

審査の結果の要旨

氏名 大依 仁

修士（工学）大依 仁提出の論文は「航空機・エンジン電動化システムの信頼性向上に関する研究」と題し、5章からなっている。

航空機・エンジンの装備品類は従来、油圧や空気圧を動力源とする場合が主流であったが、近年、電動化が急速に進められている。その理由は、メンテナンス性や効率の向上とともに、設計自由度を向上できることにある。ただし、小型軽量化や高度な信頼性、安全性といった航空に特有の課題を解決することが求められている。本研究では特に、電動ポンプや電動アクチュエータが飛行中に故障した際も、航空機の運航に支障を与えることが無いように、小型軽量のシステムにより故障で喪失した機能を速やかに補い復旧できる故障許容設計手法を提案し、その検証を試みている。具体的には、電動燃料ポンプシステムと、発電システム、ならびにボールスクリュウを有する電動リニアアクチュエータシステムの信頼性向上技術を対象とする。

第1章は序論で、研究の背景をまとめるとともに、研究の動機、目的を述べ、先行研究を整理した後本論文の構成をまとめている。

第2章では、本論文が対象とする、電動ポンプ、発電機、電動アクチュエータ等の航空機・エンジンの電動化システムに要求される特性を整理し、故障モードを分析した上で、信頼性向上の課題について、従来技術を踏まえて考察し、本研究の主な目的である信頼性向上の必要性を明確にしている。

第3章では、航空機エンジン燃料ポンプならびに発電機に関する信頼性向上に関する研究を扱っている。燃料ポンプに関しては、単独故障での通常稼働を保証するワンフェールオペレーショナル、および二重故障での安全性を保証するツーフェールセーフを実現するための冗長設計方式を提案している。特に航空機エンジンに要求される小型軽量性と、故障時の故障許容時間の短縮を意図し、冗長構成の二つの巻線の片側が故障すると、瞬時に正常な巻線の電流を2倍に増やすことができるアクティブ／アクティブ制御方式による電流制御技術を採用し、二つの巻線の電流を加算して電流サーボにフィードバックすることで電流低下を瞬時に補完し、制御できない故障許容時間を短縮する方法を提案している。さらに、二重故障への対応として3相モータの1相が故障しても残りの2相で電流位相を制御する方式を付加することで、要求される信頼性を確保できることを解析し、その有効性を試験結果によって確認している。航空機

エンジンの電源システムに関しては、エンジン始動時の回転数から離陸時の最高回転数までの広速度範囲で、所要の電力を発電する永久磁石発電機に関する信頼性向上の研究を行っている。永久磁石発電機を選定したのは、界磁電力を用いた従来の航空機用発電機では広い速度範囲での使用に限界があったためである。ただし、永久磁石発電機に関しては、異常時の発電機能を遮断する技術を確立することが信頼性確保のために課題であった。筆者は永久磁石発電機に遮断機能を持たせるため、自励式の信号生成部を付加し、正常時の監視と故障時の遮断を行う中性点遮断方式を研究し、永久磁石発電機内部での短絡故障で電流を遮断する方法を提案し、実験によってその機能を実証している。

第4章では電動リニアアクチュエータに関する信頼性向上技術を研究している。具体例として、航空機エンジン可変静翼電動アクチュエータを対象に、歯車がロックするジャミング回避技術としてボールスクリュウ速度サミング方式を提案している。この方式は、出力軸の速度が2つの入力軸の加算となるようにボールスクリュウで構成した機構で速度サミング機構を構成し軽量化を図るものである。ボールスクリュウのリードとナットの回転方法を逆回転させて回転／直動変換を行うことにより、速度サミング機構として差動ギヤを使わずにシンプルで信頼性が高く、ギヤのジャミングの回避・分離を達成できる方式として提案している。また、速度サミング方式において課題であるモータのトルク喪失時の制御方法について、一般的な機械ブレーキ式を用いず、回生制動による保持にて速度サミングアクチュエータの制御が可能であることを提案し、実験によって実証している。

第5章では、本研究の成果をまとめると同時に、さらなる研究課題について述べている。

以上、要するに、本論文は、航空機・エンジン電動化システムの信頼性向上のために必要となる研究課題を抽出し、航空機エンジン燃料ポンプならびに電動リニアアクチュエータの故障許容設計法、および航空機エンジン発電機の信頼性設計法を提案し、その効果の実証に成功している。これらの成果は、航空工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。