の装置のアクション又はプロセスを指すということが認識される。それゆえに、本明細書の文脈において、専用コンピュータ又は同様の専用電子コンピューティング・デバイスは、専用コンピュータ又は同様の専用電子コンピューティング・デバイスの、メモリ、レジスタ、又は他の情報記憶デバイス、伝送デバイス、又は表示デバイスの中で、物理電子、電気、又は磁気量として典型的には表される信号を、操作又は転換する能力をもつ。

10

【0060】

当業者は、本明細書において説明されるメッセージを伝達するために使用される情報及び信号が、種々の異なる技術及び技法のうちの任意のものを使用して表されることがあるということを知ることになる。例えば、上記の説明の全体を通して言及されることがある、データ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、及びチップは、電圧、電流、電磁波、磁場若しくは磁性粒子、光学場若しくは光学粒子、又は、それらの任意の組合せにより表されることがある。

20

【0061】

用語「及び」、「又は」、及び「ある/又は」は、本明細書において使用される際、さらにはそのような用語が使用される文脈に少なくとも部分的に依存することも予想される、種々の意味合いを含むことがある。典型的には、A、B、又はCなどの、列挙を関連付けるために使用される場合の「又は」は、排他的な観念においてここでは使用されるA、B、又はCは無論のこと、包含的な観念においてここでは使用されるA、B、及びCを意味することが意図される。加えて、本明細書において使用される際、用語「1つ又は複数」は、単数における任意の特徴部、構造、若しくは特性を説明するために使用されることがあり、又は、特徴部、構造、若しくは特性の何らかの組合せを説明するために使用されることがある。しかしながら、このことは、ただ単に例解的な事例であり、特許請求される主題は、この事例に制限されないということが留意されるべきである。さらにまた、A、B、又はCなどの、列挙を関連付けるために使用される場合の用語「のうちの少なくとも1つ」は、A、B、C、AB、AC、BC、AA、AAB、ABC、AABBC、その他などの、A、B、及び/又はCの任意の組合せを意味すると解釈され得る。

30

【0062】

「1つの事例」、「一事例」、「ある決まった事例」、又は「例示的な実装形態」への、本明細書の全体を通しての言及は、特徴部及び/又は事例とのつながりにおいて説明される個別の特徴部、構造、又は特性が、特許請求される主題の少なくとも1つの特徴部及び/又は事例に含まれることがあるということの意味する。したがって、本明細書の全体を通しての様々な箇所における、語句「1つの事例において」、「一事例」、「ある決まった事例において」、「ある決まった実装形態において」、又は他の類する語句の出現は、必ずしもすべてが同じ特徴部、事例、及び/又は制限を指しているわけではない。さらにまた、個別の特徴部、構造、又は特性は、1つ又は複数の事例及び/又は特徴部において組み合わせられることがある。

40

【0063】

50

先の詳細な説明において、数多くの特定の詳細が、特許請求される主題の徹底した理解をもたらすために記載された。しかしながら、特許請求される主題は、これらの特定の詳細なしに実践されることがあるということが、当業者により理解されることになる。他の用例において、当業者により知られることになる方法及び装置は、特許請求される主題を不明瞭にしないように、詳細には説明されていない。それゆえに、特許請求される主題は、開示される個別の実例に制限されないということ、ただし、そのような特許請求される主題は、添付される特許請求の範囲の、範囲の中に当てはまるすべての態様、及び、それらの態様の均等物も含むことがあるということが意図される。

**【 0 0 6 4 】**

ファームウェア及び/又はソフトウェアを含む実装形態に対して、方法論は、本明細書において説明される機能を遂行するモジュール（例えば、手順、関数、等々）によって実現されることがある。命令を有形に具現化する任意の機械可読媒体が、本明細書において説明される方法論を実現することにおいて使用されることがある。例えば、ソフトウェア・コードが、メモリに記憶され、プロセッサ・ユニットにより実行されることがある。メモリは、プロセッサ・ユニットの中で、又は、プロセッサ・ユニットの外部で実現されることがある。本明細書において使用される際、用語「メモリ」は、長期、短期、揮発性、不揮発性、又は他のメモリの任意のタイプを指し、いかなる、メモリの個別のタイプのメモリ、又は、メモリの数、又は、メモリが記憶される媒体のタイプにも制限されるべきではない。

**【 0 0 6 5 】**

ファームウェア及び/又はソフトウェアにおいて実現される場合に、機能は、コンピュータ可読記憶媒体上に1つ又は複数の命令又はコードとして記憶され得る。実例は、データ構造によって符号化されるコンピュータ可読媒体、及び、コンピュータ・プログラムによって符号化されるコンピュータ可読媒体を含む。コンピュータ可読媒体は、物理コンピュータ記憶媒体を含む。記憶媒体は、コンピュータによりアクセスされ得る任意の利用可能な媒体であることがある。制限ではなく実例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、命令又はデータ構造の形式において所望されるプログラム・コードを記憶するために使用され得る、及び、コンピュータによりアクセスされ得る、RAM、ROM、EEPROM、コンパクト・ディスク読み出し専用メモリ（CD-ROM：compact disc read-only memory）若しくは他の光学ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置、半導体記憶装置、又は他の記憶デバイス、又は任意の他の媒体を含み得るものであり、ディスク（disk）及びディスク（disc）は、本明細書において使用される際、コンパクト・ディスク（CD）、レーザ・ディスク、光学ディスク、デジタル多用途ディスク（DVD：digital versatile disc）、フロッピー・ディスク、及びblu-rayディスクを含み、ディスク（disk）は、通常、磁気的にデータを再現し、一方で、ディスク（disc）は、レーザによって光学的にデータを再現する。上記の組合せも、コンピュータ可読媒体の範囲の中に含まれるべきである。

**【 0 0 6 6 】**

コンピュータ可読記憶媒体上での記憶に加えて、命令及び/又はデータは、通信装置に含まれる伝送媒体上の信号として提供されることがある。例えば、通信装置は、命令及びデータを指し示す信号を有するトランシーバを含むことがある。命令及びデータは、特許請求の範囲において概説される機能を実現することを1つ又は複数のプロセッサに行わせるように構成される。すなわち、通信装置は、開示される機能を遂行するための情報を指し示す信号を伴う伝送媒体を含む。第1の時間において、通信装置に含まれる伝送媒体は、開示される機能を遂行するための情報の第1の部分を含むことがあり、一方で、第2の時間において、通信装置に含まれる伝送媒体は、開示される機能を遂行するための情報の第2の部分を含むことがある。

10

20

30

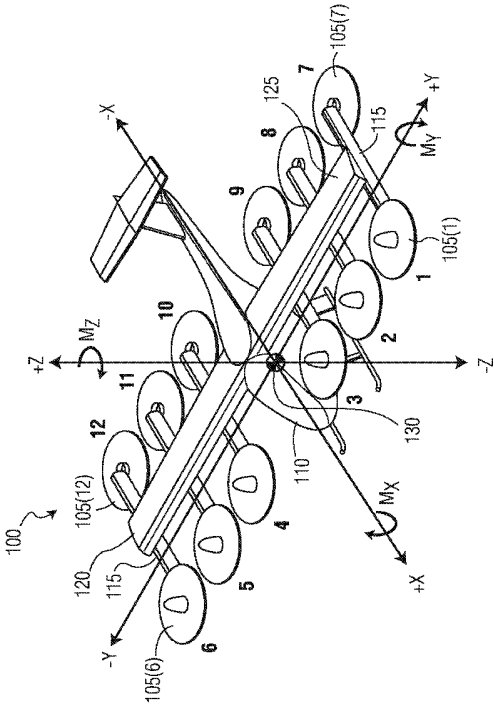
40

50

【 図面 】

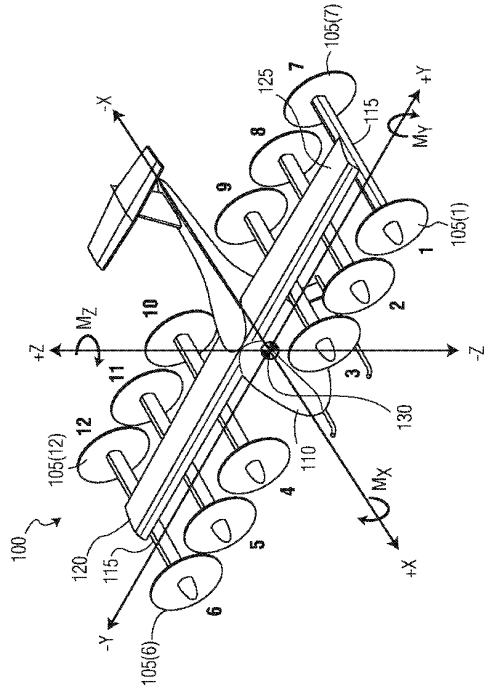
【 図 1 A 】

FIG. 1A

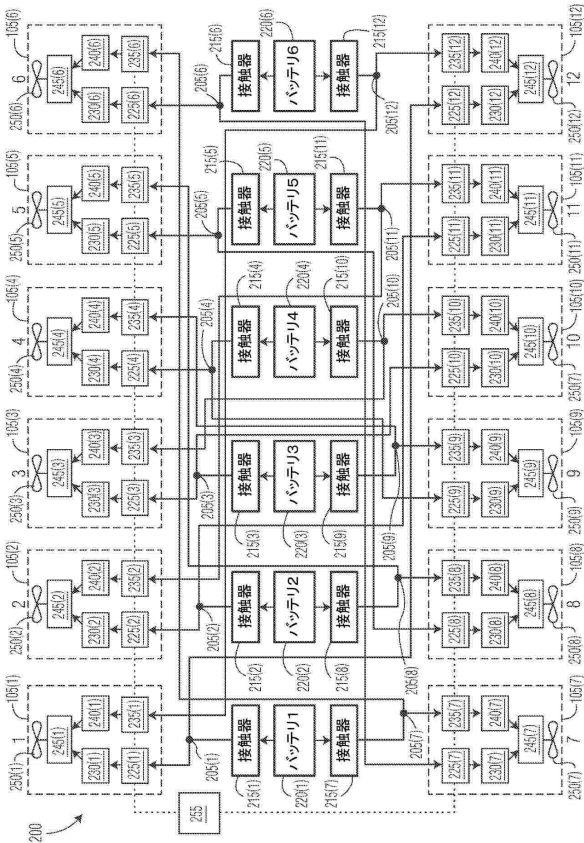


【 図 1 B 】

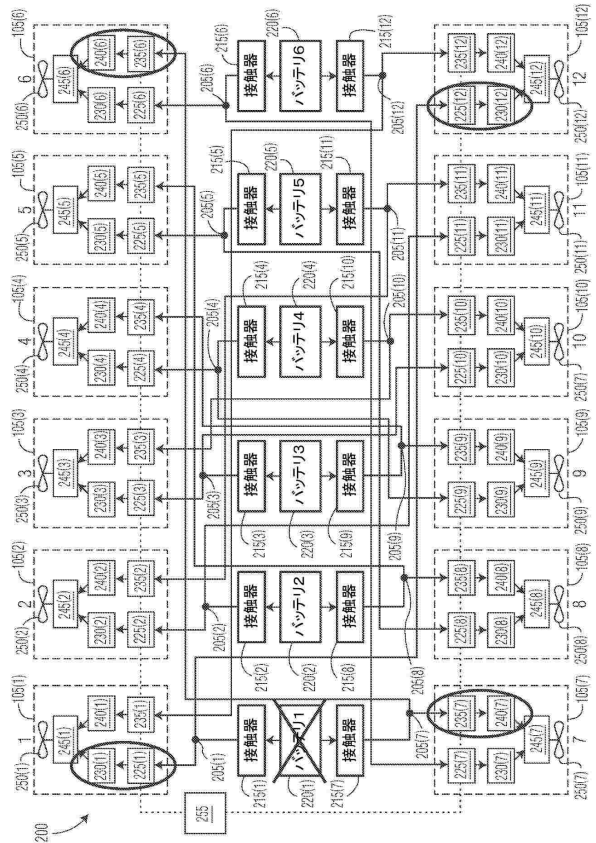
FIG. 1B



【 図 2 】



【 図 3 】



10

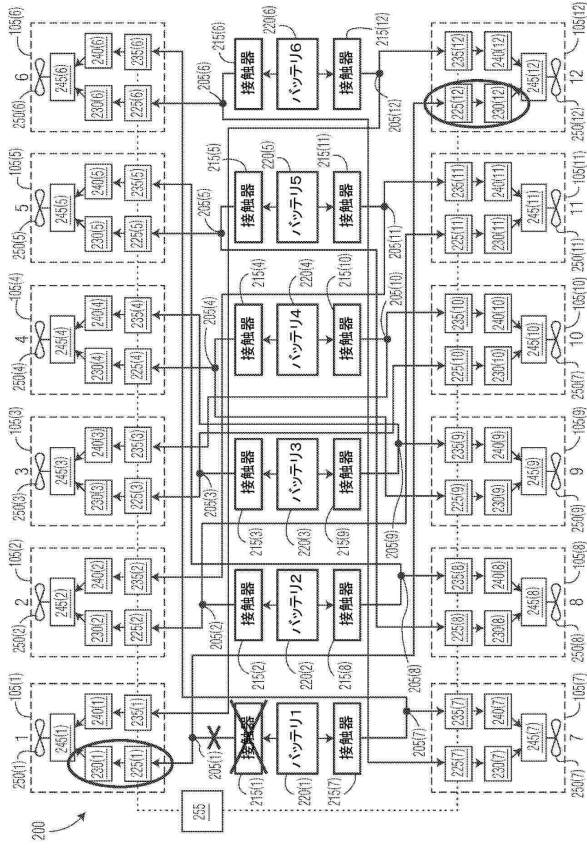
20

30

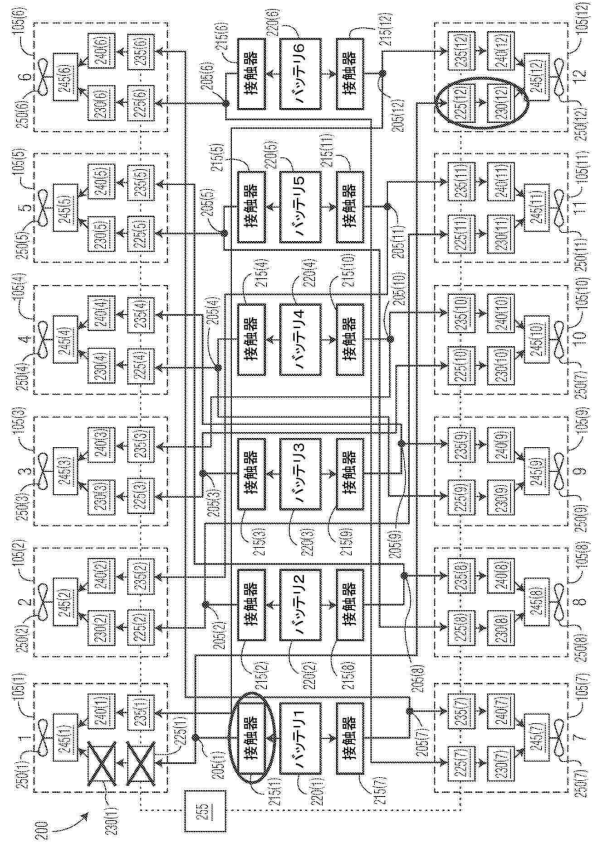
40

50

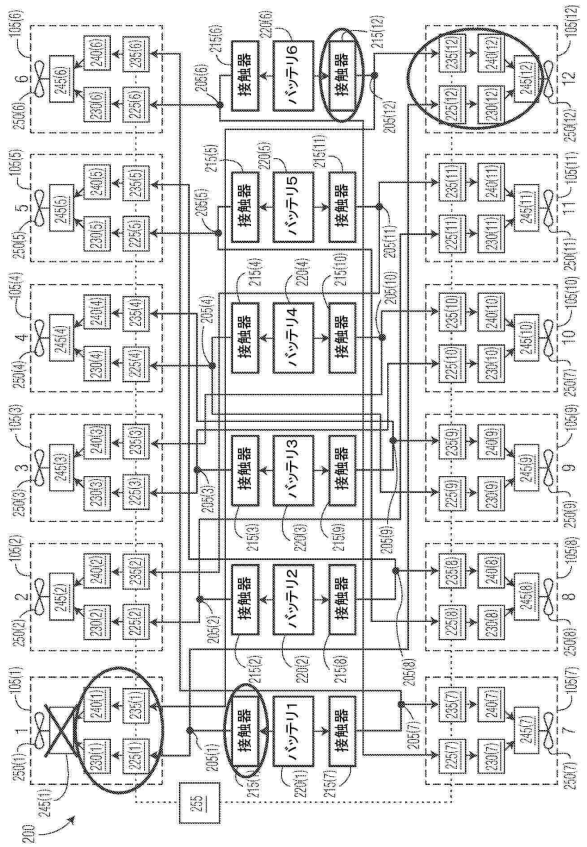
【図4】



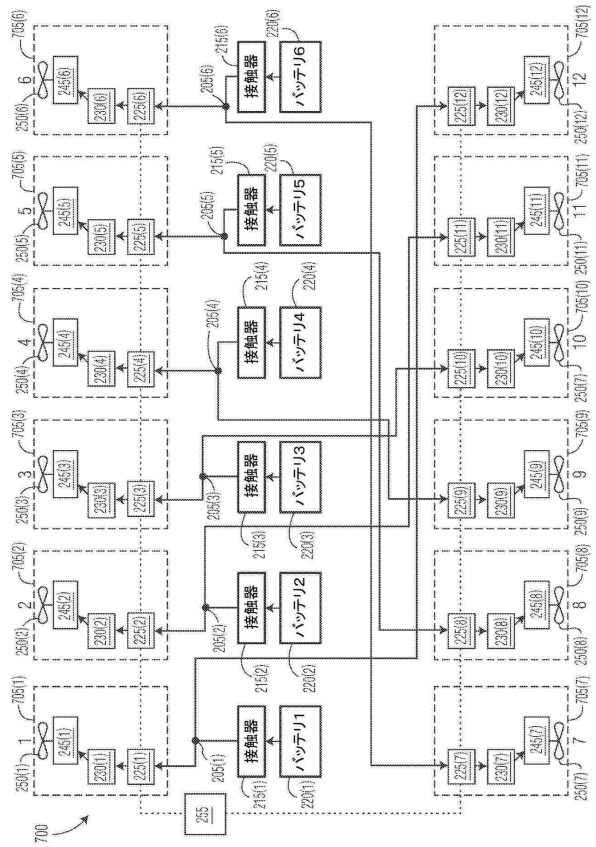
【図5】



【図6】



【図7】



10

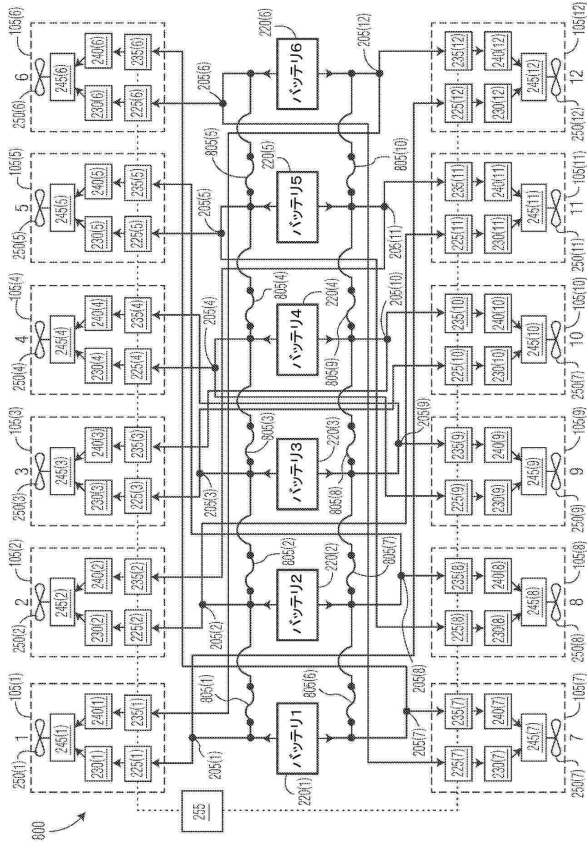
20

30

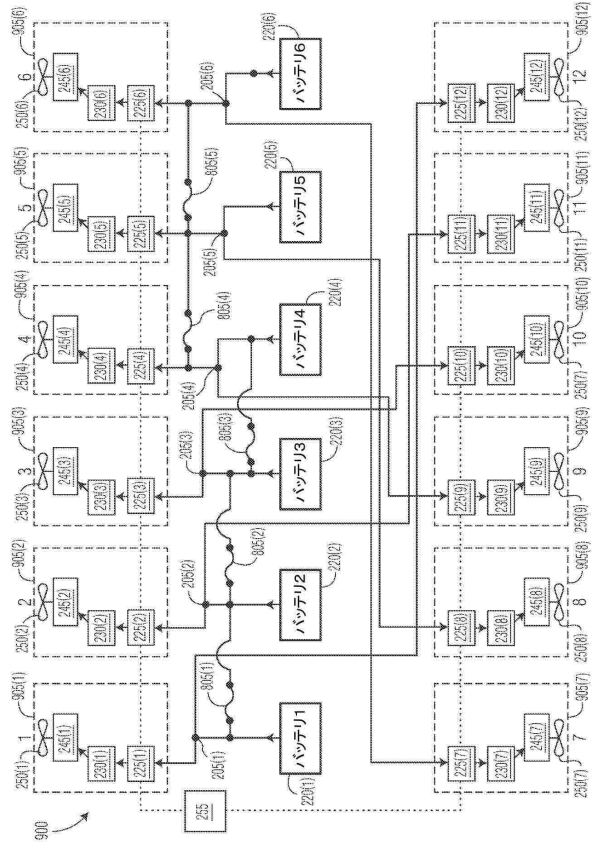
40

50

【図 8】



【図 9】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

ウェイ 2700、ウイスク アエロ エルエルシー 気付

審査官 諸星 主祐

(56)参考文献

特表2018-537348(JP, A)

米国特許出願公開第2008/0197961(US, A1)

特開2010-220465(JP, A)

特開2002-153027(JP, A)

米国特許出願公開第2018/0312248(US, A1)

米国特許第06415242(US, B1)

米国特許出願公開第2004/0042145(US, A1)

中国特許出願公開第111452981(CN, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B64C 27/22 - 27/30

B64C 29/00

B64D 27/24 - 27/40

B64D 31/16

H02K 16/00 - 16/04