

氏 名	乾 義 尚 いぬい よし たか
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論工博第 2091 号
学位授与の日付	昭和 63 年 1 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 PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF NON-EQUILIBRIUM PLASMA FARADAY AND DISK MHD GENERATORS (非平衡電離ファラデー形及びディスク形MHD発電機の動作特性に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 卯本 重郎 教授 岐美 格 教授 宇尾 光治

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、アルカリ金属をシードした希ガスの非平衡電離プラズマを作動流体として用いる非平衡電離ファラデー形及びディスク形 MHD 発電機の動作特性の理論的解明を試みた結果をまとめたものであり、8 章から成っている。

第 1 章は序論で、この分野の従来の実験的並びに理論的研究の概略、本研究の目的と意義、以下の各章の概要を述べている。

第 2 章では、定長方形断面のファラデー形発電機について、従来考慮されていなかったプラズマの対流項を含む基礎方程式に基づき、しかも電氣的諸量などが 1 電極ピッチ毎の周期性をもつと仮定せずに、有限要素法を適用して、発電チャンネル内の電位、電流、電子密度などの過渡及び定常分布を検討しうる 2 次元数値解析法を提案した。

第 3 章では、上記解析法により、セシウムをシードしたアルゴン使用のファラデー形チャンネル内の過渡及び定常電流分布を詳細に解析し、その結果が従来の実験結果をよく説明できることを示した。また、過渡時における非一様電流分布の形成要因はプラズマの電離不安定性であり、一方、定常時におけるその形成要因は電離不安定性と対流効果であることを明らかにした。

第 4 章では、第 2 章で提案した解析法により、セシウムをシードしたアルゴン使用のファラデー形チャンネル内の電流、電子密度分布、負荷電流の時間依存性などに及ぼす負荷抵抗、シード率及び印加磁束密度の影響を検討した。また、カリウムをシードしたアルゴンを用いる場合についても同様な検討を行うと共に、シードとしてセシウムかカリウムのいずれを用いても、電流分布はほぼ同じになるが、前者の場合の方が後者の場合に比べて、若干大きい負荷電流を取り出しうることを示した。

第 5 章では、外向き流ディスク形発電機について、プラズマの対流項も考慮した基礎方程式に基づき、第 2 章におけると同様有限要素法を適用して、チャンネル内の電位、電流などの過渡及び定常分布を検討しうる 2 次元数値解析法を提案した。

第6章では、上記解析法を用いて、セシウムをシードしたアルゴン使用のディスク形チャンネル内の過渡及び定常電流分布に及ぼすプラズマの電離不安定性と対流の影響は、ファラデー形の場合と同じであることを示すと共に、印加磁束密度などの増減によって電離不安定性を抑制し、電流分布を一様ならしめて発電特性を改善することに関しては、ディスク形の方がファラデー形よりも容易であることを明らかにした。

第7章では、第5章で提案した解析法により、セシウムをシードしたアルゴンを用いるディスク形発電機の電圧—電流特性を求め、それが実験結果とよく対応することを示すと共に、それと電流分布との関係を明らかにした。また、カリウムをシードした場合について発電機の動作特性を解析し、高負荷抵抗領域ではセシウムをシードした場合のそれとほぼ一致するが、低負荷抵抗領域ではセシウムをシードした場合の方がかなり優れていることを明らかにした。

第8章では、セシウムをシードしたヘリウム使用のディスク形発電機の動作特性を詳細に解析し、アルゴンよりもヘリウムを用いる方が、プラズマの安定性の点で有利であり、しかも発電機をより小形化できることを示した。

## 論文審査の結果の要旨

アルカリ金属をシードした希ガスの非平衡電離プラズマを作動流体として用いるMHD発電機は、化石燃料燃焼ガスを用いる熱平衡電離方式に比べてかなり低いガス温度で動作させることができ、しかも後者よりも高効率、高出力密度などが得られるという利点がある。非平衡電離MHD発電機に対し、以前より幾つもの理論解析手法が提案されているが、それらによって従来得られてきた発電機の諸動作特性の実験結果があまり説明できていない。

本論文は、非平衡電離ファラデー形及びディスク形MHD発電機の動作特性の理論的解明を試みたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 定長方形断面のファラデー形発電機について、従来考慮されていなかったプラズマの対流項を含む基礎方程式に基づき、しかも電氣的諸量などが1電極ピッチ毎の周期性をもつと仮定せずに、有限要素法を適用して、発電チャンネル内の電位、電流、電子密度などの過渡及び定常分布を検討しうる2次元数値解析法を提案した。

2. 上記解析法により、セシウムをシードしたアルゴン使用のファラデー形チャンネル内の過渡及び定常電流分布を詳細に解析し、その結果が従来の実験結果をよく説明できることを示した。また、過渡時における非一様電流分布の形成要因はプラズマの電離不安定性であり、一方、定常時におけるその形成要因は電離不安定性と対流効果であることを明らかにした。また、セシウムまたはカリウムをシードしたアルゴンを用いる場合について、チャンネル内の電流分布、負荷電流などに及ぼすシード率、印加磁束密度などの影響を検討し、両者における電流分布はほぼ同一になるが、前者の方が後者よりも若干大きい負荷電流を取り出しうることを示した。

3. 外向き流ディスク形発電機について、プラズマの対流項を含む基礎方程式に基づき、有限要素法を適用して、チャンネル内の電流などの過渡及び定常分布を検討しうる2次元数値解析法を提案した。

4. 上記解析法を適用して、セシウムをシードしたアルゴン使用のディスク形チャンネル内の過渡及び定常電流分布に及ぼすプラズマの電離不安定性と対流の影響は、ファラデー形の場合と同じであることを示した。また、印加磁束密度などの増減によって電離不安定性を抑制し、電流分布を一様ならしめて発電特性を改善することに関しては、ディスク形の方がファラデー形よりも容易であることを明らかにした。また、ディスク形発電機の電圧—電流特性の計算結果が実験結果とよく対応することを示すと共に、その特性と電流分布との関係を明らかにした。さらに、カリウムをシードした場合の発電機の動作特性は、高負荷抵抗領域ではセシウムをシードした場合のそれとほぼ一致するが、低負荷抵抗領域ではセシウムをシードした場合の方がかなり優れていることを明らかにした。

5. セシウムをシードしたヘリウムを用いるディスク形発電機の動作特性を詳細に解析し、アルゴンよりもヘリウムを用いる方が、プラズマの安定性の点で有利であり、しかも発電機をより小形化できることを示した。

以上要するに、本論文は、非平衡電離ファラデー形及びディスク形 MHD 発電機の諸動作特性に関する従来の実験結果を理論的に解明すると共に、発電機の実用化に対し多くの有用な新知見を与えたものであり、学術上、実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。

また、昭和 62 年 11 月 7 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。