

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5214147号  
(P5214147)

(45) 発行日 平成25年6月19日(2013.6.19)

(24) 登録日 平成25年3月8日(2013.3.8)

(51) Int.Cl.	F 1
B64C 25/44 (2006.01)	B64C 25/44 Z A A
B64C 25/40 (2006.01)	B64C 25/40
B64F 1/22 (2006.01)	B64F 1/22
B60T 8/174 (2006.01)	B60T 8/174 E
B60T 8/17 (2006.01)	B60T 8/17 C

請求項の数 43 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2006-545805 (P2006-545805)
(86) (22) 出願日	平成16年12月15日 (2004.12.15)
(65) 公表番号	特表2007-516882 (P2007-516882A)
(43) 公表日	平成19年6月28日 (2007.6.28)
(86) 國際出願番号	PCT/US2004/041843
(87) 國際公開番号	W02005/102839
(87) 國際公開日	平成17年11月3日 (2005.11.3)
審査請求日	平成19年12月7日 (2007.12.7)
(31) 優先権主張番号	10/734,216
(32) 優先日	平成15年12月15日 (2003.12.15)
(33) 優先権主張国	米国(US)

前置審査

(73) 特許権者	506205251 スティーブン・サリヴァン アメリカ合衆国ヴァージニア州20165 , ポトマック・フォールズ, テリー・ドライブ 268
(74) 代理人	100066061 弁理士 丹羽 宏之
(74) 代理人	100143340 弁理士 西尾 美良
(72) 発明者	スティーブン・サリヴァン アメリカ合衆国ヴァージニア州20165 , ポトマック・フォールズ, テリー・ドライブ 268

審査官 沼田 規好

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制動および操縦を行うための着陸装置の方法および装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

前脚および主着陸装置を備える、航空機のための航空機用の着陸装置組立体であって、前記前脚および前記主着陸装置の少なくとも一方は、前記航空機の機体に連結するように構成された非回転の基部分と、回転軸回りで、前記基部分に連結されかつ当該基部分に対して回転可能な車輪と、前記基部分に連結された少なくとも1つの固定子と、前記車輪に連結され、かつ前記固定子に対して回転するように構成された少なくとも1つの回転子であって、

前記固定子および前記回転子のそれぞれは、磁束を発生させるように構成され、前記固定子および前記回転子は、それらの軸線方向磁束の相互作用が、電気エネルギーの前記車輪の回転トルクエネルギーへの変換と、前記車輪の回転トルクエネルギーの前記車輪の回転速度の減少に使用するのに適した量の電気エネルギーへの変換と、の少なくとも一方を引き起こすように構成され、

前記回転子及び前記固定子により、回生制動、電動制動、駐機制動の内1つ又は複数の制動を使用することにより航空機を停止させ且つ駐機状態に保つことを可能とする航空機用の着陸装置組立体。

## 【請求項 2】

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記基部分に連結され、磁気制動が従来の摩擦型円板制動機と混合される混合制動システムにおいて、前記基部分に対して前記車輪を制動す

10

20

るよう構成された摩擦型制動機をさらに備える、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 3】**

前記固定子および前記回転子は、それらの軸線方向磁束の相互作用が、電気エネルギーの前記車輪の回転トルクエネルギーへの変換と、前記車輪の回転トルクエネルギーの電気エネルギーへの変換とを、引き起こすように構成される、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 4】**

前記固定子および前記回転子は、導電線を炭素材料内部に含み、それらの軸線方向磁束の相互作用が、電気エネルギーの前記車輪の回転トルクエネルギーへの変換と、前記車輪の回転トルクエネルギーの電気エネルギーへの変換とを、引き起こすように構成される、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。10

**【請求項 5】**

前記固定子は炭素材料内部に高エネルギー密度の永久磁石を含み、前記回転子は導電線を炭素材料内部に含んでおり、それらの軸線方向磁束の相互作用が、電気エネルギーの前記車輪の回転トルクエネルギーへの変換と、前記車輪の回転トルクエネルギーの電気エネルギーへの変換とを、引き起こすように構成される、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 6】**

前記固定子および前記回転子は、それらの軸線方向磁束の相互作用が、前記車輪の回転エネルギーを電気エネルギーに変換し、次いで前記複数の固定子および前記複数の回転子の少なくとも 1 つの中に渦電流を形成することによって、熱エネルギーへの変換を引き起こすように構成される、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。20

**【請求項 7】**

前記回転子は高エネルギー密度の永久磁石を炭素材料内部に含み、前記固定子は鋼鉄を含んでおり、前記永久磁石の磁束が渦電流を固定子の内部に発生させ、前記車輪の前記回転エネルギーを散逸するように、磁気抵抗トルクエネルギーを前記車輪内部に発生させるように構成される、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 8】**

前記回転子は導電線を含み、前記固定子は電力が前記線に印加されるときに、渦電流の発生を助ける中実の導電材料を含む、請求項 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。30

**【請求項 9】**

前記固定子は導電線を含み、前記回転子は電力が前記線に印加されるときに、渦電流の発生を助ける中実の導電材料を含む、請求項 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 10】**

前記航空機着陸装置は、前記軸回りで、前記基部分に連結されかつ当該基部分に対して別々に回転可能な 2 つの車輪を備え、前記 2 つの車輪のそれぞれは前記複数の固定子の一部と前記回転子の一部とに関連する、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 11】**

前記固定子は、導電線を含んで電流が前記線を通って流れるときに、前記軸に平行な第 1 の磁束を発生させるように構成され、前記回転子は、永久磁石を含んで前記軸に平行な第 2 の磁束を発生させるように構成され、前記着陸装置は、前記電流が前記線を通って流れるときに、前記第 1 の磁束および前記第 2 の磁束の磁気トルク相互作用によって前記車輪を回転させるように構成される、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。40

**【請求項 12】**

前記固定子は、導電線を含んで電流が前記線を通って流れるときに、前記軸に平行な第 1 の磁束を発生させるように構成され、前記回転子は、永久磁石を含んで前記軸に平行な第 2 の磁束を発生させるように構成され、前記着陸装置は、前記電流が前記線を通って流れるときに前記第 1 の磁束および前記第 2 の磁束の磁気トルク相互作用によって前記車輪を回転させるように構成される、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。50

**【請求項 1 3】**

前記回転子は、導電線を含んで電流が前記線を通って流れるときに、前記軸に平行な第1の磁束を発生させるように構成され、前記固定子は、永久磁石を含んで前記回転軸に実質的に平行な第2の磁束を発生させるように構成され、前記着陸装置は、前記電流が前記線を通って流れるときに、前記第1の磁束および前記第2の磁束の磁気トルク相互作用によって前記車輪を回転させるように構成される、請求項1に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 1 4】**

前記回転子は、導電線を含んで電流が前記線を通って流れるときに、前記軸に平行な第1の磁束を発生させるように構成され、前記回転子は、永久磁石を含んで前記軸に平行な第2の磁束を発生させるように構成され、前記着陸装置は、前記電流が前記線を通って流れるときに前記第1の磁束および前記第2の磁束の磁気トルク相互作用によって前記車輪を回転させるように構成される、請求項1に記載の航空機用の着陸装置組立体。10

**【請求項 1 5】**

前記固定子および前記回転子は、複数の固定子／回転子セットで構成され、それぞれのセットは少なくとも1つの固定子および少なくとも1つの回転子を含む、請求項1に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 1 6】**

前記固定子／回転子セットのそれぞれでは、前記少なくとも1つの固定子および少なくとも1つの回転子の少なくとも一方が、導電線を含んで電流が前記線を通って流れるときに、前記軸に平行な磁束を発生させるように構成され、前記固定子／回転子セットのそれぞれは、前記電線の両端に印加された電圧に応じて電動機および発電機の少なくとも一方として別々に動作可能である、請求項15に記載の航空機用の着陸装置組立体。20

**【請求項 1 7】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、  
前記固定子／回転子セットに接続された処理装置と、  
電気エネルギー貯蔵装置および電気エネルギー散逸装置の少なくとも一方を含む電気的装置と、をさらに備え、

前記処理装置は前記固定子／回転子セットを相互に対して接続および切断し、かつ前記電気的装置に対して接続および切断を行うように構成される、請求項16に記載の航空機用の着陸装置組立体。30

**【請求項 1 8】**

前記電気的装置は蓄電池を含む、請求項17に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 1 9】**

前記電気的装置はコンデンサを含む、請求項17に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 2 0】**

前記電気的装置は、熱の散逸が安全に制御される箇所で電力を熱エネルギーへと散逸するように構成された抵抗器を含む、請求項17に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 2 1】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記航空機の着陸動作時に、前記処理装置は、前記車輪を前記航空機の線速度に実質的に対応する接線速度で回転させるように構成される、請求項17に記載の航空機用の着陸装置組立体。40

**【請求項 2 2】**

前記電気的装置は前記電気エネルギー貯蔵装置を含み、前記処理装置は、前記航空機の着陸後に、前記固定子／回転子セットの少なくとも1つを前記車輪の回転方向に対向する極性で前記電気エネルギー貯蔵装置に接続し、それによって前記航空機に電動制動を掛けるように構成される、請求項21に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 2 3】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記航空機の着陸動作時に、前記処理装置はジャイロスコープ的に前記航空機を安定化するように前記車輪を回転させるように構成される、50

請求項 1 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 2 4】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前処理装置は、前記航空機の着陸動作時に、前記固定子 / 回転子セットの少なくとも 1 つを前記電気的装置に接続し、それによって前記車輪の回転エネルギーを前記電気的装置に移動される電気エネルギーに変換するように構成される、請求項 1 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 2 5】**

前記処理装置はアンチロック制動システムを含む、請求項 2 4 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 2 6】**

前記アンチロック制動システムはファジイ論理を利用するソフトウェアを含む、請求項 2 5 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

10

**【請求項 2 7】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記処理装置は、前記固定子 / 回転子セットの第 1 のセットを前記固定子 / 回転子セットの第 2 のセットに接続して、前記固定子 / 回転子セットの前記第 1 のセットによって生成された電気エネルギーを、前記固定子 / 回転子セットの前記第 2 のセットに印加し、それによって前記航空機に電動制動を掛けるように構成される、請求項 1 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 2 8】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記電気的装置は前記電気エネルギー貯蔵装置を含み、前記処理装置は、前記航空機の離陸動作時に、前記固定子 / 回転子セットの少なくとも 1 つを前記電気エネルギー貯蔵装置に接続し、それによって前記電気エネルギー貯蔵装置に貯蔵された電気エネルギーを、前記車輪の回転エネルギーに変換し、前記航空機の着陸動作時には、前記固定子 / 回転子セットの少なくとも 1 つを前記電気エネルギー貯蔵装置に接続し、それによって前記車輪の回転エネルギーを前記エネルギー貯蔵装置の電気エネルギーに変換するように構成される、請求項 1 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

20

**【請求項 2 9】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記電気的装置は前記航空機の外部にあって前記航空機用の滑走路に接続されるように構成され、前記航空機は前記電気的装置から容易に着脱可能である、請求項 1 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

30

**【請求項 3 0】**

前記電気的装置は直接電気接点を介して前記固定子 / 回転子セットに電気接続可能である、請求項 2 9 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 3 1】**

前記電気的装置は、電力を移動するために、直接電気接点を備えることなく磁気誘導によって前記固定子 / 回転子セットに電気接続可能である、請求項 2 9 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 3 2】**

前記処理装置は、前記航空機の外部にあって前記電気的装置に接続される、請求項 2 9 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

40

**【請求項 3 3】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、航空交通管制官が前記航空機を誘導しつつ操作できるように、前記処理装置に接続される外部制御器をさらに含む、請求項 2 9 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 3 4】**

前記電気的装置は前記電気エネルギー貯蔵装置を含み、前記処理装置は、前記電気エネルギー貯蔵装置によって前記固定子 / 回転子セットの少なくとも 1 つに印加された電圧を可変的に調整するように構成される、請求項 1 7 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 3 5】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記処理装置に接続された重み入力をさらに含み、

50

前記処理装置は、前記重み入力を介して受け取られた前記航空機に関する重み情報に少なくとも部分的に基づいて、前記固定子／回転子セットを相互に対して接続および切断し、さらに前記電気的装置に対して接続および切断するように構成される、請求項 17 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 36】**

前記処理装置のための前記重み付けは、それぞれの空港滑走路に特有であるデータを含む種々の要因によって決められる、請求項 35 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 37】**

前記処理装置は、天候条件を考慮することによって特定の滑走路に関する最適制動トルク曲線を受け取る手段を含む、請求項 35 に記載の着陸装置組立体。

10

**【請求項 38】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記回転軸回りで、前記非回転基部分に連結されかつ当該非回転基部分に対して別々に回転可能な 2 つの車輪を備え、当該 2 つの車輪のそれぞれは、前記複数の固定子の一部と前記複数の回転子の一部とに関連し、前記航空機用の着陸装置組立体は、前記処理装置に接続されたユーザ入力部をさらに備え、前記処理装置は、前記ユーザ入力部を介して受け取った旋回指示に少なくとも部分的に基づいて、前記 2 つの車輪の第 1 の車輪を一方向に回転させ、かつ前記 2 つの車輪の第 2 の車輪を逆方向に回転させるように構成される、請求項 17 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 39】**

前記航空機用の着陸装置組立体は、前記回転軸回りで、前記非回転基部分に連結され、かつ当該非回転基部分に対して別々に回転可能な 2 つの車輪を備え、前記 2 つの車輪のそれぞれは、前記複数の固定子の一部と前記複数の回転子の一部とに関連し、前記航空機用の着陸装置組立体は、前記処理装置に接続されたユーザ入力部をさらに備え、前記処理装置は、前記ユーザ入力部を介して受け取った旋回指示に少なくとも部分的に基づいて、前記 2 つの車輪の第 1 の車輪を一方向に第 1 の速度で回転させ、かつ前記 2 つの車輪の第 2 の車輪を前記方向に前記第 1 の速度とは異なる第 2 の速度で回転させるように構成される、請求項 17 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

20

**【請求項 40】**

少なくとも 1 つの固定子が、直流を印加された際に、駐機制動機機能を与える固定子円板含む、請求項 1 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

30

**【請求項 41】**

前脚および主着陸装置を備える、航空機のための航空機用の着陸装置組立体であって、前記前脚および前記主着陸装置の少なくとも一方は、  
前記航空機の機体に連結するように構成された非回転の基部分と、  
回転軸回りで、前記基部分に連結されかつ当該基部分に対して回転可能な車輪と、  
前記基部分に連結された少なくとも 1 つの固定子と、  
前記車輪に連結され、かつ前記固定子に対して回転するように構成された少なくとも 1 つの回転子であって、

前記固定子および前記回転子のそれぞれは、磁束を発生させるように構成され、

前記固定子および前記回転子は、それらの磁束の相互作用が、電気エネルギーの前記車輪の回転トルクエネルギーへの変換と、前記車輪の回転トルクエネルギーの前記車輪の回転速度の減少に使用するのに適した量の電気エネルギーへの変換と、の少なくとも一方を引き起こすように構成され、

40

前記固定子／回転子セットに接続された処理装置と、

電気エネルギー貯蔵装置および電気エネルギー散逸装置の少なくとも一方を含む電気的装置と、をさらに備え、

前記処理装置は、前記電気的装置と前記固定子／回転子セットとの接続および切断をするように構成され、

前記回転子及び前記固定子により、回生制動、電動制動、駐機制動の内 1 つ又は複数の制動を使用することにより航空機を停止させ且つ駐機状態に保つことを可能とする航空機

50

用の着陸装置組立体。

**【請求項 4 2】**

前脚および主着陸装置を備える、航空機のための航空機用の着陸装置組立体であって、前記前脚装置は、

前記航空機の機体に連結するように構成された非回転の基部分と、

回転軸回りで、前記基部分に連結されかつ当該基部分に対して回転可能な車輪と、前記基部分に連結された少なくとも 1 つの固定子と、

前記車輪に連結され、かつ前記固定子に対して回転するように構成された少なくとも 1 つの回転子であって、

前記固定子および前記回転子のそれぞれは、磁束を発生させるように構成され、

10

前記固定子および前記回転子は、それらの軸線方向磁束の相互作用が、電気エネルギーの前記車輪の回転トルクエネルギーへの変換と、前記車輪の回転トルクエネルギーの前記車輪の回転速度の減少に使用するのに適した量の電気エネルギーへの変換と、の少なくとも一方を引き起こすように構成され、

前記回転子及び前記固定子により、回生制動、電動制動、駐機制動の内 1 つ又は複数の制動を使用することにより航空機を停止させ且つ駐機状態に保つことを可能とする航空機用の着陸装置組立体。

**【請求項 4 3】**

前記固定子および前記回転子は、それらの軸線方向磁束の相互作用が、電気エネルギーの前記車輪の回転トルクエネルギーへの変換と、前記車輪の回転トルクエネルギーの電気エネルギーへの変換とを引き起こすように構成される、請求項 4 2 に記載の航空機用の着陸装置組立体。

20

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0 0 0 1】**

本発明は、航空機の着陸装置に関し、さらに具体的には航空機の着陸装置のための一体型車輪ハブの電動機 / 発電機、回生制動、および / または電動制動の方法に関するが、この着陸装置は、制動システムおよびそれに関連するタイヤの摩耗を低減すると同時に、前記航空機の安定性を向上させ、かつ摩耗による保守の必要性を低減する。

**【0 0 0 2】**

30

本出願は、2003年12月15日に出願の米国特許出願第10/734216号の一部継続であり、その開示全体を参照により本明細書に組み込む。

**【背景技術】**

**【0 0 0 3】**

航空機の車輪と制動機の組立体の分野では、非回転式車輪支持体、回転するように車輪支持体に装着された車輪、および制動機円板の積層体を設けることが知られており、摩擦制動を使用して前記円板の回転運動を前記円板の摩耗原因である摩擦熱エネルギーに変換する。様々な制動機駆動構成および方法が、米国特許第4381049号、同第4432440号、同第4542809号、同第4567967号、同第4596316号、同第4865162号、および同第6615958号におけるように知られている。

40

**【0 0 0 4】**

航空機のための制動システムを提供する現時点の最新技術は、相互の物理的接触が強制される固定子および回転子を使用するものであり、したがって関連する円板の摩耗を招く摩擦熱を発生させ、摩耗部品を交換するために定期的な保守が必要である。

**【0 0 0 5】**

最新設計の炭素円板制動機の主要な欠点は、鋼鉄製の円板制動機の熱エネルギーと同じ量の熱エネルギーを吸収するために炭素材料の量を増やす必要があることである。炭素円板制動機の別の欠点は、雨によって炭素表面に湿気が混入するために制動能力が低下し、しかも炭素表面が摩耗した後の交換費用が高いことである。

**【0 0 0 6】**

50

さらには、航空機は、画定された誘導路、滑走路、およびターミナル内で操縦を行うことが必要である。このような1つの要件が、滑走路の幅および前記滑走路の物理的な幅の範囲内で前記航空機が滑走路上で180度旋回を実行する能力に基づいて特定の滑走路に許容された航空機に対して最大寸法を設定する180度旋回である。現在の着陸装置は、このような180度旋回を実行する能力を限定する。

#### 【0007】

航空機の制動機を設計する際の1つの重要な問題は、着陸時および離陸中断状態時に着陸装置システムの制動機システム内部で運動エネルギーが散逸することである。究極的には、それはタイヤと着陸面との間に存在する転がり摩擦であり、それは航空機を減速させる。したがって、制動機の能力要件は、航空機の最大着陸重量および転がり摩擦に基づく。従来技術の制動システムは、それが必要な制動力を生み出す様態に関して相対的に柔軟性に欠ける。10

【特許文献1】米国特許第4381049号明細書

【特許文献2】米国特許第4432440号明細書

【特許文献3】米国特許第4542809号明細書

【特許文献4】米国特許第4567967号明細書

【特許文献5】米国特許第4596316号明細書

【特許文献6】米国特許第4865162号明細書

【特許文献7】米国特許第6615958号明細書

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

したがって、本発明の目的は、航空機の着陸装置における制動および操縦のための改良システムおよび方法を提供することである。20

#### 【0009】

本発明の他の目的は、航空機の着陸装置における制動および操縦のための従来技術によるシステムに関連する制約および欠点を克服することである。

#### 【0010】

本発明の他の目的は、着陸装置および制動システムに関わる構成要素の摩耗を減少させ、航空機の構造に安定性を追加して信頼性を高めると共に、現行摩擦制御システムに関連する必要な保守管理を軽減することである。30

#### 【0011】

本発明の他の目的は、航空機の着陸装置内部の摩擦制動機円板の必要性を減少させることである。

#### 【0012】

本発明のさらに他の目的は、航空機からの運動エネルギーを回収し、このようなエネルギーを電力に変換するシステムおよび方法を提供することである。

#### 【0013】

本発明のさらに他の目的は、航空機の小さい旋回半径を可能にする航空機着陸装置のためのシステムおよび方法を提供することである。40

#### 【0014】

他の目的は、着陸装置のタイヤの角速度を相対的な地面の速度と厳密に一致させて、着陸が行われるときに、その速度の差が大幅に最小化され、したがって着陸装置のタイヤの着陸に関連する前記タイヤと滑走路着陸表面との滑り摩擦を大幅に減少させるようにすることによって、着陸による滑り摩擦がもたらす前記航空機のタイヤの摩耗を減少させることである。現在の最新技術に存在するこのような滑り摩擦は、関連する摩耗をもたらし、タイヤの性能に影響を与え、したがって安全性に影響を与える。

#### 【0015】

他の目的は、前記航空機の地上滑走および地上操縦を実行する目的のために原動力手段を提供することであり、それは前記航空機の効率性、操縦性、安定性、および安全性の向50

上に寄与するものである。

【0016】

他の目的は、離陸を補助する目的のために原動力手段を提供することであり、それは航空機に必要な離陸距離を短縮し、同様に前記航空機の効率性、操縦性、安定性、および安全性の向上に寄与するものである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は、回生制動および／または電動制動の使用が、従来技術の摩擦制動システムに勝る利点を生み出す様態で応用される独特な航空機制動手段を提供する。これは、車輪および輪軸構造の内部に車輪ハブの電動機／発電機を組み込むことによって実現されるが、そこでは制動作用が前記車輪ハブの電動機／発電機の固定子円板部分と回転子円板部分との磁気トルク相互作用によって現出される。前記航空機の運動エネルギーは電力に変換されるが、この電力は、抵抗器を介して散逸可能であり、かつ／または離陸、地上滑走、および他の地上操縦が行われるときにその後に使用するために貯蔵可能であり、もしくは着陸時に使用して電動制動作の利用を開始することによって電磁制動システムの効果を増大させることができあり、したがって制動システムの効率全体を高め、前記航空機の安定性および安全性を追加する。

10

【0018】

さらには、着陸が行われるときに滑り摩擦が大幅に最小化され、よって着陸装置のタイヤ寿命を延ばし、よって前記着陸装置のタイヤの性能を高めて前記航空機の操縦性および安定性を追加するように、着陸の前に、車輪ハブの電動機／発電機を電動機として使用し、タイヤの角速度と相対的な地面の速度との差が最小化されるように、これらの2つの速度を一致させることによって航空機の着陸装置のタイヤの摩耗を減少させる応用例が現時点における他の特徴にあることが分かった。飛行中に着陸装置の車輪が電動化されるとき、それらは、前記着陸装置の車輪の回転速度に応じて航空機を劇的に安定させるジャイロスコープ的安定化効果をもたらす点に追加的な利点が存在する。

20

【0019】

1つの実施形態では、車両ハブの電動機／発電機の円板積層体は交互配置の回転子円板および固定子円板を含み、そこではそれぞれの回転子円板が回転するように車輪に結合され、それぞれの固定子円板は、タイヤの回転に対して静止状態の支持用輪軸および／またはトルク管に結合される。好ましい実施形態では、車輪ハブの電動機／発電機は、発電機動作によって回生制動としても知られる制動装置として機能するが、その場合に回転子円板部分と固定子円板部分との間の軸トルク相互作用が、車輪とタイヤの組立体に制動力を印加し、その発生電力はその後の使用のために貯蔵される。

30

【0020】

車輪ハブの電動機／発電機は、電動機動作および／または回生動作および／または電動制動動作の必要に応じて、様々な方向で電流を印加するかまたは電流を発生させることによって、個別に、順次に、または一斉に作動または作動解除が可能な複数の関連する固定子および回転子円板部材が組付け可能である。このような1つの場合には、電磁制動は関連する固定子円板および回転子円板を発電機として使用することによって行われ、この発電機から、固定子からの出力電力が別の固定子円板に印加されるが、この印加は、前記別の固定子円板の関連する回転子の制動効果を高め、よって発電している1つまたは複数の円板の車輪ハブの電動機／発電機の円板積層体と同じかまたは他の車輪ハブの電動機／発電機の円板積層体の内部で発電機として動作している1つまたは複数の円板の電動制動または電動を実現するような様態で行われる。

40

【0021】

本明細書に開示されるように、同じまたは他の車輪ハブの電動機／発電機の円板積層体の内部の異なる1つもしくは複数の円板の電動機／発電機の電気相互接続の方法または電動制動の方法は、本発明の範囲内で1つもしくは複数の発電機円板と1つもしくは複数の電動機円板の数多くの組合せで変更可能であり、この方法は円板型で軸線方向磁束の電動

50

機 / 発電機の分野では独特であり、しかもこの方法は、航空機着陸重量および / または着陸装置設計上の要望に基づいて 1 つもしくは複数の円板の電気的なかつ / または物理的な追加、あるいは 1 つもしくは複数の円板の除去を可能にすることによって、航空機応用例に柔軟性を提供する。車輪ハブの電動機 / 発電機の円板積層体の内部の任意の円板が電動機として、または発電機として、またはその組合せとして動作可能である円板の電気相互接続は、本発明の範囲内で提案された電動制動方法として知られ、それは航空機の着陸装置の設計に柔軟性を提供するものである。円板型で軸線方向磁束の電動機 / 発電機の使用の組込みは、このような前記電動機 / 発電機の電動および制動における柔軟性によって設計費用を大幅に削減する。

## 【0022】

10

上で留意したように、航空機制動機の設計上の 1 つの問題は、着陸時および離陸中断状態時の着陸装置システムの制動システム内部における航空機の運動エネルギーの散逸であり、究極的には、それは、航空機を減速するタイヤと着陸表面との間に存在する転がり摩擦であり、したがって、制動機能要件は、航空機の最大着陸重量および転がり摩擦に基づく。本発明に係る電動制動の方法は、現在の最新技術によるシステムに不足している必要な制動力を発生させる際に柔軟性をもたらし、過積載の航空機がスイッチング制御器を介して電気接続を変更することによって制動容量を増大することが可能であり、したがって航空機の安全性を高める点でより効率的な設計を可能にする。

## 【0023】

20

さらには、着陸装置内部の円板型軸線方向磁束の車輪ハブの電動機 / 発電機の使用を実施することによって、前記航空機は旋回半径を小さくすることが可能であり、そこでは、一方の組の着陸装置を一方向に電動し、かつ他方の組の着陸装置を逆方向に電動することによって 180 度旋回が実現可能であり、したがって、このような旋回方法は、本発明の回転中心が前記航空機の中心線上の主着陸装置の間に位置し、現在の最新技術による着陸装置に関するように前脚の軸および着陸装置の軸から延びる線の交点に位置していないために、前記航空機は、現在の最新技術による旋回半径とは異なり、より小さい旋回半径の範囲内で 180 度旋回を完了することができる。このような特徴は、ピボット式着陸装置組立体で制動機を拘束する必要がないので滑走路表面の摩耗を減少させ、しかも現在の最新技術に存在する滑り摩擦によるピボット式着陸装置組立体タイヤの関連する摩耗を排除する。

30

## 【0024】

添付図に例示する典型的な実施形態を参照して以下に本発明を詳細に説明する。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0025】

図 1 は、着陸装置の車輪の必要な電磁制動および / または電動を実現するために使用される実現可能な円板積層体による軸線方向磁束型の車輪ハブの電動機 / 発電機を示す断面図である。回転子 1 は車輪 4 に結合されて車輪 4 と一緒に回転する。固定子円板 2 (導電性材料から作製可能である) は、軸 3 および / または中央トルク管に結合されて車輪に対して静止しているが、この車輪の中では、前記円板が、利用可能な電気接続 (図示せず) を介する以外は相互から電気絶縁される。回転子円板 1 (導電製材料または永久磁石から作製可能である) は、車輪 4 に結合される。車輪 4 は軸受セット 5 によって支持されるが、それらは駆動側および反駆動側軸受セット、またはスリーブ軸受、空気軸受、もしくは磁気式軸受から構成可能である。

40

## 【0026】

好ましい本実施形態では、車輪 4 が、着陸の前に、固定子円板 2 を通って流れる電流の半径流により電力を印加することによって電動化されるが、この固定子円板は、ネオジウムのような高エネルギー密度の回転子円板 1 の永久磁石 (これらは実質的に回転子円板 1 の内部に前記永久磁石の全てが同じベクトル方向にある軸線方向磁束の向きで配置される) の軸線方向磁束界磁と相互作用する軸線方向磁束界磁を発生させる。本実施形態は、回転子円板 1 と固定子円板 2 との間に磁気トルク現出させるが、それは車輪 4 に電動機動作

50

を行わせる。固定子円板2および/または回転子円板1は、銅が被覆され、銅に銀がさらに被覆され得るアルミニウムから構成可能であり、かつ/または強度を高めるためにベリリウム、銅、および/または導電性高分子材料などの他の任意の合金の組合せから構成することが可能である。電気接続を設けることはよく知られているので、必要な電気接続は示されていない。このような電気接続は、例えば、回転接点および/または滑動炭素ブラシを含む。別法として、本明細書で説明した軸線方向磁束の相互作用による電動機/発電機動作を実現するためにブラシレス設計も使用可能である。

#### 【0027】

図2は、ブラシレス設計内部の航空機着陸装置の車輪ハブの電動機/発電機の電動および/または制動の制御に必要な信号を実現するために使用されるスイッチング制御システム信号および電力信号の流れを示す。10

#### 【0028】

車輪ハブの電動機/発電機に電動機動作を行う場合には、ホール効果センサ1を使用して回転子円板内部の永久磁石の位置を示し、その場合に磁石は軸線方向に整列しかつ関連する固定子界磁コイルと整列した磁束によってN極とS極とを交番している。車輪ハブの電動機/発電機内部において、順方向または逆方向で電動機動作を起こすためのユーザ入力を開始するために、光アイソレータ5を介して情報を処理装置3に供給するユーザ制動/電動の入力制御部7からの入力に応じて、電動機動作が順方向または逆方向のいずれかで行われるように、また駐機制動機の制御装置4から処理装置3への入力が駐機制動機システムが作動しているか、または解除されているかを示すように、光アイソレータ5に送られ、次いで、单一固定子円板内部の固定子界磁コイル12に、電力貯蔵装置および/または搭載型電力源9からの電力を印加する多相ブラシレス整流駆動制御器10に送られる制御信号を適切に周期調整するために、回転子円板の位置情報は処理装置3に送られる。駐機制動機が作動し、かつユーザ制動機/電動入力制御7からのユーザ入力が電動機動作を始動していれば、警告装置2が作動する。駐機制動機が解除されれば、処理装置3は、ユーザ制動/電動の入力制御部7からのユーザ入力にしたがって、順方向または逆方向で電動機動作が可能である。20

#### 【0029】

車輪ハブの電動機/発電機から発電機動作を行う場合には、单一固定子円板12内部の固定子界磁コイルから回生制動/多相整流制御器11まで電力接続が設けられ、相対運動が固定子部分と回転子部分との間に生じると、多相電力信号が車輪ハブの電動機/発電機の固定子コイルの内部で生成され、この電力信号が、ユーザ制動/電動の入力制御部7からの入力ユーザ制御信号に依存する処理装置3から生成された制御信号に基づいて、変動多相電力信号を直流信号に変換する回生制動/多相整流制御器11に送られる。この処理装置制御信号が、電力貯蔵および/または電力散逸を必要とするようになっていれば、直流電力信号は、その後の使用のために回生制動/多相制御器11から電力貯蔵装置および/または搭載型電力源9に送られるか、かつ/または発生電力の散逸のために電力散逸抵抗器13に送られる。好ましい本実施形態の範囲内で説明したように、回生制動/多相整流制御器11を使用して、電動制動命令を適用する際に処理装置3の制御信号によって制御される電動制動制御器6に多相電力を供給することも可能であり、その場合に、発電機動作を行っている他の固定子円板8の固定子界磁コイルに電力を供給し、したがって回転子の回転方向とは逆方向に円板を電動することによって制動効果を増大させ、よってブラシレス軸線方向磁束電動機および発電機の領域に特有の電動制動効果を与るために、多相電力信号が同じまたは他の車輪ハブの電動機/発電機の円板積層体内部の他の固定子円板8の固定子界磁コイルに印加される。30

#### 【0030】

分割された回転子および固定子が使用されるブラシレス軸線方向磁束電動機および発電機がよく知られている。ブラシレス軸線方向磁束電動機および発電機の変型は、以下の米国特許第4223255号、同第4567391号、同第4584085号、同第6046518号、同第6064135号、同第6323573号(B1)、同第66177440

8号( B2 )、および同第6633106号( B1 )の範囲内で、また以下の米国特許出願公開第2003/0159866号( A1 )および同第2002/0171324号( A1 )の範囲内でも教示されている。未発行の特許も含めて特許の範囲内で説明された電動制動の方法を組み込む、円板または平形電動機として知られる任意の軸線方向磁束型電動機 / 発電機が使用可能である。回転子または固定子は、軸線方向に整列した磁束によってN極とS極との交番が存在するように、永久磁石部分から構成されるのが一般である。回転子または固定子部分は、一般に、単一の固定子または回転子円板の内部で、同様に固定子または回転子に装着されるホール効果センサと一緒に、固定子または回転子円板に装着された固定子または回転子コイルから成るが、この円板もこれらのコイルセットを回転子または固定子の内部で使用される永久磁石のコイルセットに整列させるために分割される。单一円板内部の固定子または回転子コイルには、電動機動作を引き起こすために多相ブラシレス整流駆動制御器からの電流を前記コイルに制御式に印加する必要がある。このような多相ブラシレス整流駆動制御に印加された制御信号は、ホール効果センサによって供給された位置情報を使用して光アイソレーションを介して処理装置から生成される。このようなブラシレス電動機を回生制動で使用して発電機動作によって電流を供給することも可能であり、その電流経路は電気的スイッチング制御によって設けられるが、その場合に、発生電力はその後の使用のために制御システムによって貯蔵される。

#### 【0031】

軸線方向磁束の電動機および / または発電機の実現可能な形態を以下のように要約することができる。一般に、巻線は固定式または回転式であり得るが、これらの巻線を以下の構造の中に組み込むことができる。このような1つの実現可能な構造は、スロット付きの積層されたまたは複合の鉄芯材料であり、巻線はスロットの内部に配置されている。別の実現可能な構造は、炭素のような鉄を含まない構造の内部に埋め込まれるコイルの中に巻線が巻き込まれるか、または積層もしくは複合鉄心材料に巻き付けてもよいスロットレス構造である。他の実現可能な構造は、誘導電流が中実の導電材料の内部で循環する中実構造であるが、この材料は強磁性物質でもよいし、またはそうでなくてもよい。円板構造のための巻線は、プリント回路型、および / または銅シートの打抜き、および / または個々のコイルの中に巻き込まれた銅巻線(リップ線構造でもよい)またはそうでなくともよい)であり得る。

#### 【0032】

〔用途〕着陸直後に、電動機として使用される車輪ハブの電動機 / 発電機は、固定子円板に対する電力印加を中断して、回転子円板の磁界が固定子円板の磁界と相対運動(このような相対運動は航空機の運動エネルギーによるものである)しているときに起きる発電機動作による電力を前記固定子円板から引き出し、さらに、発生電力が回生制動におけるように貯蔵可能であるようにかつ / または発電制動におけるように散逸可能であるようにかつ / または電動制動によって制動効果を増大させる他の固定子円板に印加可能であるように、よく知られたスイッチング動作と、IGBTもしくはIGCTおよび / または電気機械式リレーなどの電気制御スイッチのような制御器とを使用することによって、発電機として使用されるように変換可能である。

#### 【0033】

固定子からの発生電流は、制御電子素子の実装および / または物理的接点によって固定子円板に電気接続される蓄電池、コンデンサバンク、または他の適切な電力貯蔵装置(ジャイロおよび / または1つもしくは複数の環状コイル)によって航空機に貯蔵可能であり、したがって発生電力の散逸および / またはその後の使用に備えて電力を供給する目的のためにその貯蔵が可能になる。

#### 【0034】

電磁制動は、その電動制動方法では、関連する回転子および固定子の1つまたは複数の円板を発電機として使用して行われることが好ましく、その発電機出力は別の固定子の1つまたは複数の円板に印加され、次いでそれは、車輪の回転方向とは正反対の電動機動作を生み出し、それは回生制動のみの電動制動作用を上回る電動制動作用を創出し、したが

10

20

30

40

50

って制動距離を短縮して航空機の安全性を増大させる。

【0035】

電動制動方法は、2つの手段によって実現されることが好ましい。第1の手段は、1つの固定子円板からその関連する回転子円板の相対運動により生成され、車輪ハブの電動機／発電機の円板積層体内部の別の回転子円板に印加可能な電力によるものであり、その印加の様子は、前記別の固定子円板に関連する他の回転子円板を逆方向に電動し、したがって発電中の1つまたは複数の円板の車輪ハブの電動機／発電機の円板積層体と同じかまたは他の車輪ハブの電動機／発電機の円板積層体の内部の1つまたは複数の円板の電動制動または電動を実現することによって制動効果を増大させるものである。第2の手段は、電動機動作が回転子円板に車輪の回転の逆方向で与えられ、したがって車輪ハブの電動機／発電機の内部の1つまたは複数の円板の電動制動または電動が実現するように設けられた電気接続によって、電力が固定子円板に印加されるように、貯蔵電力および／または機上で生成された電力および／または外部電力を使用する。以上の2つの手段は、望ましい制動を生み出すために併用可能である。10

【0036】

軸線方向磁束の車輪ハブの電動機／発電機を使用して、航空機着陸装置の車輪に電動機動作を与え、したがって航空機にジャイロスコープ的な安定性を与えることができる。着陸の一連の場面では、航空機は着陸装置を配備し、次いで順回転運動を航空機着陸装置の車輪に与えるが、それはジャイロスコープ効果によって航空機を安定させ、したがって航空機の安定性および安全性を増大させる。20

【0037】

別の実施形態は、電磁制動ではなく渦電流制動を使用するが、その場合に、回転子円板は、様々な構造のアルミニウム、アルミニウム合金、鋼鉄、銅、ベリリウム、銀、またはそれらの任意の組合せ体から作製され、固定子円板は、先の好ましい電磁式の実施形態の電磁的事例において、すなわち、固定子円板の磁界が前記回転子円板の内部に前記航空機の車輪に対して制動作用を生み出す磁気トルクが現出されるように渦電流を誘導するように、電流を固定子円板に印加することによって制動が実現する事例において上で説明したように構成可能である。

【0038】

現在使用されている摩擦制動システムの実施形態に加えて、上の実施形態の任意の組合せが使用可能であり、したがって摩擦制動システムの寿命を延長し、かつその有用性を助長するばかりでなく、摩耗率および必要な摩擦円板の数も減少されることによって付随する維持費を削減する。摩擦制動システムに使用される冷却システムが上の実施形態および実施形態の組合せ（必要であれば）でも使用可能である。30

【0039】

着陸事象の場合には、操縦士は着陸装置を配備し、着陸装置のタイヤの順方向回転を引き起こすように操縦士入力制御部によって着陸装置車輪ハブの電動機／発電機に電力が印加される。典型的なB747型航空機では、時速約209km(130マイル)の着陸事象に関する着陸装置タイヤの回転速度は、タイヤ速度および地面速度を一致させ、したがって前記タイヤの滑り摩擦摩耗を大幅に低減させるために、約48ラジアン毎秒である。着陸直後では、制御システムを使用して車輪ハブの電動機／発電機からの発生電力を貯蔵し、したがって回生制動を行う。次いで直ぐ後に、貯蔵エネルギーが制御装置によって車輪ハブの電動機に印加されて、回転子の回転方向とは逆の方向に電動機動作を行い、したがって電動制動を行う。航空機を完全に停止させるために、電動制動を使用し、順方向運動の停止が終了するとそれを解除し、次いで、それぞれの固定子界磁コイルが、ターミナルで駆機されるときに駆機制動機の力を着陸装置の車輪に印加するためにも使用される磁束（回転子の永久磁石の磁束のために存在する）を補助するように、固定子に印加されることになる直流を印加する。40

【0040】

離陸事象の場合には、操縦士は、着陸装置のタイヤを順方向で回転させ、かつジェット50

エンジンの動力を高めるように入力制御部を起動する。これは、航空機にジェットエンジンのみを使用する場合よりも速く滑走路を滑走させ、したがって個々の航空機の離陸に必要な滑走路の距離を短縮する。

#### 【0041】

離陸中断の場合には、全ての制動システムが、航空機の制動能力を最大化するような様態で作動する。

#### 【0042】

地上操縦で180度旋回する場合には、操縦士は、着陸装置の一方の組が順方向に駆動されかつ着陸装置の他方の組が逆方向に駆動されように入力制御部を起動し、したがって操縦士の制御下で終了する前記航空機の旋回が実現する。

10

#### 【0043】

航空機搬送機作業の場合には、電力は、航空機を航空機搬送機から駆動または放出するために使用されるような航空機に対する接続装置を介して外部電源から供給される。電気接続手段は、直接的な物理的接点またはエネルギーを地上軌道から航空機に移動するために磁気誘導を利用する非接点型であり得る。このような商用航空機の実施態様では、電力移動を可能にし、かつ／または航空機制御員が、航空機車輪ハブの電動機／発電機に供給される電力を制御することによって航空機の地上移動を直接制御する手段を提供し、したがって航空機制御員の制御水準を向上させるように、地上軌道を航空機の滑走路に組み込むことができる。

#### 【0044】

他の実施形態も本発明の範囲内にある。例えば、本システムは、電動制動を実現するよう1組の固定子／回転子円板が別の組の固定子／回転子に電力供給できるように、制御が非常に柔軟であり得る。電動制動は、着陸事象による回転運動の方向とは逆方向に回転トルクを印加することによって実現可能である。

20

#### 【0045】

1つの実現可能な用途は次の通りである。すなわち、着陸事象では、車輪は着陸速度まで回転速度が上昇し、着陸直後には電力印加が除去され、車輪は発電機としての役割をする。本システムはこのようなエネルギーを貯蔵し、次いで直ぐ後に逆回転方向に回転トルクを加え、したがって電動制動を実現するように、その貯蔵エネルギーを固定子／回転子セットに印加することができる。これは、有効制動水準を上昇させるように完全にコンピュータ制御可能である着陸事象の非線形トルク曲線を生成し得る。

30

#### 【0046】

別の実施形態として、本発明は軸線方向磁束の電動機を利用する必要がない。当業界で知られている電動機／発電機装置はいずれも、様々な着陸装置組立体の開示された本実施形態に応用可能であり、それらに対応する利点を実現する。

#### 【0047】

固定子／回転子セットに印加される電圧に応じて制動規模が制御可能であることなど、列挙された利点の他に、本発明は他の利点も包含する。例えば、主要着陸装置の2つ以上の車輪は差動回転および／または逆方向回転が可能である場合には、180度旋回するために航空機が必要とする「旋回半径」または滑走路幅が減少し、したがって別様であれば航空機には利用不能なより狭い着陸用滑走路を利用可能にする。これは次に、非常時に追加的な着陸用滑走路に依存することができるので、航空機はより多くの直接飛行経路を取ることが可能になり、したがって飛行時間および消費燃料を削減する。

40

#### 【0048】

利点の別の例として、ジェットエンジン効率は速度の上昇につれて高まるので、航空機、特にジェット機による地上走行は非常に非効率的である。したがって、固定子／回転子セットが、電気エネルギー（電気エネルギー貯蔵装置で機上に貯蔵されたものかまたは機外に貯蔵されて、例えば、誘導によって移動されたものかを問わず）を車輪の回転エネルギーに変換できると、航空機のジェットエンジンを低速で動作させるという非効率性をある程度軽減する助けとなり得る。さらには、電気作動式車輪を地上走行および離陸補助に

50

使用できるばかりでなく、それらは別様であれば移動させることが難しい様態で（例えば、逆進で）航空機を移動させるために通常使用される牽引用電動機の必要性を軽減または排除することもできる。

#### 【 0 0 4 9 】

利点の別の例として、本システムは着陸時の航空機の速度にほぼ一致する速度まで着陸装置の車輪回転速度を上昇させ得るので、航空機の着陸時に従来の航空機の静止車輪が急速にかつ急激に回転速度が上昇するときに典型的に生じる「ガタ揺れ」または衝撃を軽減する。このようなガタ揺れの軽減または排除は、乗客の快適さを増し、タイヤおよび着陸滑走路の摩耗を低減する利点を有し、また安定化ジャイロスコープ効果も与える。

#### 【 0 0 5 0 】

車輪ハブの電動機／発電機の電動機動作は、着陸事象に備えて着陸装置の配備もしくは伸展を行ったり、または離陸後に着陸装置の格納を行ったりするための動力源として使用可能であり、その場合には、このような電動機動作は、機械的結合機構を介して伝達されて着陸装置の位置決めおよび固定を行わせる。このようなシステムは、ねじ駆動機構または他のこのような機械的手段を使用して、車輪ハブの電動機／発電機からの運動を着陸事象の場合には下方および固定位置にし、離陸事象後の場合には上方および収納位置にする着陸装置支柱または支持組立体の運動に伝達することができる。

10

#### 【 0 0 5 1 】

本発明を応用する際の他の考慮事項は次の通りである。第1に、このような組立体は前脚と主着陸装置との両方を含み得る。前脚は、主着陸装置と同じ特徴、すなわち、処理装置制御式であり得る1つまたは複数の電動機／発電機（軸線方向磁束の電動機／発電機）のような数多くのまたは全ての特徴を有し得る。さらには、前脚は、使用者からのまたは処理装置によって処理された操舵信号に応じて差動式に回転可能な2つ以上の車輪を具備し得る。

20

#### 【 0 0 5 2 】

航空機の従来式の操舵方法は、前脚の差動制動および／または旋回によるものである。差動制動は、手回しハンドルおよび／または舵入力による前脚方位に関する操縦士からの入力に加えて、航空機を旋回させるために必要に応じて航空機の一方の側または他方の側を制動することを利用する。差動制動は地面または滑走路の激しい浸食を引き起こし、常時使用は着陸装置の故障原因になり得る。従来の前脚操舵角は60度内外に限定されており、それは摩耗を受け、したがって保守する必要があるブッシュブル駆動装置、ラックアンドピニオン、回転駆動装置、多重連動機械システムのような利用可能な方法によって決まる。このような機械的駆動装置は、自動調心システムの不具合が発生すると飛行中に前脚の動搖を引き起こす恐れがある。

30

#### 【 0 0 5 3 】

前脚の2つ以上の車輪を差動的に回転させると、タイヤが地面または滑走路と物理的に接触するときにのみ前脚を旋回させるが、それは航空機を順方向に移動させることなく車輪を操舵するために必要なトルクを与える。このような操舵は、一方の前輪ハブ電動機／発電機を一方向に電動し、他方の前輪ハブ電動機／発電機を他方向に電動することによって実現可能であり、したがって手回しハンドルの入力によって操縦士が所望する任意の位置に前脚を位置決めすることができる。別法として、それぞれの前輪ハブの電動機／発電機は異なる速度で同方向に回転可能である。

40

#### 【 0 0 5 4 】

したがって、この新規の操舵方法は、信頼性の向上という追加的な特徴と共に操縦性の向上および重量削減をもたらす。航空機が移動中であります地面上と接触状態にあるとき、両方のタイヤは同方向に回転しており、手回しハンドルから操縦士が入力すると、一方のタイヤが他方のタイヤよりも速く回転させられ、したがって車輪ハブの電動機／発電機に対する入力電力の差をもたらし、したがって移動中に航空機の前脚を任意所望の方向に操舵することが可能になる。航空機の前脚に使用される従来の方法は、着陸事象時に前脚タイヤの不均一な摩耗を生じ、したがって前脚タイヤの不均衡を生み出す。このような前脚

50

タイヤの不均衡は、前脚タイヤに異常振動を発生させる。

【0055】

タイヤ摩耗低減方法の使用を組み込むことによって、着陸時の前脚タイヤの不均一な摩耗による異常振動が低減するために、前脚操舵システムの性能が向上し、したがって使用されている現在の方法に勝る安定性の向上をもたらす。

【0056】

別の考慮事項は、操舵を補助するためにしばしば使用される前脚が、特に着陸直後にそれが滑走路に強く押しつけられる場合に操舵性のさらなる向上が可能であることであり、したがって、本システムは、前脚の力を増強しつつ航空機の前部を滑走路に向かって押しつけるのを助けるために空気を上方に誘導するように構成されたフィンもしくはスローラーまたは均等物を具備することができます。10

【0057】

別の態様では、本発明は A B S 制動を向上させる。電磁制動システムの重要な利点は、帰還信号が油圧システム内部の帰還信号よりも 1000 倍速く、したがって、A B S の有効制動能力の向上が可能であり、したがって安全水準が上昇し、しかも電磁装置は本来的に油圧装置よりも信頼性が高いので、信頼性の水準向上にも寄与することである。電磁制動システムは本来的にアンチロックでもある。

【0058】

アンチロック制動システム（A B S）を作成するいくつかの手段が存在し、航空機の望ましい制動を生み出すように任意の従来型 A B S または改良型 A B S が本発明の範囲内に組み込むことができる。このような 1 つの実現可能な手段を説明するが、それは実現可能な制御手段としてファジイ論理の使用を実施するものである。20

【0059】

近年では、ファジイ論理の技法が広範なシステムに応用されている。アンチロック制動システム（A B S）における数多くの電子制御システムが現在追求されている。これらの電子制御システムは、従来の制御アルゴリズムではないファジイ論理に基づく制御を利用することによって優れた特徴を実現する。

【0060】

A B S は、逼迫または非常制動時に最適な制御および最小限の停止距離を確保するために実施される。A B S を装備した航空機の数は、年々絶えず増加してきており、今では A B S は航空機の安全に本質的に貢献するものとして認められている。A B S によって利用される制御方法はシステム性能の向上を決定し、したがって A B S 能力を向上させることは、航空機製造業者の 1 つの目標である。30

【0061】

電子制御装置（E C U）、車輪回転速度センサ、および制動機変調器が、A B S モジュールの主要構成要素である。車輪回転速度センサは、車輪回転速度に比例する周波数でパルスを E C U に送信する。次いで、E C U はこの情報を処理し、それにしたがって制動機を調節する。E C U および制御アルゴリズムは、A B S システムで使用するためのファジイ論理制御アルゴリズムを実施できる A B S システムの機能水準の適切さをある程度決定するものである。40

【0062】

A B S システムは本質的に非線形でありかつ動的であるので、それらはファジイ論理制御のための主要候補である。ほとんどの滑走路表面では、制動力が航空機の車輪システムに印加されるとき、航空機と滑走路表面との間の摩擦に関する長手方向関係が急激に増大する。これらの条件下における車輪の滑りは、制動力の印加時に機体の速度と車輪回転速度の低下との間の差であると主に考えられる。摩擦が滑りに逆らって作用するのでブレーキが効く。十分な摩擦があれば滑りが多くなるほど、それだけ大きな制動力が航空機の運動量に対して加えられる。不都合なことに、R T O（離陸中断）時または表面摩擦係数が変動する濡れた表面もしくは氷結した表面の上では、滑りはそれ自体に逆らって作用する恐れがありかつ逆らって作用することになる。制動力が滑走路表面の有用な摩擦係50

数を超えて印加され続けると、制動機は、事実上の非摩擦環境で動作し始める。摩擦が低下していく環境で制動力が増大すると、しばしば車輪の完全な拘束をもたらす。滑っている車輪が生み出す摩擦は、回転している車輪の転がり摩擦よりも小さいことは数学的かつ経験的に証明済みである。

#### 【0063】

A B S 制御アルゴリズムは、温度変化および磁束界磁相互作用の動的性質による制動機トルクの非線形性に対処するべきである。また、タイヤの摩耗およびシステム構成要素の経年変化の影響は言うに及ばず、摩擦係数および滑走路表面の変化のような外的外乱も対処されるべきである。これらの有力要因はシステムの複雑さを増大させ、それは次にシステムを記述するために使用される数学的モデルに影響を与える。このモデルが複雑さを増していくと、A B S の制御に必要な方程式も複雑さを増していく。A B S の高度に動的性質のために、数多くの想定および初期条件を使用して制御を実現することができる。一旦制御が実現されると、システムは、離形実演設定で実施され、かつ試験される。次いで、システムは試験設定によって画定された望ましい制御状態に到達するように修正される。

10

#### 【0064】

ファジイ論理の性質のために、有力な動的要因は A B S 規則に基づいた記述で対処される。この種の「知的」制御は、システムコードの開発を早め得る。「Fuzzy Logic Anti-Lock Brake System for a Limited Range Coefficient of Friction Surface」(米国電気電子技術者学会 1993 年)と題する最近の文献が、システム製造業者の視点からファジイ A B S の初期開発に関連する問題のいくつかに対処する。

20

#### 【0065】

図 3 は、本発明に係るファジイ論理 A B S 制御のための方法および装置を例示するブロック図である。ファジイ論理 A B S に対する入力が図 3 に示されており、これらの入力は以下のものから成る。

#### 【0066】

1. 制動機：このブロックは制動機ペダルのデフレクション（偏倚）／アサーション（主張）を示す。この情報はデジタルまたはアナログ形式で取得され、それは駐機制動機の位置も示す。

30

#### 【0067】

2. 着陸モード：これは航空機が着陸モードにあるかどうかを示し、それはシステムに入力されるデータとして特定の滑走路データでプログラムすることもできる。

#### 【0068】

3. 離陸：この入力は航空機の離陸準備ができているかどうか、およびエンジンが動作しているか否かを登録する。

#### 【0069】

4. 帰還：このブロックは、温度、電流水準（発生した電流および／またはとりわけ車輪ハブの電動機／発電機に印加された電流）のような A B S システムの状態に関する入力セットを示す。

40

#### 【0070】

5. 車輪回転速度：典型的な応用例では、これは、それぞれの主着陸装置組立体の内部のそれぞれの車輪ハブの電動機／発電機からの 1 組の 4 つの入力信号を示し、これらの信号はそれぞれの車輪の回転速度に関する情報を伝達する。この情報を使用して制御アルゴリズムに関する全ての必要な情報を導出する。

#### 【0071】

6. データ入力および変数の重み付けは、主プログラム・インターフェイス・エンジン内部に導入された A B S 制御アルゴリズムに送られる前に、妥当性および適切な重み付けに関して様々な入力データを組み合わせて評価することを可能にする。

#### 【0072】

7. 主プログラム・インターフェイス・エンジンは、このような改良点が、可能性のあ

50

る誤差信号のようなデータを操縦士用の指示器に出力する電子制御装置、および制動システムの車輪ハブの電動機／発電機に印加される電力を制御するパルス幅変調制御装置によって使用するための入力データを処理するために利用可能になるときに、更新することができる。

【0073】

それぞれの車輪の加速および滑りは、それぞれの車輪からの信号を結合することによって計算可能である。次いで、これらの信号は望ましい制御を実現するためにファジイ論理 A B S システムで処理され、このような構成は、このような改良点が利用可能になるとき、改良された数値計算実行タイミングを利用するようになっている。

【0074】

車輪ハブの電動機／発電機として使用することおよび出力電力をレジスタバンクに印加することから成る動的制動が動作しているとき、この動的制御は、両方の制動システムが過剰な抵抗を生み出して車輪を滑らせ、したがって車輪のタイヤ上に平坦領域をもたらすので、制動システムが車輪ハブの電動機／発電機に対して自動制動システムを解除するように設定可能である。別の変型は混合制動である。混合制動を使用して制動をさらに一層効率的にする。A B S の帰還電子工学によって生み出された混合制動は、動的性質の下方域では、いくつかの自動制動システムを使用し、動的性質のより大きなアンペア数では、自動制動の使用（使用されていれば）が減少する。完全な動的性質では、自動制動機が完全に解除されようになり得る。混合制動は、車輪の滑り、および車輪ハブの電動機／発電機に関する加速度および速度のような他の制動制御回路に結び付いている。

10

【0075】

本発明の例示的な実施形態を説明してきたが、それは本発明における範囲を決して限定するものではない。任意の変更が可能であり、それらは添付の特許請求の範囲で画定された本発明の範囲内に包含されるべきものであることは当業者なら理解しよう。特許請求の範囲において、手段プラス機能節が使用されている場合には、それらは、説明された機能を実施するものとして本明細書で説明した構造的着想および構造的均等物ばかりでなく均等な構造も包含しようとするものである。

【0076】

好ましい実施形態の文脈で以上に本明細書に説明した本発明の方法は、本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、それらに変更および変形を実施することが可能であるので、それらの提示された細部に全てが限定されるものと考えるべきではない。例えば、本発明の原理は、それらのより広い態様では、制動が必要な列車、バス、貨物自動車、乗用車、もしくは船舶、または他の電気式駆動装置など、電気車両向けの他の動力および／または制動システムに応用することが可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【0077】

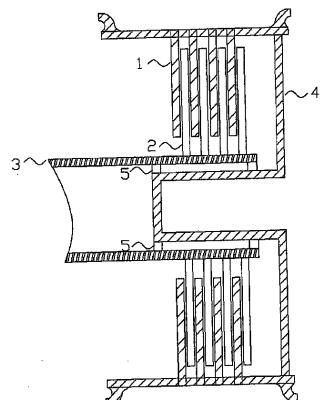
【図1】本発明に係る円板型軸線方向磁束車輪ハブの電動機／発電機の実施形態を示す断面図である。

【図2】本発明に係る着陸装置の方法を実施するために使用される1つ実現可能なスイッチング制御の実施態様を示すフローチャートである。

40

【図3】本発明に係るファジイ論理 A B S 制御のための方法および装置を例示するプロック図である。

【図1】



【図2】

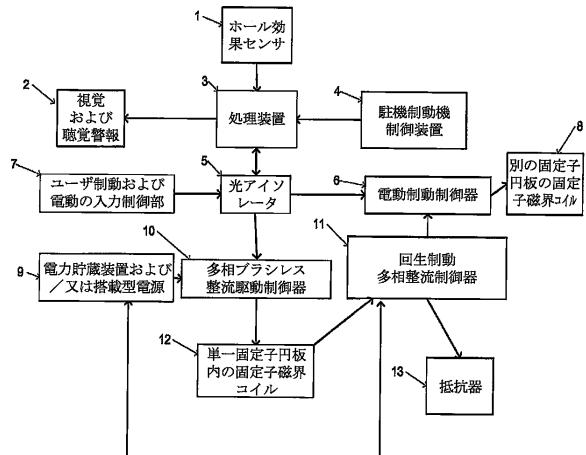
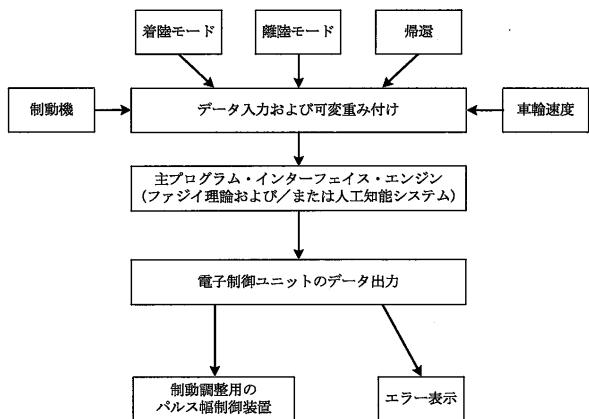


FIG. 1

【図3】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平03-295796(JP,A)  
特開昭62-265023(JP,A)  
国際公開第2003/047070(WO,A1)  
特表2003-532355(JP,A)  
特開2003-182399(JP,A)  
特開平08-289501(JP,A)  
特開平09-182329(JP,A)  
国際公開第2003/085806(WO,A1)  
特表平10-507897(JP,A)  
特開2001-238303(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 4 C	2 5 / 4 4
B 6 0 T	8 / 1 7
B 6 0 T	8 / 1 7 4
B 6 4 C	2 5 / 4 0
B 6 4 F	1 / 2 2