

|          |   |
|----------|---|
| 氏名       | いわした たけし<br>岩 下 武 史   |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (工 学)   |
| 学位記番号    | 工 博 第 1727 号  |
| 学位授与の日付  | 平 成 10 年 3 月 23 日   |
| 学位授与の要件  | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当   |
| 研究科・専攻   | 工 学 研 究 科 電 気 工 学 専 攻   |
| 学位論文題目   | Study on Stabilization of Large -Scale Coal -Fired Linear MHD Generators<br>(大型石炭燃焼直線形 MHD 発電機の安定化に関する研究) |
| 論文調査委員   | (主 査)<br>教 授 奥 村 浩 士 教 授 島 崎 眞 昭 助 教 授 石 川 本 雄  |

### 論 文 内 容 の 要 旨

オープンサイクル MHD 発電システムは汽力発電の前段設備として使用することによって、石炭を高効率かつ低公害に利用する発電システムである。商用規模の大型オープンサイクル MHD 発電システムでは発電流路長が長い為、擾乱の影響を受けやすく、接続されている負荷や発電機チャンネルの構造が安定性に与える影響は極めて大きい。本論文は、商用規模の大型 MHD 発電機を超音速発電機と亜音速発電機とに分け、シミュレーションと数値解析によってそれぞれの安定性を検討し、安定化の方策を研究した成果をまとめたもので七章から成っている。各章の内容は次の通りである。

第 1 章は序論であり、MHD 発電の歴史を概観した後、この研究の意義を述べ各章の内容説明を行っている。

第 2 章では MHD 発電機内流体の振舞いを定式化し、その数値解析のスキームを説明した後、中国のオープンサイクル MHD 発電施設で行われた熱入力 25MW ファラデー形 MHD 発電機の実験データを参照し、実験では計測の困難なパラメータの推定、当発電機の出力増加の可能性などの検討を行い、数値解析モデルの有効性を実験結果と比較することにより確認している。

第 3 章では商用規模の超音速ダイアゴナル形 MHD 発電機の安定性解析を行っている。すなわち、作動流体の擾乱を流体自体に起因する擾乱と負荷電流が引き起こす擾乱とに分けて、当発電機の不安定性について検討を行っている。まず、感度解析の手法を用いて、低周波数の流れの擾乱のときは、定電圧負荷や抵抗負荷の接続により擾乱を抑制できること、流れの擾乱の周波数が高いときにはダイアゴナルリンクにインダクタを挿入することによって擾乱を抑制できることを示している。さらに、負荷電流に生じる擾乱が引き起こす発電機の不安定性については時間的擾乱の成長率という指標を定義し、それを算定する手法を示し、それが正になると発電機は不安定になることを線形安定性解析により示している。これらの検討結果から超音速ダイアゴナル形 MHD 発電機が安定に運転できるためには電極電流の変動をできるかぎり抑制し、定電圧負荷や抵抗負荷を接続すればよいことを示している。

第 4 章では商用規模の亜音速ダイアゴナル形 MHD 発電機の安定性解析を行っている。亜音速流では作動流体の下流の流れが上流に影響を及ぼすため、亜音速発電機の安定性解析は超音速発電機の場合より複雑になる。この亜音速発電機の安定性を解析する手法として、局所摂動解析と流路長安定性解析を提案している。前者は擾乱を伝搬させる音波とエントロピー波に関する分散方程式からこれらの波動のチャンネル内の各地点における局所的な成長率を求め、チャンネル内の安定性を評価する方法である。後者は上流と下流の双方向に伝搬した擾乱が入口と出口で反射し増幅する程度を摂動法により計算する方法である。この両者の解析法により速度の遅い音波の成長によって高亜音速型の発電機は不安定になりやすいことを明らかにしている。さらに、この解析結果を利用して比較的低いマッハ数の発電機チャンネルを提案し、亜音速ダイアゴナル形 MHD 発電機概念設計を行っている。また、この発電機チャンネルは電極電流を制御することなく、定電圧負荷、定電流負荷、抵抗負荷のときも安定に動作することをシミュレーションによって示している。

第 5 章では負荷の構成が複雑になる商用規模の亜音速ファラデー形 MHD 発電機について第 4 章と類似の手法で安定性

解析を行い、種々の負荷条件に対して安定性に及ぼす影響について考察し、定電圧負荷、定電流負荷および抵抗負荷のときは発電機は安定になるが定電力負荷のときは不安定になることを示している。

第6章では第4章で概念設計した超音速ダイアゴナル MHD 発電機を他励式インバータを介して交流系統に接続したときの安定性解析を行い、交流系統から周期的な擾乱が流入したときの安定性を解析している。すなわち、12相の他励式インバータを用いた超音速ダイアゴナル形 MHD 発電機—交流系統連系システムの概念設計を行うとともに、定格状態の動作解析を行うことにより、この MHD 発電機によって定格出力を交流電力系統に供給できることを示している。さらに、1線地絡事故および3相短絡事故について検討し、故障回線を遮断した後、インバータ点弧角を制御することにより、このシステムを定格状態に復帰できることを示している。

第7章では得られた成果のまとめをしている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、汽力発電の前段設備となる商用規模の大型オープンサイクル MHD 発電機の動作ならびに不安定現象を数値解析とシミュレーションによって研究した結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. ファラデー形 MHD 発電機の動作解析の計算スキームを示し、それを中国の電工研究所で実験が行われている同じ形の MHD 発電機に適用し、実測結果と解析結果がかなりよく一致することを示した。

2. 超音速ダイアゴナル形 MHD 発電機で生じる衝撃波を伴う作動流体の不安定現象を解析する方法を提案し、電氣的負荷条件がその安定性に大きな影響を与えることを示し、不安定現象が生じる負荷区間ではその区間をさらに分割することによってその抑制が可能であることを示した。

3. 超音速ダイアゴナル形 MHD 発電機では上流方向への磁気音波の成長によって作動流体が不安定になる傾向があることを指摘し、不安定現象を抑制するため高い導電率の超音速ダイアゴナル形 MHD 発電機を概念設計し、不安定現象を生じることなく十分な出力が得られることを示した。

4. 超音速ダイアゴナル形 MHD 発電機を接続した電力系統において地絡事故が起こったとき、インバータを構成するサイリスタの点弧角を制御することにより、系統に復旧できることを明らかにした。

以上要するに、本論文は大型オープンサイクル MHD 発電機の汽力発電前段設備としての有効性を数値解析により明らかにしたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成10年1月26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。