

学位論文審査の要旨

学位申請者	松永 芳樹
論文題目	ホールスラストのワイドレンジアノード電源の小型化に関する研究

審査（試験・試問）委員会

主査 教授 黒川 不二雄

委員 教授 松田 良信

(長崎大学工学研究科)

委員 教授 松井 信正

委員 教授 清山 浩司

〈論文審査の結果の要旨〉

近年、静止衛星の大電力化が進んだことにより、すべての推進器を電気推進に置き換えた全電化衛星が登場している。この全電化衛星にホールスラストが数多く採用されている。その理由は、ホールスラストの長所はイオンエンジンよりも推力電力比と呼ばれる、電力当たりの推力が大きいため軌道投入にかかる期間を短くできるということ、動作に必要な電源を少なくできるのここれらをひとまとめにした Power processing unit(PPU)が小型になることである。このホールスラストの PPU、特にアノード電源に対する新たな要求は出力電圧設定の拡大である。従来のホールスラストのアノード電圧は 300V であったが、高批推力動作のための 600V 以上の動作状態を可能にするホールスラストの研究開発が世界的に進んでいる。しかも電力としても既存のものは放電電力が 4.5kW だが最新のものは 6kW まで大電力化している。これに対応した広い出力電圧設定が可能なワイドレンジアノード電源の実現が必要である。

そこで本論文では、上述の課題を解決するため、まず、ワイドレンジアノード電源の小型化のためのコンバータ構成について提案し、製作した 1.5kW コンバータがフライト実績のある PPU コンバータ容積の 30%減以下の容積であり、ワイドレンジアノード電源として 6kW ホールスラストを安定して動作できることを示している。次に、放電電流振動を監視し、仕様上限になる前に磁場を調整して振動を抑制するための機能について述べている。放電電流振動の不安定化をとらえるために仕様上限を超える放電電流のピークをカウントする振幅検出システムを提案している。これを用いたワイドレンジアノード電源と 6kW ホールスラストの組み合わせ試験において振幅検出システムと制御アルゴリズムが正しく動作することを確認している。

第 1 章は緒論であり、課題を明らかにする。第 2 章では、フルブリッジインバータと倍電圧整流部を用いた出力電圧設定 300V の 1.5kW コンバータの Breadboard Model(BBM)を製作し、フライト実績のある PPU のコンバータ容積の 30%減の $4.69 \times 10^3 \text{ cm}^3$ 以下が達成可能であることを示し、2 台の 1.5kW コンバータ BBM を 2 台並列に接続した構成において、効率、電圧リップル、EMI 規格など標準的な仕様を満たしつつ、6kW ホールスラストを安定して動作できることを明らかにしている。

第 3 章では、入力電圧 100V を昇圧して、175~800V の電圧設定範囲で出力可能なワイドレンジアノード電源の小型化のための 1.5kW コンバータの回路構成とその設計基準について述べ、それに基づいて製作した 4 台の 1.5kW コンバータからなるワイドレンジアノード電源が 6kW ホールスラストを幅広い出力電圧設定で安定動作させることを確認している。

第4章ではスラスタ、ワイドレンジ PPU、衛星を過大な放電電流振動から保護するための制御について述べる。まず、放電電流振動の振幅を正確に検出するための振幅検出システムの回路構成と仕組みと課題について述べる。そして課題を解決するための予測モデルと検出アルゴリズムを明らかにし、製作した振幅検出システムが正しく振幅を検出できることを 6kW ホールスラスタを使用した試験で確認し、次に放電電流の振幅が仕様上限を下回るようにコイル磁場を制御するための振動抑制制御を提案している。6kW ホールスラスタを使用した試験で提案の制御アルゴリズムを動作させ、振動抑制定制御、定電力制御、推進効率最大化制御が正しく動作しているか確認している。

第5章はまとめである。

以上のように、ここで提案しているワイドレンジアノード電源を含むマルチモード 6kW ホールスラスタによれば、衛星システムは衛星のサイズを変えずにより大規模なミッション機器を搭載できるようになる。通信の大容量化による衛星通信のより一層の普及やより大規模でより遠方の目標への有人探査ミッションの実現など人類の生活の向上と活動領域の拡大に大きく寄与するものである。博士(工学)の学位を授与するに充分値するものと認められる。

〈試験（試問）の結果の要旨〉

学位論文の内容ならびに関連分野に関する学識についての試問を行った結果、本申請者は博士(工学)の学位を受けるに十分な学識を有していることを審査(試問)委員全員の一致により認めた。