

氏 名 田 中 大 二 郎
 た なか だい じ ろ う
 学位の種類 工 学 博 士
 学位記番号 論 工 博 第 1193 号
 学位授与の日付 昭 和 54 年 5 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 Studies on Improvement of Performance Characteristics
 of MHD Power Generators with Nonequilibrium
 Ionization Plasma
 (非平衡電離プラズマを用いるMHD発電機の動作特性の改善
 に関する研究)

論文調査委員 (主 査)
 教 授 服 部 嘉 雄 教 授 卯 本 重 郎 教 授 板 谷 良 平

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、閉サイクル MHD 発電（電磁流体発電）の作動流体として用いられる非平衡電離プラズマの特性を明らかにするとともに、発電機の動作特性を改善する方法を理論的に研究した結果をまとめたものであり、序論と本文6章とから成っている。

序論では、非平衡電離 MHD 発電の今日的意義、開発上の問題点、及び本研究の立場を明らかにした上、各章の概要を述べている。計算機シミュレーションに際しては、全編を通じて、カリウムをシードしたアルゴンガスを作動流体とするとしている。

第1章は、非平衡電離プラズマの一般的な特性を述べたもので、準2次元の基礎方程式に基づき、プラズマの不均一性が諸パラメータの実効値に与える影響を明らかにしたものである。従来、実験式として知られていた実効導電率の評価式を、平均化されたオームの法則に立脚して証明するとともに、流体圧力が低く1～2気圧程度の場合には、その評価式に補正を施す必要があることを指摘している。

第2章では、まず、諸形式の MHD 発電ダクト内プラズマの振舞いを記述する2次元モデルを提示している。数値計算はホール形ダクトに対して行われ、電極端電流集中現象を詳細に究明している。電流集中による電子温度の局所の上昇が、電流分布を一層不均一にしていること、最上流陽極の上流端及び最下流陰極の下流端の電流集中が特に著しいこと等を明らかにしている。

第3章は、抵抗性電極を採用すれば電極端における電流集中現象を緩和できることを、従来よりも詳しい定量的な考察をファラディ形ダクトに対して行うことにより確かめ、さらに電流集中を緩和するための諸条件を明らかにしたものである。まず、矩形電極についての解析により、電極の厚さと抵抗率の増加とともに電流集中が減少することを示し、次に、抵抗層で生じる電力損失を最小とするため、最適なくさび状の電極を採用することを提案している。

第4章は、前章と同じくファラディ形ダクトにおける抵抗性電極の効果をさらに詳しく調べ、発電特性の向上することを定量的に示したものである。プラズマの実効導電率及び実効ホールパラメータがダクト

寸法や磁界の強さによって受ける影響の考察、2次元電流分布パターンの求出とその定性的解釈、プラズマと電極の両導電率を考慮した時のダクト等価導電率に関する考察等を行っている。前章で述べた最適形状の電極を用い、さらに電極のピッチと長さがある程度小さくすれば、等価導電率は、良導体電極を用いた場合とほぼ同程度となることを指摘している。

第5章は、プラズマ内における電離不安定現象をとりあげ、かつて中村らが示した完全電離シードによる安定化の方法を、実際のファラディ形ダクトに応用した場合につき検討を加え、シード率、電子温度等の変動が発電出力の大幅な変動をひき起すおそれがあることを指摘している。著者は、この対策として、ダクト側壁から補助電極により磁界と平行な電流を印加し、この電流と負荷電流の合計電流によってシードを完全電離に導くことが、安定化領域の拡大に有効であることを理論的に主張している。

第6章は、前章で提示した磁界方向印加電流の効果を、準3次元解析を用い、ファラディ形ダクトにつきさらに一般的に詳細に解明したもので、シードが弱電離の場合でも、上記の印加電流は電離不安定性に起因する電流分布不均一性の緩和に有効であり、その効果は磁界方向電流成分の大きさに強く依存することを述べている。さらに、主電極として本論文でとりあげた抵抗性電極を用いる時は、印加電流の分布を均一化する効果があり、側壁電極を分割する等の方法を併用することによって発電特性の向上が期待でき、印加電流に伴う電力損失は、プラズマの実効導電率の増大効果によって改善できることを指摘している。

論文審査の結果の要旨

MHD 発電（電磁流体発電）は、将来有望な直接発電方式の一つとして注目される場所であるが、本論文は、閉サイクル MHD 発電機に用いられる非平衡電離プラズマの発電ダクト内における特性を理論的に究明するとともに、発電機の動作特性を改善するために有効な方法をいくつか提案したものである。とりあげている発電方式はファラディ形とホール形であり、計算機シミュレーションに際しては、カリウムをシードしたアルゴンガスを作動流体にとっている。得られた主な成果は次の通りである。

1. プラズマの実効導電率につき、従来、実験式として知られ広く使われている評価式を、平均化されたオームの法則に立脚して証明を与え、さらに流体圧力が低く1～2気圧程度の場合には、その評価式に補正を施す必要のあることを指摘した。

2. ホール形ダクトの電極端電流集中現象につき、電流集中による電子温度の局所的な上昇が電流分布を一層不均一にしていること、最上流陽極の上流端及び最下流陰極の下流端の電流集中が特に著しいこと等を明らかにした。なお、ここで提示された2次元解析法は、ホール形特有の拘束条件の具体的な処理方法を示しており、ホール形またはダイアゴナル形に関する今後の理論的な研究に対して重要な手段を提供するものと思われる。

3. ファラディ形ダクトにつき、良導体電極よりも抵抗性電極を採用する方が電極端電流集中現象を緩和するのに役立つことを、従来よりも詳しく定量的に確かめ、緩和するための具体的な条件を明らかにした。抵抗層における電力損失を最小にするくさび状の最適電極形状を提案するとともに、プラズマと電極の両導電率を総合的に考慮したダクト等価導電率なるものを新たに導入し、この導電率を評価することによって、電極材料の保護と出力特性の改善とが両立し得ることを明らかにした。

4. ファラディ形ダクトにつき、完全電離シードプラズマを用いたMHD発電機は、シード率、電子温度等の微小変動に対して、発電出力の大幅な変動を生じるおそれがあることを指摘し、その一つの対策として、ダクト側壁から補助電極により磁界方向に電流を印加すると好結果の得られることを示した。この対策は、弱電離シードプラズマの場合でも効果的であり、電流密度の相当広い範囲にわたって安定化領域が得られることを明らかにした。さらに、その際、主電極として抵抗性電極を採用すれば、印加電流のダクト内分布も均一化されて一層有効であること、また、印加電流に伴う電力損失は、プラズマ実効導電率の増大効果によって改善されることを確かめた。

以上、要するに本論文は、非平衡電離MHD発電において重要課題である電極損耗とプラズマの電離不安定性の問題に関連して、作動流体プラズマの諸性質を解明するとともに、発電機の動作特性を改善する方法として、抵抗性電極の採用とダクト側壁からの電流印加とを提案し、それらの効果を巧みな計算機シミュレーションによって立証したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。