

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7101452号
(P7101452)

(45)発行日 令和4年7月15日(2022.7.15)

(24)登録日 令和4年7月7日(2022.7.7)

(51)国際特許分類	F I	
H 0 2 P 29/00 (2016.01)	H 0 2 P 29/00	
B 6 4 C 13/00 (2006.01)	B 6 4 C 13/00	Z
B 6 4 C 13/40 (2006.01)	B 6 4 C 13/40	
B 6 4 C 13/50 (2006.01)	B 6 4 C 13/50	

請求項の数 9 (全22頁)

(21)出願番号	特願2016-141814(P2016-141814)	(73)特許権者	503405689 ナプテスコ株式会社 東京都千代田区平河町二丁目7番9号
(22)出願日	平成28年7月19日(2016.7.19)	(74)代理人	100091487 弁理士 中村 行孝
(65)公開番号	特開2018-14800(P2018-14800A)	(74)代理人	100120031 弁理士 宮嶋 学
(43)公開日	平成30年1月25日(2018.1.25)	(74)代理人	100127465 弁理士 堀田 幸裕
審査請求日	令和1年6月19日(2019.6.19)	(74)代理人	100158964 弁理士 岡村 和郎
審判番号	不服2021-5567(P2021-5567/J1)	(72)発明者	中川 伸吾 岐阜県不破郡垂井町宮代1110-1 ナプテスコ株式会社 岐阜工場内
審判請求日	令和3年4月28日(2021.4.28)	(72)発明者	中嶋 一茂

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動アクチュエータ駆動制御装置及び航空機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の機器に搭載された電動アクチュエータを駆動制御する電動アクチュエータ駆動制御装置であって、

前記機器の第1環境に位置し、前記電動アクチュエータに電力を印加する駆動部と、
前記機器の第2環境に位置し、前記電動アクチュエータに印加する電力に関する情報を含む電力指令信号を前記駆動部へ送信する制御部と、を備え、

前記駆動部は、入力された電圧又は電流に応じて前記電動アクチュエータに電力を印加する駆動素子部と、前記電力指令信号を受信して前記駆動素子部に電圧又は電流を入力するインタフェース部と、を有し、

前記電動アクチュエータは、多相交流モータ又はブラシレスDCモータであり、
前記駆動部の前記駆動素子部は、前記多相交流モータ又はブラシレスDCモータの複数の相に対応する複数のスイッチング素子を含み、

前記インタフェース部は、前記複数のスイッチング素子のそれぞれに電圧又は電流を入力し、

前記制御部は、前記電力指令信号をシリアル通信で前記駆動部へ送信し、
前記インタフェース部は、前記制御部から前記シリアル通信で送信された前記電力指令信号に基づいてPWM信号を生成して前記駆動素子部に入力し、

前記制御部と前記駆動部との間におけるシリアル通信の周期が、前記インタフェース部が前記駆動素子部に入力するPWM信号の周期と異なり、

前記第 1 環境の温度は、前記第 2 環境の温度よりも高い、電動アクチュエータ駆動制御装置。

【請求項 2】

駆動部が、電源遮断スイッチを含むとともに前記駆動素子部に接続された駆動用電源部を有し、

前記インタフェース部は、前記制御部との間の通信エラーを検出した場合に前記電源遮断スイッチを制御して前記駆動用電源部から前記駆動素子部への電力供給を遮断する、請求項 1 に記載の電動アクチュエータ駆動制御装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記駆動部との間の通信エラーを検出した場合に、前記駆動部に接続されている電源を遮断する、請求項 1 又は 2 に記載の電動アクチュエータ駆動制御装置。

10

【請求項 4】

前記駆動部は、前記電動アクチュエータの電流値に関する情報を少なくとも含むモニタ情報を取得するモニタ部を更に有し、

前記インタフェース部は、前記モニタ情報を前記制御部へ送信する、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の電動アクチュエータ駆動制御装置。

【請求項 5】

前記電動アクチュエータ駆動制御装置は、複数の前記駆動部を備え、

前記制御部は、複数の前記駆動部のそれぞれに前記電力指令信号を送信する通信部を有する、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の電動アクチュエータ駆動制御装置。

20

【請求項 6】

前記制御部は、前記電動アクチュエータの目標速度に関する速度指令信号を受信して、前記電力指令信号を生成し前記駆動部へ送信する、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の電動アクチュエータ駆動制御装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記機器の目標動作状態に関する指令信号を受信して、前記電力指令信号を生成し前記駆動部へ送信する、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の電動アクチュエータ駆動制御装置。

【請求項 8】

前記第 1 環境は、航空機の翼部の空間の環境であり、

前記第 2 環境は、航空機の胴体部の空間の環境である、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の電動アクチュエータ駆動制御装置。

30

【請求項 9】

航空機であって、

動翼と、

前記動翼を駆動する作動機構と、

前記作動機構を直接的に又は間接的に駆動する電動モータと、

前記航空機の翼部の内部に位置し、前記電動モータに電力を印加する駆動部と、

前記航空機の胴体部に位置し、前記電動モータに印加する電力に関する情報を含む電力指令信号を前記駆動部へ送信する制御部と、を備え、

40

前記駆動部は、入力された電圧又は電流に応じて前記電動モータに電力を印加する駆動素子部と、前記電力指令信号を受信して前記駆動素子部に電圧又は電流を入力するインタフェース部と、を有し、

前記電動モータは、多相交流モータ又はブラシレス DC モータであり、

前記駆動部の前記駆動素子部は、前記多相交流モータ又はブラシレス DC モータの複数の相に対応する複数のスイッチング素子を含み、

前記インタフェース部は、前記複数のスイッチング素子のそれぞれに電圧又は電流を入力し、

前記制御部は、前記電力指令信号をシリアル通信で前記駆動部へ送信し、

前記インタフェース部は、前記制御部から前記シリアル通信で送信された前記電力指令信

50

号に基づいて P W M 信号を生成して前記駆動素子部に入力し、
前記制御部と前記駆動部との間におけるシリアル通信の周期が、前記インタフェース部
が前記駆動素子部に入力する P W M 信号の周期と異なる、航空機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、輸送機器などの機器に設置された電動アクチュエータを駆動及び制御する電動
アクチュエータ駆動制御装置に関する。例えば、本発明は、飛行機の動翼を駆動する作動
機構を駆動するための電動アクチュエータを駆動及び制御する電動アクチュエータ駆動制
御装置に関する。また、本発明は、電動モータ及び電動アクチュエータ駆動制御装置を備
える航空機に関する。

10

【背景技術】

【0002】

航空機などの輸送機器においては、電動モータなどの電動アクチュエータによって直接的
又は間接的に駆動される機械要素が用いられている。例えば特許文献1は、電動モータが
、航空機の昇降舵を駆動する油圧作動式の作動機構を、電動式の油圧ポンプを介して間接
的に駆動する例を開示している。特許文献1においては、電動モータを駆動及び制御する
ドライバ（電動モータ駆動制御装置）が、油圧ポンプ及びアクチュエータとともに尾翼の
内部に設けられている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2012-81828号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年においては、航空機などの機器の更なる小型化が要求されている。この結果、電動ア
クチュエータ駆動制御装置を配置するための空間における環境的な厳しさが増加し、電動
アクチュエータ駆動制御装置の信頼性設計の困難性が増加している。

【0005】

30

本発明は、このような課題を効果的に解決し得る電動アクチュエータ駆動制御装置を提供
することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、所定の機器に搭載された電動アクチュエータを駆動制御する電動アクチュエー
タ駆動制御装置であって、前記機器の第1環境に位置し、前記電動アクチュエータに電力
を印加する駆動部と、前記機器の第2環境に位置し、前記電動アクチュエータに印加する
電力に関する情報を含む電力指令信号を前記駆動部へ送信する制御部と、を備え、前記駆
動部が位置する前記第1環境は、前記制御部が位置する前記第2環境に比べて過酷である
、電動アクチュエータ駆動制御装置である。

40

【0007】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、駆動部は、入力された電圧又は
電流に応じて前記電動アクチュエータに電力を印加する駆動素子部と、前記電力指令信号
を受信して前記駆動素子部に電圧又は電流を入力するインタフェース部と、を有してい
てもよい。

【0008】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記電動アクチュエータは、多
相交流モータ又はブラシレスDCモータであり、前記駆動部の前記駆動素子部は、前記多
相交流モータ又はブラシレスDCモータの複数の相に対応する複数のスイッチング素子を
含み、前記インタフェース部は、前記複数のスイッチング素子のそれぞれに電圧又は電流

50

を入力してもよい。

【 0 0 0 9 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記制御部は、前記電力指令信号をシリアル通信で前記駆動部へ送信してもよい。

【 0 0 1 0 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記制御部は、前記電力指令信号を光通信で前記駆動部へ送信してもよい。

【 0 0 1 1 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記インタフェース部は、P W M信号を前記駆動素子部に入力してもよい。

10

【 0 0 1 2 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記制御部と前記駆動部との間におけるシリアル通信の周期が、前記インタフェース部が前記駆動素子部に入力するP W M信号の周期と異なってもよい。

【 0 0 1 3 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記制御部は、前記P W M信号を前記電力指令信号として光通信で前記駆動部へ送信してもよい。

【 0 0 1 4 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、駆動部が、電源遮断スイッチを含むとともに前記駆動素子部に接続された駆動用電源部を有し、前記インタフェース部は、前記制御部との間の通信エラーを検出した場合に前記電源遮断スイッチを制御して前記駆動用電源部から前記駆動素子部への電力供給を遮断してもよい。

20

【 0 0 1 5 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記制御部は、前記駆動部との間の通信エラーを検出した場合に、前記駆動部に接続されている電源を遮断してもよい。

【 0 0 1 6 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記駆動部は、前記電動アクチュエータの電流値に関する情報を少なくとも含むモニタ情報を取得するモニタ部を更に有し、前記インタフェース部は、前記モニタ情報を前記制御部へ送信してもよい。

【 0 0 1 7 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記電動アクチュエータ駆動制御装置は、複数の前記駆動部を備え、前記制御部は、複数の前記駆動部のそれぞれに前記電力指令信号を送信する通信部を有してもよい。

30

【 0 0 1 8 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記制御部は、前記電動アクチュエータの目標速度に関する速度指令信号を受信して、前記電力指令信号を生成し前記駆動部へ送信してもよい。

【 0 0 1 9 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記制御部は、前記機器の目標動作状態に関する指令信号を受信して、前記電力指令信号を生成し前記駆動部へ送信してもよい。

40

【 0 0 2 0 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記第1環境の温度は、前記第2環境の温度よりも高くなってもよい。

【 0 0 2 1 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記第1環境は、航空機の翼部の環境であり、前記第2環境は、航空機の胴体部の環境であってもよい。

【 0 0 2 2 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記第1環境は、自動車のホイール内又はブレーキ装置内の環境であり、前記第2環境は、自動車の車両内部の環境であ

50

ってもよい。

【 0 0 2 3 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記第 1 環境は、船舶のエンジンの吸排気口近傍の環境であり、前記第 2 環境は、船舶のエンジンの近傍又はエンジン制御室内の環境であつてもよい。

【 0 0 2 4 】

本発明による電動アクチュエータ駆動制御装置において、前記第 1 環境は、鉄道車両のブレーキ装置内の環境であり、前記第 2 環境は、鉄道車両の床下に設けられる機器箱内の環境であつてもよい。

【 0 0 2 5 】

本発明は、航空機であつて、動翼と、前記動翼を駆動する作動機構と、前記作動機構を直接的に又は間接的に駆動する電動モータと、前記航空機の翼部の内部に位置し、前記電動モータに電力を印加する駆動部と、前記航空機の胴体部に位置し、前記電動モータに印加する電力に関する情報を含む電力指令信号を前記駆動部へ送信する制御部と、を備える、航空機である。

【発明の効果】

【 0 0 2 6 】

本発明によれば、耐環境性の低い部品が環境的に厳しい空間に配置されることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 7 】

【図 1】一実施形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置を備える航空機の一部を示す模式図である。

【図 2】一実施形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置の、胴体部に配置された構成要素を示す図である。

【図 3】一実施形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置の、翼部に配置された構成要素を示す図である。

【図 4】図 4 に示す駆動部のインタフェース部の演算部に入力される信号及び演算部から出力される信号を示す図である。

【図 5】本発明の実施形態に係る駆動部及び制御部の配置の一例を示す縦断面図である。

【図 6】比較の形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置を示す図である。

【図 7】比較の形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置の配置を示す縦断面図である。

【図 8】通信エラーが生じた場合の駆動部の動作の一例を説明するためのフローチャートである。

【図 9】通信エラーが生じた場合の制御部の動作の一例を説明するためのフローチャートである。

【図 10】第 1 変形例に係る電動アクチュエータ駆動制御装置の、胴体部に配置された構成要素を示す図である。

【図 11】第 1 変形例に係る電動アクチュエータ駆動制御装置の、翼部に配置された構成要素を示す図である。

【図 12】図 11 に示す駆動部のインタフェース部の通信 IC に入力される信号及び通信 IC から出力される信号を示す図である。

【図 13】第 2 変形例に係る電動アクチュエータ駆動制御装置を示す図である。

【図 14】第 4 変形例に係る電動アクチュエータ駆動制御装置を備える航空機の一部を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

以下、本発明の実施形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態は、本発明の実施形態の一例であつて、本発明はこれらの実施形態に限定して解釈されるものではない。また、本実施形態で参

10

20

30

40

50

照する図面において、同一部分または同様な機能を有する部分には同一の符号または類似の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。また、図面の寸法比率は、説明の都合上、実際の比率とは異なる場合があり、また、構成の一部が図面から省略される場合がある。

【 0 0 2 9 】

本実施の形態においては、電動アクチュエータ駆動制御装置が、航空機の動翼の1つである昇降舵（エレベータ）を駆動するための電動アクチュエータを駆動及び制御する例について説明する。

【 0 0 3 0 】

航空機

10

図1は、本実施の形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置25を備える航空機10の後部を示す模式図である。航空機10は、胴体部11及び翼部12を備える。翼部12は、航空機10の後部に位置する一対の水平尾翼121を含む。なお、図1においては、垂直尾翼を省略している。

【 0 0 3 1 】

一対の水平尾翼121には、航空機10の舵面を構成する動翼として、昇降舵13がそれぞれ設けられている。昇降舵13は、昇降舵駆動システム20によって駆動される。昇降舵駆動システム20は、作動機構21、作動機構駆動装置22、電動アクチュエータ駆動制御装置25、駆動用電源装置50、制御用電源装置55及び上位制御装置56を有する。

【 0 0 3 2 】

20

作動機構21は、水平尾翼121に配置されており、昇降舵13を駆動する。図1に示す例において、作動機構21は、油圧式の作動機構である。

【 0 0 3 3 】

作動機構駆動装置22は、水平尾翼121に配置された油圧ポンプ23及び電動アクチュエータ24を含む。油圧ポンプ23は、作動機構21に圧油を供給して作動機構21を作動させる。本実施の形態において、電動アクチュエータ24は、電力を供給されることによって回転する回転モータ24である。回転モータ24は、油圧ポンプ23に対して、カップリングを介して連結され、又はカップリングを介さずに直結されており、油圧ポンプ23を駆動することができる。回転モータ24は、例えば多相交流モータ又はブラシレスDCモータである。ここでは、回転モータ24が三相交流モータである例について説明する。

30

【 0 0 3 4 】

なお、図示はしないが、作動機構21は、電動式の作動機構であってもよい。この場合、作動機構駆動装置22の回転モータ24は、作動機構21を直接的に駆動してもよい。

【 0 0 3 5 】

電動アクチュエータ駆動制御装置25は、上位制御装置56からの指令信号に基づいて、回転モータ24を駆動し回転モータ24の状態を制御する。なお、本実施の形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置25は、作動機構21が油圧式の場合、及び作動機構21が電動式の場合のいずれにも適用可能である。すなわち、電動アクチュエータ駆動制御装置25は、油圧ポンプ23を介して油圧式の作動機構21を間接的に駆動する回転モータ24を駆動及び制御することができる。また、電動アクチュエータ駆動制御装置25は、電動式の作動機構21を直接的に駆動する回転モータ24を駆動及び制御することもできる。

40

【 0 0 3 6 】

駆動用電源装置50は、回転モータ24などを駆動するための、高圧例えば270ボルトの電力を供給する電源である。駆動用電源装置50は、後述するように、駆動用電源ライン16を介して電動アクチュエータ駆動制御装置25の駆動部30に電力を供給する。駆動用電源装置50は、胴体部11の例えば電気ベイ111に配置されている。

【 0 0 3 7 】

制御用電源装置55は、制御用の装置で用いられる、例えば28Vの電力を供給する電源

50

である。制御用電源装置 55 は、後述するように、電動アクチュエータ駆動制御装置 25 の制御部 40 に電力を供給する。制御用電源装置 55 は、胴体部 11 の例えば電気ベイ 111 に配置されている。

【0038】

上位制御装置 56 は、例えばフライトコントロールコンピュータ (FCC: Flight Control Computer) である。上位制御装置 56 は、昇降舵 13 の舵面の目標角度に、基づいて、作動機構 21 の目標動作状態を、例えば作動機構 21 のシリンダの目標位置を算出する。また、上位制御装置 56 は、作動機構 21 の目標位置に基づいて、回転モータ 24 の目標速度を算出し、回転モータ 24 の目標速度に関する速度指令信号を電動アクチュエータ駆動制御装置 25 に入力する。上位制御装置 56 は、胴体部 11 の例えば電気ベイ 111

10

【0039】

電動アクチュエータ駆動制御装置

以下、電動アクチュエータ駆動制御装置 25 の構成について説明する。電動アクチュエータ駆動制御装置 25 は、駆動部 30 及び制御部 40 を備える。図 1 に示すように、駆動部 30 は、水平尾翼 121 の内部に配置されている。一方、制御部 40 は、胴体部 11 の内部に配置されており、例えば、上位制御装置 56 と同様に電気ベイ 111 に配置されている。このように本実施の形態においては、電動アクチュエータ駆動制御装置 25 を構造的に駆動部 30 及び制御部 40 に分割して、駆動部 30 を水平尾翼 121 に配置し、制御部 40 を電気ベイ 111 に配置している。これにより、駆動部 30 及び制御部 40 の両方を水平尾翼 121 に配置する場合に比べて、水平尾翼 121 の小型化や軽量化を実現することができる。

20

【0040】

制御部 40 は、上位制御装置 56 からの指令信号に基づいて、回転モータ 24 を駆動するための駆動部 30 を制御する。例えば、制御部 40 は、回転モータ 24 に印加する電力に関する情報を含む電力指令信号を、通信ライン 19 を介して駆動部 30 へ送信する。ここで「電力」とは、回転モータ 24 に印加する電流又は電圧の少なくとも一方を含む概念である。例えば、電力指令信号は、回転モータ 24 に印加する電流 (目標電流値) に関する情報、又は、回転モータ 24 に印加する電圧 (目標電圧値) に関する情報の少なくとも一方を含んでいる。

30

【0041】

駆動部 30 は、制御部 40 からの電力指令信号に基づいて、回転モータ 24 に電力を印加する。例えば、駆動部 30 は、制御部 40 からの電力指令信号に含まれる目標電流値が回転モータ 24 に流れるように、パルス幅変調制御 (PWM 制御) を行う。

【0042】

(制御部の構成)

次に、図 2 を参照して、制御部 40 の構成について詳細に説明する。図 2 は、電動アクチュエータ駆動制御装置 25 の構成要素のうち、制御部 40 などの、胴体部 11 に配置された構成要素を示す図である。制御部 40 は、制御素子部 41、モニタ素子部 42、上位側通信部 43、下位側通信部 44 及び電源部 45 を有する。

40

【0043】

制御素子部 41 は、上位側通信部 43 を介して得た上位制御装置 56 からの指令信号、駆動部 30 からのモニタ情報などに基づいて、回転モータ 24 を制御するための電力指令信号を生成する。また、制御素子部 41 は、上位制御装置 56 からの指令信号、駆動部 30 からのモニタ情報などに基づいて、駆動部 30 の後述する駆動素子部 31 などを停止するための停止指令信号を生成する。モニタ素子部 42 は、下位側通信部 44 を介して得た駆動部 30 からの情報を、制御素子部 41 に入力する。制御素子部 41 及びモニタ素子部 42 の詳細な構成については後述する。

【0044】

上位側通信部 43 は、上位制御装置 56 からの指令信号を受信して、制御素子部 41 に入

50

力する。また、上位側通信部 4 3 は、制御素子部 4 1 又はモニタ素子部 4 2 から入力された信号を、上位制御装置 5 6 へ送信する。上位側通信部 4 3 は、例えば、トランシーバ I C などの通信用 I C を含む。上位側通信部 4 3 は、上位制御装置 5 6 と制御素子部 4 1 との間の通信のための通信用 I C 4 3 1 と、上位制御装置 5 6 とモニタ素子部 4 2 との間の通信のための通信用 I C 4 3 2 とを含んでいてもよい。

【 0 0 4 5 】

下位側通信部 4 4 は、電力指令信号、停止指令信号などの制御素子部 4 1 からの指令信号を受信して、駆動部 3 0 へ送信する。また、下位側通信部 4 4 は、駆動部 3 0 からのモニタ情報を受信して、制御素子部 4 1 及びモニタ素子部 4 2 に入力する。下位側通信部 4 4 も、上位側通信部 4 3 と同様に、トランシーバ I C などの通信用 I C を含む。下位側通信部 4 4 は、制御素子部 4 1 からの信号を、通信ライン 1 9 を介して駆動部 3 0 へ送信する。好ましくは、下位側通信部 4 4 は、制御素子部 4 1 からの信号をシリアル通信で駆動部 3 0 へ送信する。これにより、信号をパラレル通信で駆動部 3 0 へ送信する場合に比べて、通信の同期が容易になり、また、ノイズの放出量を低減することができる。

10

【 0 0 4 6 】

電源部 4 5 は、電源 I C 4 5 1、E M I フィルタ 4 5 2、電源モニタ 4 5 3、電流モニタ 4 5 4 及び電源遮断スイッチ 4 5 5 を含む。電源 I C 4 5 1 は、制御用電源装置 5 5 からの電力の供給を受けて、制御部 4 0 のその他の構成要素に電力を供給する。また、電源 I C 4 5 1 は、制御用電源ライン 1 8 を介して駆動部 3 0 に電力を供給する。制御用電源装置 5 5 から供給される電力の電圧と、電源 I C 4 5 1 が出力する電力の電圧とは、同一であってよく、異なってもよい。

20

【 0 0 4 7 】

E M I フィルタ 4 5 2 は、電源 I C 4 5 1 の入力側に設けられており、制御用電源装置 5 5 から供給される電力に含まれるノイズを低減する。E M I フィルタ 4 5 2 の上流側に耐雷素子 T R が設けられていてもよい。

【 0 0 4 8 】

電源モニタ 4 5 3、電流モニタ 4 5 4、及び電源遮断スイッチ 4 5 5 は、電源 I C 4 5 1 の出力側に設けられている。電源モニタ 4 5 3 は、電源 I C 4 5 1 の出力電圧など、電源 I C 4 5 1 の出力側の状態をモニタする。電流モニタ 4 5 4 は、電源 I C 4 5 1 の出力電流をモニタする。電流モニタ 4 5 4 は、例えば、電源 I C 4 5 1 の出力端子に接続された電源ラインに挿入された抵抗器の端子電圧に基づいて出力電流を算出するよう構成されている。

30

【 0 0 4 9 】

電源遮断スイッチ 4 5 5 は、電源 I C 4 5 1 の出力側の電源ラインに挿入されたスイッチである。電源遮断スイッチ 4 5 5 は、電流モニタ 4 5 4 によってモニタされた電流値が所定の閾値を超えた場合に、電源ラインを分断し、電源 I C 4 5 1 から駆動部 3 0 などへの電力供給を遮断する。電源遮断スイッチ 4 5 5 は、電源モニタ 4 5 3 によってモニタされた電圧値が所定の閾値を超えた場合に、電源ラインを分断してもよい。また、電源遮断スイッチ 4 5 5 は、制御素子部 4 1 からの制御に応じて電源ラインを分断してもよい。

【 0 0 5 0 】

図 2 に示すように、制御部 4 0 のグランドがグランドライン 1 7 を介して駆動部 3 0 に接続されていてもよい。

40

【 0 0 5 1 】

〔 制御素子部 〕

以下、制御素子部 4 1 について詳細に説明する。図 2 に示すように、制御素子部 4 1 は、制御用演算素子 4 1 1、不揮発性メモリ 4 1 2、ウォッチドッグタイマー 4 1 3、発振子 4 1 4 及び論理回路 4 1 5 を含む。

【 0 0 5 2 】

制御用演算素子 4 1 1 は、例えば C P U である。制御用演算素子 4 1 1 は、不揮発性メモリ 4 1 2 に記録されている情報、上位制御装置 5 6 からの指令信号、駆動部 3 0 からのモ

50

ニタ情報などに基づいて、回転モータ 2 4 を制御するための電力指令信号を生成する。

【 0 0 5 3 】

また、制御用演算素子 4 1 1 は、電源部 4 5 の上述の電源遮断スイッチ 4 5 5 や、駆動用電源装置 5 0 の電源遮断部 5 1 など、電源を遮断するための構成要素の制御を行ってもよい。例えば、制御用演算素子 4 1 1 は、駆動部 3 0 からのモニタ情報が所定の範囲から外れた場合に、論理回路 4 1 5 を介して電源遮断部 5 1 を制御して、駆動用電源装置 5 0 から駆動部 3 0 への電力供給を遮断してもよい。例えば、回転モータ 2 4 に流れる電流が所定の閾値を超えた場合などである。また、制御用演算素子 4 1 1 は、下位側通信部 4 4 と駆動部 3 0 との間の通信エラーを検出した場合に、駆動用電源装置 5 0 から駆動部 3 0 への電力供給を遮断してもよい。

10

【 0 0 5 4 】

ウォッチドッグタイマー 4 1 3 は、制御用演算素子 4 1 1 で実行されているプログラムが、ハングアップなどの不正な状態に陥った場合に、制御用演算素子 4 1 1 のリセット処理を行う。

【 0 0 5 5 】

〔モニタ素子部〕

以下、モニタ素子部 4 2 について詳細に説明する。図 2 に示すように、モニタ素子部 4 2 は、モニタ用演算素子 4 2 1、不揮発性メモリ 4 2 2、ウォッチドッグタイマー 4 2 3 及び発振子 4 2 4 を含む。モニタ用演算素子 4 2 1 は、例えば CPU である。モニタ用演算素子 4 2 1 は、不揮発性メモリ 4 2 2 に記録されている情報に基づいて、駆動部 3 0 からのモニタ情報を処理する。また、モニタ用演算素子 4 2 1 は、モニタ情報を制御用演算素子 4 1 1 に入力する。また、モニタ用演算素子 4 2 1 は、通信用 IC 4 3 2 を介してモニタ情報を上位制御装置 5 6 へ送信する。

20

【 0 0 5 6 】

ウォッチドッグタイマー 4 2 3 は、モニタ用演算素子 4 2 1 で実行されているプログラムが、ハングアップなどの不正な状態に陥った場合に、モニタ用演算素子 4 2 1 のリセット処理を行う。

【 0 0 5 7 】

〔駆動部の構成〕

次に、図 3 を参照して、駆動部 3 0 の構成について詳細に説明する。図 3 は、水平尾翼 1 2 1 の内部に配置された駆動部 3 0 の構成を示す図である。図 3 は、駆動部 3 0 によって駆動される回転モータ 2 4 の構成も併せて示す。

30

【 0 0 5 8 】

駆動部 3 0 は、駆動素子部 3 1、インタフェース部 3 2、駆動用電源部 3 3、モニタ部 3 4 及び制御用電源部 3 5 を有する。

【 0 0 5 9 】

駆動素子部 3 1 は、入力された電圧又は電流に応じて回転モータ 2 4 に電力を印加する。例えば、回転モータ 2 4 が三相交流モータである場合、駆動素子部 3 1 は、6 つのスイッチング素子 3 1 1 を含む三相インバータ回路である。各スイッチング素子 3 1 1 は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、GaN (Gallium Nitride) トランジスタ、SiC (Silicon Carbide) トランジスタなどである。各スイッチング素子 3 1 1 は、回転モータ 2 4 の入力端子に電気的に接続されている。スイッチング素子 3 1 1 は、インタフェース部 3 2 からの PWM 信号に応じてオン状態又はオフ状態になる。駆動素子部 3 1 は、各スイッチング素子 3 1 1 に接続された回生電力消費回路 3 1 2 を含んでいてもよい。

40

【 0 0 6 0 】

インタフェース部 3 2 は、制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 と通信ライン 1 9 を介して通信可能に接続された演算部 3 2 1 を含む。演算部 3 2 1 は、例えば FPGA を含む。演算部 3 2 1 は、制御部 4 0 からの電力指令信号に含まれる目標電流値などの情報に基づいて、駆動素子部 3 1 の各スイッチング素子 3 1 1 に入力する PWM 信号を生成する。

50

【 0 0 6 1 】

図 4 は、演算部 3 2 1 に入力される信号及び演算部 3 2 1 から出力される信号を示す図である。図 4 に示すように、演算部 3 2 1 と制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 との間でシリアル通信を行うための通信ライン 1 9 は、一对の差動信号ライン 1 9 1、1 9 2 及びクロックライン 1 9 3 を含む。演算部 3 2 1 は、制御部 4 0 からの信号に基づいて P W M 信号を生成して駆動素子部 3 1 へ出力する。このように、演算部 3 2 1 は、駆動素子部 3 1 との間で P W M 信号の平行通信を行いながら、制御部 4 0 との間での物理的な通信方式を、シリアル通信などに自由に設定することができる。

【 0 0 6 2 】

好ましくは、演算部 3 2 1 と制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 との間におけるシリアル通信の基本周期 P 1 は、P W M 信号の基本周期 P 2 と異なっている。このことにより、P W M 信号に起因するノイズによって演算部 3 2 1 と制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 との間におけるシリアル通信が阻害されることを抑制することができる。これによって、通信の信頼性を高めることができる。

10

【 0 0 6 3 】

インタフェース部 3 2 は、演算部 3 2 1 と駆動素子部 3 1 との間に位置するプリドライバ 3 2 2 を含んでいてもよい。プリドライバ 3 2 2 は、演算部 3 2 1 が生成した P W M 信号を増幅して、駆動素子部 3 1 の各スイッチング素子 3 1 1 に入力する。なお、演算部 3 2 1 からの電氣的な出力が、スイッチング素子 3 1 1 を駆動し得る程度に大きい場合、プリドライバ 3 2 2 が設けられていなくてもよい。

20

【 0 0 6 4 】

インタフェース部 3 2 は、制御部 4 0 からの信号に基づいて回転モータ 2 4 を停止させることができるよう構成されていてもよい。例えば、インタフェース部 3 2 の演算部 3 2 1 は、回転モータ 2 4 に設けられたダイナミックブレーキ 2 4 2 を制御して回転モータ 2 4 を停止できるように構成されている。なお、ダイナミックブレーキ 2 4 2 は、通常、作動機構 2 1 が電動式である場合に設けられる。

【 0 0 6 5 】

駆動用電源部 3 3 は、駆動用電源ライン 1 6 を介して供給された駆動用電力を駆動素子部 3 1 に供給する。駆動用電源部 3 3 は、電源遮断スイッチ 3 3 1 を含んでいてもよい。電源遮断スイッチ 3 3 1 は、作動機構 2 1、回転モータ 2 4 や電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の各構成要素が異常な状態に陥った場合に、電源ラインを分断し、駆動素子部 3 1 への電力供給を遮断する。

30

【 0 0 6 6 】

また、駆動用電源部 3 3 は、E M I フィルタ 3 3 2 や耐雷素子 T R を含んでいてもよい。

【 0 0 6 7 】

モニタ部 3 4 は、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の各構成要素の動作状態に関するモニタ情報を取得するよう構成されている。例えば、モニタ部 3 4 は、駆動素子部 3 1 と回転モータ 2 4 との間で接続ラインに挿入された抵抗器の端子電圧に基づいて、回転モータ 2 4 の電流値に関する情報を取得する。また、モニタ部 3 4 は、駆動用電源部 3 3 の電源ラインに挿入された抵抗器の端子電圧に基づいて、駆動用電源部 3 3 の電流値に関する情報を取得してもよい。

40

【 0 0 6 8 】

また、モニタ部 3 4 は、作動機構 2 1 及び回転モータ 2 4 の動作状態に関するモニタ情報を取得するよう構成されていてもよい。

例えば、回転モータ 2 4 には、回転モータ 2 4 の回転軸の回転角を検出する回転角検出器 2 4 1 が設けられている。回転角検出器 2 4 1 は、例えばレゾルバである。この場合、モニタ部 3 4 は、回転角検出器 2 4 1 からの信号に基づいて、回転モータ 2 4 の回転軸の位置及び速度に関する情報を取得することができる。

また、作動機構 2 1 には、作動機構 2 1 のシリンダの位置を検出する位置検出器 2 1 1 が設けられている。この場合、モニタ部 3 4 は、位置検出器 2 1 1 からの信号に基づいて、

50

作動機構 2 1 の位置に関する情報を取得することができる。

【 0 0 6 9 】

モニタ部 3 4 は、例えば A D コンバータ 3 4 1 及びアナログインタフェース回路 3 4 2 を含む。アナログインタフェース回路 3 4 2 は、抵抗器、回転角検出器 2 4 1、位置検出器 2 1 1 から取得したアナログ信号を処理する。例えば、アナログ信号を増幅する。A D コンバータ 3 4 1 は、アナログインタフェース回路 3 4 2 からのアナログ信号をデジタル信号に変換して、インタフェース部 3 2 に入力する。その後、モニタ情報は、通信ライン 1 9 を介して制御部 4 0 へ送信される。

【 0 0 7 0 】

制御用電源部 3 5 は、制御用電源ライン 1 8 を介して供給された制御用電力を、インタフェース部 3 2、モニタ部 3 4 などに供給する。

【 0 0 7 1 】

(駆動部及び制御部の配置)

次に、駆動部 3 0 及び制御部 4 0 の配置について説明する。図 5 は、駆動部 3 0 及び制御部 4 0 の配置の一例を示す縦断面図である。

【 0 0 7 2 】

図 5 に示すように、駆動部 3 0 は、例えば、水平尾翼 1 2 1 の内部に配置されたハウジング 3 0 1 と、ハウジング 3 0 1 に収容された基板 3 0 2 及び駆動素子部 3 1 とを有する。基板 3 0 2 には、上述のインタフェース部 3 2、駆動用電源部 3 3、モニタ部 3 4、制御用電源部 3 5 などが設けられている。

【 0 0 7 3 】

図 5 に示すように、制御部 4 0 は、例えば、航空機 1 0 の電気ベイ 1 1 1 に配置されたハウジング 4 0 1 と、ハウジング 4 0 1 に収容された基板 4 0 2 とを有する。基板 4 0 2 には、上述の制御素子部 4 1、モニタ素子部 4 2、上位側通信部 4 3、下位側通信部 4 4、電源部 4 5 などが設けられている。制御部 4 0 は、水平尾翼 1 2 1 の内部に配置された駆動部 3 0 との間で、通信ライン 1 9 を介して通信可能である。図示はしないが、制御部 4 0 が配置された電気ベイ 1 1 1 の内部に、駆動用電源装置 5 0、制御用電源装置 5 5、上位制御装置 5 6 などが更に配置されていてもよい。

【 0 0 7 4 】

ところで、水平尾翼 1 2 1 などの翼部 1 2 は、空気抵抗を低減するなどの目的から薄く構成されており、このため、翼部 1 2 の内部の空間の容積や寸法は、電気ベイ 1 1 1 などの胴体部 1 1 の内部の空間の容積や寸法に比べて制限される。例えば、水平尾翼 1 2 1 の内部の空間の高さ L 1 は、電気ベイ 1 1 1 の内部の空間の高さ L 2 に比べて小さい。

【 0 0 7 5 】

容積や寸法が小さいことにより、翼部 1 2 の内部の環境は、電気ベイ 1 1 1 の内部の環境に比べて過酷になる。例えば、翼部 1 2 の内部の温度は、電子部品などの発熱に起因して上昇し易い。このため、翼部 1 2 の内部の環境は、電気ベイ 1 1 1 の内部の環境に比べて熱的に厳しい。

【 0 0 7 6 】

また、近年、水平尾翼 1 2 1 などの翼部 1 2 の材料として、軽量化のために複合材料が用いられている。一方、複合材料の熱伝導率は、金属材料の熱伝導率に比べて一般に低い。このため、翼部 1 2 の内部で発生した熱は、伝導伝熱によっては外部に放熱されにくい。水平尾翼 1 2 1 などの翼部 1 2 の内部の熱を放熱する方法として、翼部 1 2 に通気孔を設けて対流伝熱によって放熱することも考えられる。しかしながら、翼部 1 2 に通気孔を設けると、翼部 1 2 の空気抵抗が増加し、航空機 1 0 の燃費が低下してしまう。

このように、翼部 1 2 の内部は、熱的に厳しい環境であり、また、熱的な環境の改善が困難な環境である。以下の説明において、翼部 1 2 の内部などの過酷な環境を第 1 環境 S 1 と称し、電気ベイ 1 1 1 の内部などの、水平尾翼 1 2 1 の内部に比べて穏やかな環境を第 2 環境 S 2 と称することがある。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

本実施の形態によれば、電動アクチュエータ駆動制御装置 25 を構造的に駆動部 30 及び制御部 40 に分割して、駆動部 30 を第 1 環境 S1 に配置し、制御部 40 を第 2 環境 S2 に配置している。これによって、耐環境性の低い部品が過酷な第 1 環境 S1 に配置されることを抑制することができる。

【0078】

比較の形態

本実施の形態によってもたらされる効果についてより詳細に説明するため、比較の形態として、従来の電動アクチュエータ駆動制御装置 60 について説明する。図 6 は、比較の形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置 60 の構成を示す図である。また、図 7 は、比較の形態に係る電動アクチュエータ駆動制御装置 60 の配置を示す縦断面図である。なお、比較の形態で参照する図面において、上述の実施の形態の場合と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

10

【0079】

比較の形態による電動アクチュエータ駆動制御装置 60 は、上述の実施の形態に係る駆動部 30 及び制御部 40 の両方の機能を備える。具体的には、電動アクチュエータ駆動制御装置 60 は、図 6 に示すように、駆動素子部 31、プリドライバ 322、駆動用電源部 33、モニタ部 34、制御素子部 41、モニタ素子部 42、上位側通信部 43 及び電源部 45 を有する。また、比較の形態においては、図 7 に示すように、電動アクチュエータ駆動制御装置 60 全体が水平尾翼 121 の内部に配置される。具体的には、電動アクチュエータ駆動制御装置 60 は、水平尾翼 121 の内部に配置されたハウジング 601 と、ハウジング 601 に収容された駆動素子部 31、第 1 基板 602 及び第 2 基板 603 を有する。第 1 基板 602 には、プリドライバ 322、駆動用電源部 33 などが設けられており、駆動素子部 31 の近傍に配置されている。第 2 基板 603 には、モニタ部 34、制御素子部 41、モニタ素子部 42、上位側通信部 43、電源部 45 などが設けられている。

20

【0080】

駆動素子部 31 のスイッチング素子 311 には、高電圧及び高電流が印加され、大きなスイッチング損失及び発熱が生じるので、水平尾翼 121 の内部が高温の環境になる。一方、集積回路などの電子部品においては、一般に、集積度が高くなるほど、単位面積あたりで生じる発熱量が高くなり、このため、耐え得る環境温度が低くなる。すなわち、耐熱性が低くなる。例えば、制御素子部 41 の制御用演算素子 411 及び不揮発性メモリ 412、並びにモニタ素子部 42 のモニタ用演算素子 421 及び不揮発性メモリ 422 などは、集積度が高く、耐熱性が低い電子部品である。このため、駆動素子部 31 と制御素子部 41 及びモニタ素子部 42 とを同一の空間に配置する場合、制御素子部 41 及びモニタ素子部 42 の周囲温度が高くなり、制御素子部 41 及びモニタ素子部 42 の信頼性が低下してしまう。

30

【0081】

制御素子部 41 及びモニタ素子部 42 の周囲温度が高くなるのを抑制するために、制御素子部 41、モニタ素子部 42 などが設けられる第 2 基板 603 を、駆動素子部 31 から遠ざけることが考えられる。しかしながら、この場合、ハウジング 601 の容積が大きくなり、水平尾翼 121 の小型化が困難になってしまう。

40

【0082】

これに対して、本実施の形態によれば、制御素子部 41 やモニタ素子部 42 などの熱に対して敏感な構成要素を含む制御部 40 を、駆動部 30 から構造的に分割して、電気ベイ 111 などの第 2 環境 S2 に配置している。このため、制御部 40 の周囲の熱的な環境を容易に改善することができる。このことにより、制御部 40 の信頼性を高めることができる。

【0083】

また、制御素子部 41 及びモニタ素子部 42 を含む制御部 40 を胴体部 11 に配置するので、水平尾翼 121 に配置される構成要素の数が少なくなる。これにより、水平尾翼 121 の内部に配置される駆動部 30 によって占有される体積を削減することができる。このため、水平尾翼 121 に必要になる容積を削減することができ、水平尾翼 121 を小型化

50

することができる。

【 0 0 8 4 】

なお、第 1 環境と第 2 環境の差が、温度の差に限られることはない。例えば、第 1 環境と第 2 環境の差は、宇宙線の到達のし易さや振動の程度であってもよい。

【 0 0 8 5 】

以下、宇宙線の到達のし易さという環境について説明する。水平尾翼 1 2 1 などの翼部 1 2 は、外部に対して胴体部 1 1 から突出している。このため、翼部 1 2 の内部の空間には、胴体部 1 1 の内部の空間に比べて、宇宙線が到達し易い。また、上述のように翼部 1 2 の材料として複合材料が用いられる場合、翼部 1 2 の内部の空間に宇宙線が更に到達し易くなる。このように、翼部 1 2 の内部などの第 1 環境は、宇宙線に関しても、胴体部 1 1 の内部などの第 2 環境に比べて厳しい。集積回路などの電子部品においては、集積度が高くなるほど、宇宙線に起因する異常が生じやすいと考えられる。

10

【 0 0 8 6 】

ここで本実施の形態によれば、制御素子部 4 1 やモニタ素子部 4 2 などの宇宙線に対して敏感な構成要素を含む制御部 4 0 を、駆動部 3 0 から構造的に分割して、電気ベイ 1 1 1 などの胴体部 1 1 の空間に配置している。このため、制御部 4 0 の周囲の宇宙線に関する環境を改善することができる。このことにより、制御部 4 0 の信頼性を高めることができる。

【 0 0 8 7 】

通信エラーへの対応手段

本実施の形態においては、上述のように、制御部 4 0 を駆動部 3 0 から構造的に分割して胴体部 1 1 の内部に配置する。従って、駆動部 3 0 と制御部 4 0 との間で、所定の信頼性を有する通信手法を確立する必要がある。しかしながら、通信の不具合を完全になくすことは容易ではない。この点を考慮し、本実施の形態においては、駆動部 3 0 と制御部 4 0 との間において通信エラーが生じた場合の対応手段を電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 に設けておくことが好ましい。以下、対応手段の例について説明する。

20

【 0 0 8 8 】

まず、駆動部 3 0 と制御部 4 0 との間における通信エラーを駆動部 3 0 が検出した場合について説明する。ここでは、駆動部 3 0 と制御部 4 0 との間の通信が、RS - 2 3 2 C などのシリアル通信である例について説明する。この場合、駆動部 3 0 のインタフェース部 3 2 の演算部 3 2 1 は、制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 へ信号を送信した後、下位側通信部 4 4 からレスポンスメッセージが適切に返信されてくるか否かにより、通信が正常状態かエラー状態かを判定することができる。

30

【 0 0 8 9 】

図 8 は、通信エラーが生じた場合の駆動部 3 0 の動作の一例を説明するためのフローチャートである。駆動部 3 0 の演算部 3 2 1 は、通信エラーが発生しているか否かを、例えば一定の周期で繰り返し確認する (S 1 1)。通信エラーが発生していない場合 (S 1 1 において N O)、演算部 3 2 1 は、駆動素子部 3 1 の P W M 制御を継続する (S 1 2)。一方、演算部 3 2 1 が通信エラーを検出した場合 (S 1 4 において Y E S)、演算部 3 2 1 は、駆動素子部 3 1 の P W M 制御を停止する (S 1 3)。例えば、演算部 3 2 1 は、駆動素子部 3 1 の各スイッチング素子 3 1 1 をオフ状態にするための信号を出力する。

40

【 0 0 9 0 】

その後、演算部 3 2 1 は、下位側通信部 4 4 との間の通信エラー状態が復旧しているか否かを、例えば一定の周期で繰り返し確認する (S 1 4)。演算部 3 2 1 は、通信エラー状態の復旧を確認した場合 (S 1 4 において Y E S)、駆動素子部 3 1 の P W M 制御を再開する (S 1 5)。一方、演算部 3 2 1 は、通信エラー状態が一定期間にわたって継続している場合、駆動素子部 3 1 への電力供給を遮断する (S 1 6)。例えば、演算部 3 2 1 は、電源遮断スイッチ 3 3 1 を制御して駆動用電源部 3 3 から駆動素子部 3 1 への電力供給を遮断する。これによって、通信エラーに起因して駆動素子部 3 1 が暴走してしまうことを防ぐことができる。

50

【 0 0 9 1 】

次に、駆動部 3 0 と制御部 4 0 との間における通信エラーを制御部 4 0 が検出した場合について説明する。制御部 4 0 は、下位側通信部 4 4 が駆動部 3 0 のインタフェース部 3 2 へ信号を送信した後、インタフェース部 3 2 から下位側通信部 4 4 へレスポンスメッセージが適切に返信されてくるか否かにより、通信が正常状態かエラー状態かを判定することができる。

【 0 0 9 2 】

図 9 は、通信エラーが生じた場合の制御部 4 0 の動作の一例を説明するためのフローチャートである。制御部 4 0 の例えば制御素子部 4 1 は、下位側通信部 4 4 において通信エラーが発生しているか否かを、例えば一定の周期で繰り返し確認する (S 2 1)。通信エラーが発生していない場合 (S 2 1 において N O)、制御素子部 4 1 は、駆動部 3 0 への電力供給を継続する (S 2 2)。一方、通信エラーが検出された場合 (S 2 1 において Y E S)、制御素子部 4 1 は、駆動部 3 0 への電力供給を遮断する (S 2 3)。例えば、制御素子部 4 1 は、電源遮断部 5 1 を制御して駆動用電源装置 5 0 から駆動部 3 0 への電力供給を遮断する。これによって、通信エラーに起因して駆動素子部 3 1 が暴走してしまうことを防ぐことができる。

【 0 0 9 3 】

なお、上述した実施の形態に対して様々な変更を加えることが可能である。以下、必要に応じて図面を参照しながら、変形例について説明する。以下の説明および以下の説明で用いる図面では、上述した実施の形態と同様に構成され得る部分について、上述の実施の形態における対応する部分に対して用いた符号と同一の符号を用いることとし、重複する説明を省略する。また、上述した実施の形態において得られる作用効果の変形例においても得られることが明らかである場合、その説明を省略することもある。

【 0 0 9 4 】

第 1 変形例

上述の実施の形態においては、駆動部 3 0 のインタフェース部 3 2 と制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 との間の通信が、電気的な通信であり、特に電気的なシリアル通信である例を示した。しかしながら、インタフェース部 3 2 と下位側通信部 4 4 との間の通信が、電気的な通信に限られることはない。本変形例においては、インタフェース部 3 2 と下位側通信部 4 4 との間の通信が、光通信である例について説明する。

【 0 0 9 5 】

図 1 0 は、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の構成要素のうち、制御部 4 0 などの、胴体部 1 1 に配置された構成要素を示す図である。図 1 0 に示すように、制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 は、E / O コンバータ 4 4 1 を含む。

【 0 0 9 6 】

制御素子部 4 1 は、上位側通信部 4 3 を介して得た上位制御装置 5 6 からの指令信号、駆動部 3 0 からのモニタ情報などに基づいて、回転モータ 2 4 の目標電流値を算出する。また、制御素子部 4 1 は、回転モータ 2 4 の目標電流値に基づいて、駆動部 3 0 の駆動素子部 3 1 の各スイッチング素子 3 1 1 を制御するための P W M 信号を生成し、E / O コンバータ 4 4 1 に入力する。このように、本変形例においては、スイッチング素子 3 1 1 を制御するための P W M 信号が、制御部 4 0 が駆動部 3 0 へ送信する電力指令信号になる。

【 0 0 9 7 】

下位側通信部 4 4 の E / O コンバータ 4 4 1 は、制御素子部 4 1 からの電気的な P W M 信号を光信号に変換する。そして、E / O コンバータ 4 4 1 は、駆動部 3 0 の駆動素子部 3 1 のスイッチング素子 3 1 1 の数に対応した数の光の P W M 信号をそれぞれ、駆動部 3 0 へ送信する。このように本変形例においては、制御部 4 0 が、光の平行通信によって P W M 信号を駆動部 3 0 へ送信する。

【 0 0 9 8 】

図 1 1 は、水平尾翼 1 2 1 に配置された駆動部 3 0 の構成を示す図である。図 1 1 に示すように、駆動部 3 0 のインタフェース部 3 2 は、O / E コンバータ 3 2 3 を含む。O / E

コンバータ 3 2 3 は、制御部 4 0 の E / O コンバータ 4 4 1 からの光の P W M 信号を受信して、電気の P W M 信号に変換し、ブリドライバ 3 2 2 に入力する。なお、O / E コンバータ 3 2 3 からの電氣的な出力が、スイッチング素子 3 1 1 を駆動し得る程度に大きい場合、ブリドライバ 3 2 2 が設けられていなくてもよい。

【 0 0 9 9 】

図 1 2 は、インタフェース部 3 2 の O / E コンバータ 3 2 3 に入力される信号及び O / E コンバータ 3 2 3 から出力される信号を示す図である。図 1 2 に示すように、駆動部 3 0 のインタフェース部 3 2 と制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 との間で通信を行うための通信ライン 1 9 は、P W M 信号の数に応じた光ライン 1 9 5 を含む。光ライン 1 9 5 は、例えば光ファイバである。

10

【 0 1 0 0 】

本変形例においては、制御部 4 0 が電力指令信号を光通信で駆動部 3 0 に送信することにより、制御部 4 0 から駆動部 3 0 への通信が、駆動部 3 0 の駆動素子部 3 1 における電氣的な P W M 信号に起因するノイズによって阻害されることを抑制することができる。このため、通信の信頼性を高めることができる。また、制御部 4 0 から駆動部 3 0 への通信が周囲に電氣的なノイズを放出することを抑制することができる。

【 0 1 0 1 】

なお、制御部 4 0 から駆動部 3 0 への光通信が、パラレル通信に限られることはない。図示はしないが、制御部 4 0 から駆動部 3 0 への光通信が、シリアル通信であってもよい。

【 0 1 0 2 】

20

また、駆動部 3 0 のモニタ部 3 4 が取得したモニタ情報を制御部 4 0 に送信するための通信が、光通信であってもよい。この場合、駆動部 3 0 のインタフェース部 3 2 は、図 1 1 に示すように、A D コンバータ 3 4 1 からの電気信号を光信号に変換する E / O コンバータ 3 2 4 を含む。また、制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 は、図 1 0 に示すように、E / O コンバータ 3 2 4 からの光信号を受信して電気信号に変換する O / E コンバータ 4 4 2 を含む。E / O コンバータ 3 2 4 と O / E コンバータ 4 4 2 との間の光通信は、シリアル通信であってもよく、パラレル通信であってもよい。

【 0 1 0 3 】

第 2 変形例

図 1 3 に示すように、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 が、複数の駆動部 3 0 を備え、1 つの制御部 4 0 の下位側通信部 4 4 が、複数の駆動部 3 0 のそれぞれに電力指令信号を送信してもよい。すなわち、複数の駆動部 3 0 で 1 つの制御部 4 0 を共有してもよい。これによって、1 つの駆動部 3 0 につき 1 つの制御部 4 0 を設ける場合に比べて、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 全体の小型化及び軽量化を実現することができる。また、部品数を削減することができる。また、胴体部 1 1 の内部において冷却すべき制御部 4 0 の数が減少するので、放熱設計が容易になる。

30

【 0 1 0 4 】

第 3 変形例

上述の実施の形態においては、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の制御部 4 0 が、上位制御装置 5 6 からの速度指令信号に基づいて電力指令信号を生成し駆動部 3 0 へ送信する例を示した。しかしながら、これに限られることはなく、制御部 4 0 は、上位制御装置 5 6 からの、作動機構 2 1 の目標動作状態に関する指令信号、例えば作動機構 2 1 の目標位置に関する位置指令信号を受信し、電力指令信号を生成してもよい。言い換えると、位置指令信号に基づいて回転モータ 2 4 の目標速度を算出するという機能を、制御部 4 0 に持たせてもよい。

40

【 0 1 0 5 】

従来航空機 1 0 においては、一般に、位置指令信号に基づいて回転モータ 2 4 の目標速度を算出するという機能は、上位制御装置 5 6 が有している。なぜなら、位置指令信号に基づいて回転モータ 2 4 の目標速度を算出するという役割は、重要な役割であり、胴体部 1 1 内の安定した環境に配置された装置が担うべきだからである。

50

【 0 1 0 6 】

ここで、本実施の形態においては、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の制御部 4 0 が胴体部 1 1 の内部に配置される。このため、制御部 4 0 が翼部 1 2 の内部に配置される場合に比べて、制御部 4 0 の信頼性を高めることができる。従って、制御部 4 0 に、位置指令信号に基づいて回転モータ 2 4 の目標速度を算出するという役割を担わせることが可能になる。

【 0 1 0 7 】

第 4 変形例

上述の実施の形態においては、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 が、昇降舵 1 3 を駆動するための回転モータ 2 4 を駆動及び制御する例を示した。しかしながら、制御部 4 0 が胴体部 1 1 の内部の第 2 環境に配置され、駆動部 3 0 が、第 2 空間に比べて過酷な第 1 環境に配置される限りにおいて、回転モータ 2 4 の用途は特には限られない。

【 0 1 0 8 】

例えば、回転モータ 2 4 が、航空機 1 0 の動翼を駆動する作動機構 2 1 を直接的に又は間接的に駆動する場合について考える。この場合、航空機 1 0 の動翼としては、昇降舵 1 3 以外にも、補助翼（エルロン）、方向舵（ラダー）などの舵面として構成される主操縦翼面、或いは、フラップ、スポイラなどとして構成される二次操縦翼面を挙げることができる。補助翼、フラップ、スポイラの場合、駆動部 3 0 は、主翼の内部に配置される。方向舵の場合、駆動部 3 0 は、垂直尾翼の内部に配置される。

【 0 1 0 9 】

図 1 3 は、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 が、主翼 1 2 2 に設けられた補助翼 1 4 を駆動する作動機構 2 1 を駆動する回転モータ 2 4 を駆動及び制御する場合の、航空機 1 0 の全部を示す模式図である。この場合、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の駆動部 3 0 は、主翼 1 2 2 の内部の第 1 環境に配置される。一方、制御部 4 0、駆動用電源装置 5 0、制御用電源装置 5 5 は、胴体部 1 1 の内部の第 2 環境に配置され、例えば電気ベイ 1 1 1 に配置される。制御部 4 0 は、主翼 1 2 2 に配置された駆動部 3 0 との間で、通信ライン 1 9 を介して通信可能である。

【 0 1 1 0 】

第 5 変形例

上述の実施の形態及び各変形例に示す技術的思想を、航空機 1 0 以外の機器に搭載された電動アクチュエータを駆動及び制御する電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 に適用することも可能である。また、上述の実施の形態及び各変形例においては、電動アクチュエータが回転モータ 2 4 である例を示したが、これに限られることはない。例えば、電動アクチュエータは、リニアモータなど、回転モータ 2 4 以外の電動モータであってもよい。また、電動アクチュエータは、ソレノイドであってもよい。

【 0 1 1 1 】

以下、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の配置の例を、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 が搭載される機器ごとに説明する。

【 0 1 1 2 】

機器が自動車である場合、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の駆動部 3 0 が配置される第 1 環境は、自動車の例えばホイール内又はブレーキ装置内の環境である。また、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の制御部 4 0 が配置される第 2 環境は、自動車の例えば車両内部の環境である。

【 0 1 1 3 】

ホイール内又はブレーキ装置内の空間は、車両内部の空間に比べて容積及び寸法の点で制限されている。また、ホイール内又はブレーキ装置内の空間の環境は、車両内部の空間の環境に比べて厳しい。例えば、ホイール内又はブレーキ装置内に配置された装置が受ける振動は、車両内部に配置された装置が受ける振動に比べて大きい。

【 0 1 1 4 】

本変形例によれば、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 を構造的に駆動部 3 0 及び制御

10

20

30

40

50

部 4 0 に分割するので、駆動部 3 0 を構成する部品の点数を必要最小限に抑制することができる。このため、駆動部 3 0 が配置されるホイール内又はブレーキ装置内の空間のレイアウト設計を容易化できる。また、制御部 4 0 を車両内部の環境に配置することにより、制御部 4 0 が受ける振動を低減することができ、制御部 4 0 の信頼性を高めることができる。

【 0 1 1 5 】

機器が船舶である場合、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の駆動部 3 0 が配置される第 1 環境は、船舶の例えばエンジンの吸排気口近傍の環境である。また、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の制御部 4 0 が配置される第 2 環境は、船舶の例えば船舶のエンジンの近傍又はエンジン制御室内の環境である。

10

【 0 1 1 6 】

エンジンの吸排気口近傍の空間は、エンジンの近傍又はエンジン制御室内の空間に比べて容積及び寸法の点で制限されている。また、エンジンの吸排気口近傍の空間の環境は、エンジンの近傍又はエンジン制御室内の空間の環境に比べて厳しい。例えば、エンジンの吸排気口近傍の環境の温度は、エンジンの近傍又はエンジン制御室内の環境の温度に比べて高くなっている。

【 0 1 1 7 】

本変形例によれば、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 を構造的に駆動部 3 0 及び制御部 4 0 に分割するので、駆動部 3 0 を構成する部品の点数を必要最小限に抑制することができる。このため、駆動部 3 0 が配置されるエンジンの吸排気口近傍の空間のレイアウト設計を容易化できる。また、制御部 4 0 をエンジンの近傍又はエンジン制御室内の環境に配置することにより、制御部 4 0 の周囲の熱的な環境を改善することができ、制御部 4 0 の信頼性を高めることができる。

20

【 0 1 1 8 】

機器が鉄道車両である場合、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の駆動部 3 0 が配置される第 1 環境は、鉄道車両の例えばブレーキ装置内の環境である。また、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 の制御部 4 0 が配置される第 2 環境は、鉄道車両の例えば床下に設けられる機器箱内の環境である。

【 0 1 1 9 】

ブレーキ装置内の空間は、床下に設けられる機器箱内の空間に比べて容積及び寸法の点で制限されている。また、ブレーキ装置内の空間の環境は、床下に設けられる機器箱内の空間の環境に比べて厳しい。例えば、ブレーキ装置内に配置された装置が受ける振動は、床下に設けられる機器箱内に配置された装置が受ける振動に比べて大きい。

30

【 0 1 2 0 】

本変形例によれば、電動アクチュエータ駆動制御装置 2 5 を構造的に駆動部 3 0 及び制御部 4 0 に分割するので、駆動部 3 0 を構成する部品の点数を必要最小限に抑制することができる。このため、駆動部 3 0 が配置されるブレーキ装置内の空間のレイアウト設計を容易化できる。また、制御部 4 0 を床下に設けられる機器箱内の環境に配置することにより、制御部 4 0 が受ける振動を低減することができ、制御部 4 0 の信頼性を高めることができる。

40

【 0 1 2 1 】

なお、上述した実施の形態に対するいくつかの変形例を説明してきたが、当然に、複数の変形例を適宜組み合わせさせて適用することも可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 2 】

- 1 0 航空機
- 1 1 胴体部
- 1 2 翼部
- 1 3 昇降舵
- 1 4 補助翼

50

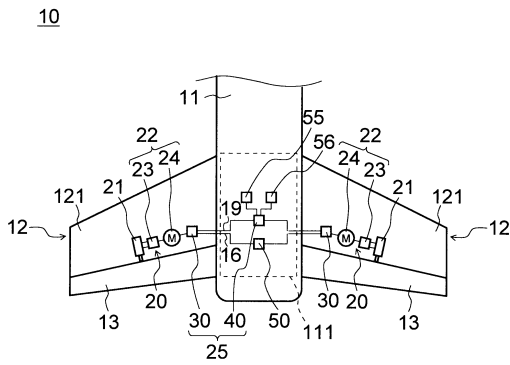
- S 1 第 1 環境
- S 2 第 2 環境
- 2 0 昇降舵駆動システム
- 2 1 作動機構
- 2 2 作動機構駆動装置
- 2 3 油圧ポンプ
- 2 4 回転モータ（電動アクチュエータ）
- 2 5 電動アクチュエータ駆動制御装置
- 3 0 駆動部
- 3 1 駆動素子部
- 3 2 インタフェース部
- 3 3 駆動用電源部
- 3 4 モニタ部
- 3 5 制御用電源部
- 4 0 制御部
- 4 1 制御素子部
- 4 2 モニタ素子部
- 5 0 駆動用電源装置
- 5 5 制御用電源装置
- 5 6 上位制御装置

10

20

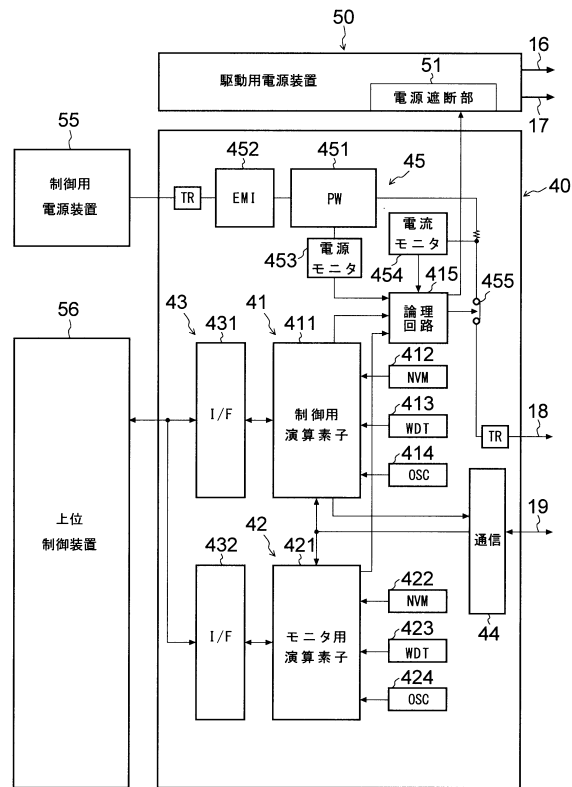
【図面】

【図 1】



10

【図 2】

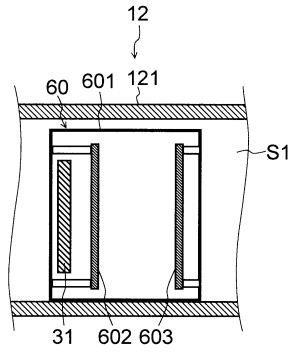


30

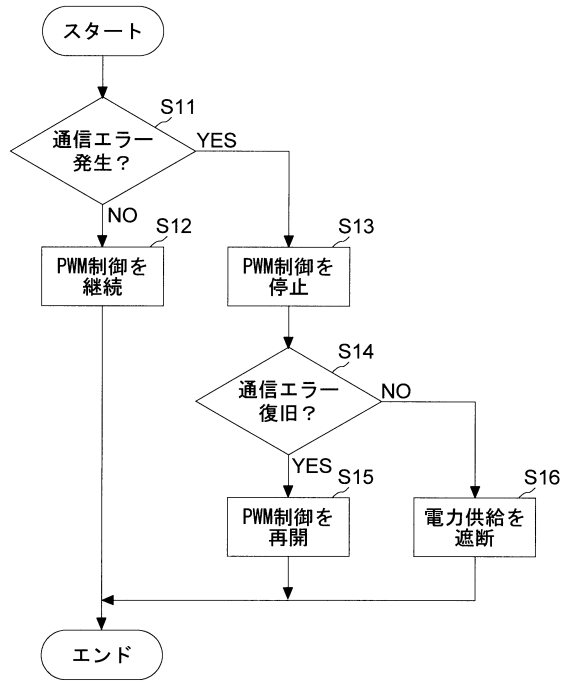
40

50

【図7】



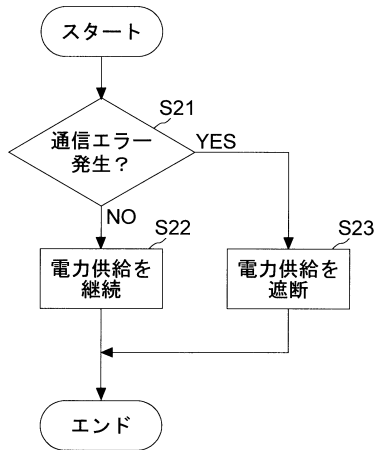
【図8】



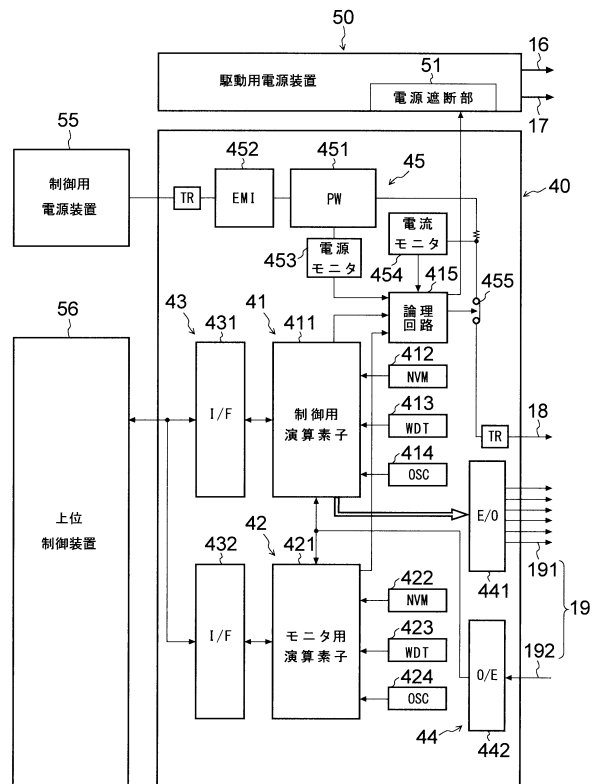
10

20

【図9】



【図10】

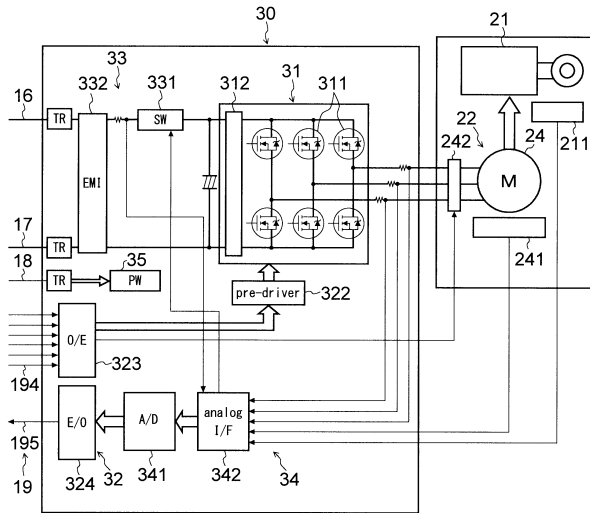


30

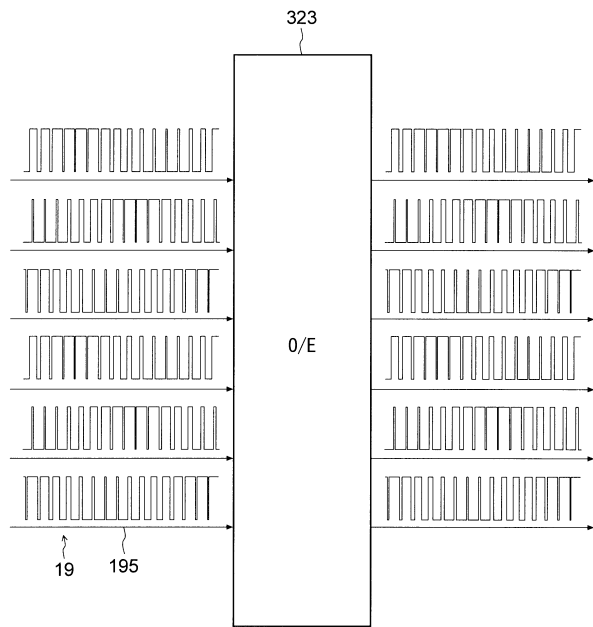
40

50

【図 1 1】



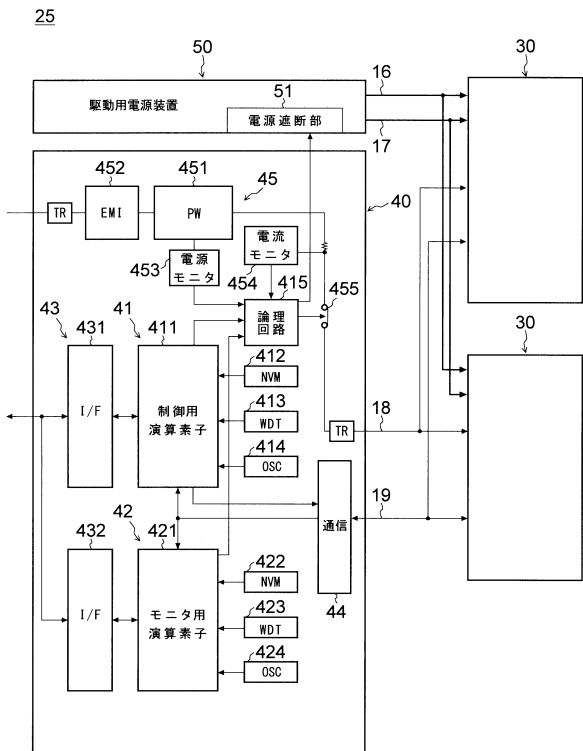
【図 1 2】



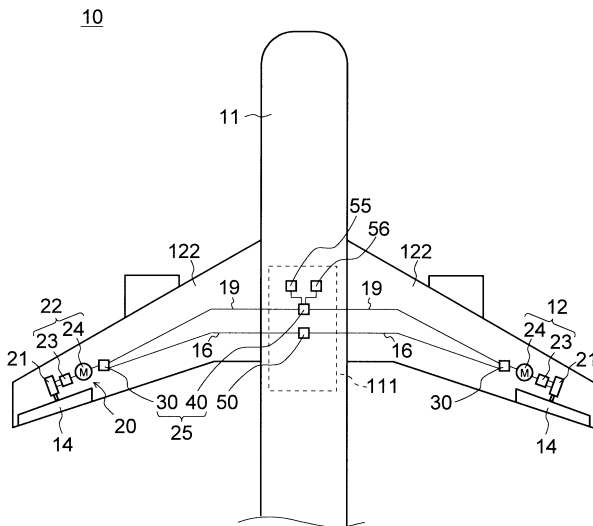
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】



30

40

50

フロントページの続き

岐阜県不破郡垂井町宮代 1 1 1 0 - 1 ナブテスコ株式会社 岐阜工場内
(72)発明者 神野 高幸
岐阜県不破郡垂井町宮代 1 1 1 0 - 1 ナブテスコ株式会社 岐阜工場内

合議体

審判長 小川 恭司

審判官 田合 弘幸

審判官 長馬 望

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 4 7 9 3 4 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 2 8 5 4 8 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 4 4 5 4 7 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 6 7 4 8 0 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 3 0 8 1 2 4 (J P , A)
特開平 8 - 2 1 6 9 0 8 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 6 0 7 0 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H02P 29/00-31/00

H02P 27/00

H02P 6/00

H02M 7/42- 7/98

H02M 1/00

B64C 1/00-99/00

B62D 6/00