

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11456 号
------	---------------

氏 名 脇本 亨

### 論 文 題 目

インバータ駆動モータにおける部分放電メカニズムと絶縁性能向上に関する研究

(Partial Discharge Mechanism and Dielectric Performance Improvement for Inverter-fed Motors)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	早川 直樹
委員	名古屋大学	教授	松村 年郎
委員	名古屋大学	准教授	小島 寛樹
委員	豊橋技術科学大学	教授	長尾 雅行

## 論文審査の結果の要旨

脇本亨君提出の論文「インバータ駆動モータにおける部分放電メカニズムと絶縁性能向上に関する研究」は、モータ絶縁設計と工場検査の合理化・最適化を目的として、モータサージ電圧の推定手法とサージ電圧の抑制技術、部分放電開始電圧 (PDIV) の変動要因の明確化とばらつきの抑制手法を提案している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、電気車両用モータやインバータの技術動向とともに、モータコイル間のサージ・部分放電現象と PDIV の変動要因の解明の必要性を述べている。

第2章では、電気車両の駆動用モータにおいて、インバータ出力端からモータ入力端の電圧波形を簡易に計算する手法について検討した。その結果、インバータ出力端における電圧波形の周波数成分とケーブルの電圧周波数応答関数との周波数演算から、モータ入力端における電圧波形の計算が可能であることを明らかにした。また、ケーブル周波数応答関数の増幅域を高周波側に移し、ゲインピークを下げることで、スイッチングの高速化やモータ入力端電圧の低減が可能になることを明らかにした。本手法は、任意のインバータ出力波形からモータ入力端のサージ電圧を推定する際に有効であることを示した。

第3章では、電気車両の駆動用モータにおいて、モータ入力端のサージ電圧を抑制する手法について検討した。その結果、インバータ出力端の立ち上がり時間を短くしていくと、モータ入力端の電圧は、スイッチング波形の周波数成分がケーブル周波数応答関数の増幅域にかかる条件で急激に上昇することを明らかにした。スイッチングの高速化とサージ電圧の抑制を両立するためには、インバータ出力端の立ち上がり時間をこの増幅域に調整することが効果的と考えられる。また、プレスイッチングによりモータ入力端のリンギングをキャンセルし、最大電圧を抑制できることを明らかにした。

第4章では、平角線のテストピースにおいて、線間に発生したプレ放電が PDIV 測定毎のばらつきや過渡的な PDIV 変化(推移)に与える影響を明らかにするため、環境湿度、測定周波数を変えて調査を行った。その結果、プレ放電に対する PDIV の過渡特性は湿度環境によって大きく異なること、PDIV のばらつきは、PDIV の測定周波数が低いほど大きくなることを明らかにした。これらの現象は、皮膜厚等が異なる2種類の平角線で同じ特性を示すことに加え、PDIV が推移する際のPD 発生個所や電圧位相は、PDIV の推移特性と同期して変化する。以上の評価から、今回明らかにした湿度環境とプレ放電による PDIV のばらつきや推移は、再現性のある現象であると共に、放電メカニズムの推移に起因することを示した。

第5章では、乾燥下、高湿下において PDIV がプレ放電によってばらつきや過渡変化が発生するメカニズムを明らかにすることを目的に解析を行った。その結果、低湿度環境下では、プレ放電初期に皮膜表面への帯電によって局所的な電位差や電界強度の上昇が起り、PDIV にばらつきが発生することを明らかにした。また、高湿度環境下では、プレ放電後における皮膜表面への部分的な水分付着によって表面導電率が局所的に上昇し、ギャップ電界が変化することで PDIV が変動すること、ギャップ電界強度の変化量は測定周波数が高いほど小さくなるため、PDIV の変動量も小さくなることを明らかにした。

第6章では、実際の平角線モータを用い、プレ放電がステータコイル間の PDIV に与える影響について調査した。その結果、乾燥下におけるモータステータのコイル間 PDIV は、テストピース同様に帯電の影響によりプレ放電初期にばらつきが発生するのに対し、高湿下では、個体によってプレ放電による PDIV のばらつき・推移が異なることを明らかにした。また、モータステータにおいて PDIV を安定的に測定する手法として湿度管理 (50 %RH)、プレ放電 (20 %RH, 30 s 程度)、測定周波数の上昇 (90 %RH, 1 kHz 程度) が有効であることを検証した。

第7章では、本研究の結論を与えている。

以上のように、本論文では、インバータ駆動モータシステムにおけるモータコイル間のサージ電圧の推定・抑制手法の開発、およびモータステータにおけるコイル間の PDIV メカニズムの解明と低ばらつきな PDIV 測定手法の提案を行った。これらの成果は、今回対象とした電気車両の分野に留まらず、産業用モータや電力分野など、サージ現象や部分放電現象の解析に関わる幅広い分野に貢献するものであり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である脇本亨君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。