

次世代パワーエレクトロニクスと共に発展するインバータ駆動回転機の絶縁技術 調査専門委員会 設置趣意書

誘電・絶縁材料技術委員会

1. 目的

省エネルギーや環境調和を目的として産業用機器のインバータ駆動化が進んでいる。また、近年ではカーボンニュートラルの考え方から自動車業界においてハイブリッドカーや電気自動車のニーズが拡大し、また航空機業界でも電動化を目指す動きが加速している。そのため、動力として使用される回転機の高出力化・高効率化に加えて、航空機環境への対応が求められている。一方で、パワーエレクトロニクスの技術発展も著しく、SiCやGaN等のワイドバンドギャップ半導体の開発と社会実装が進みつつあり、より高いスルーレートと周波数への対応も重要な技術課題である。インバータ駆動回転機は、回転機、インバータ電源、及びそれらを繋ぐケーブルにより構成され、その間のインピーダンス不整合や回路共振により急峻なパルス（インバータサージ）が発生することが知られている。インバータサージによる絶縁劣化に伴う不具合が1990年代に産業用回転機で顕在化して以来、国内外で研究が盛んに行われてきた。

インバータサージに関する技術課題と研究動向について、電気学会では調査専門委員会を通じて種々の調査を進めてきた。1997年に誘電・絶縁材料技術委員会は「インバータサージ絶縁調査専門委員会」を設置、1998年までの国内外におけるパワエレ技術・サージが絶縁に与える影響・各機器の研究動向を総括的に纏め、電気学会技術報告739号を発行している。2007年には放電技術委員会が「繰返しインパルスにおける部分放電計測調査専門委員会」を設置、主として部分放電計測手法に関する直近10年間の研究動向を纏め、技術報告1218号を発行している。2013年に誘電・絶縁材料技術委員会は「インバータサージ絶縁調査専門委員会」を設置、2015年までの国内外における関連文献の調査・実回転機を用いた共通試験を実施し、技術報告1407号を発行している。そして2018年に放電技術委員会は「適用拡大が進むインバータ駆動回転機の絶縁の現状調査専門委員会」を設置、2021年までの国内外の関連文献調査を実施し、技術報告1533号を発行するに至っている。

前回の調査専門委員会では自動車・航空機分野におけるインバータサージ絶縁の文献に特に着目して調査が実施されていたが、同分野における研究開発の進展速度は非常に速く、前回調査時より関連文献が着実に増加する状況にある。また、ワイドバンドギャップ半導体の普及・パワエレ技術の進展に伴って絶縁ストレスが厳しくなっていることから、回転機の実駆動時と同等の急峻波形を出力するパルス電源の開発状況、極めて急峻な電圧波形下における巻線分担電圧の評価や、部分放電・絶縁劣化に関する情報は重要であるが、過去の委員会では系統だてて調査されていない。

今回提案する調査専門委員会では上記の経緯と必要性を鑑み、進歩の早い自動車・航空機分野における回転機絶縁システムの開発動向・技術動向を網羅的に調査すること、加えて電源開発動向を含む極急峻波形下における絶縁ストレスを調査することを主目的とする。その他、IEC規格や一般産業用モータの絶縁技術、電鉄向けをはじめとする中高圧モータにおける型巻絶縁技術の開発動向調査も目的とする。

2. 背景および内外機関における調査活動

インバータサージの絶縁への影響は国内外の大学・研究機関、産業界において精力的に研究されている。ns時間領域の部分放電特性を考慮した回転機の絶縁設計ならびに各種計測器の開発は早急に対応す

べき課題となっている。また、自動車向けには耐サージ性に優れたエナメル電線や平角線構造の回転機などの開発が行われており、その寿命特性を含む信頼性評価も重要となる。航空機向けには低気圧などの特殊な環境における信頼性評価も重要となってきている。

過去の調査専門委員会においては、部分放電計測に関する共同実験を実施し、インバータ駆動回転機の信頼性評価方法として「繰り返しインパルス電圧下の部分放電開始電圧」(RPDIV)の計測を導入した。また、実回転機におけるRPDIV計測に関する共通試験も実施し、世界的にも数少ない実機におけるRPDIVの試験データを取得した。それらの成果は国内外の学会・会議にて広く発信されるとともに、IEC規格(IEC60034-18-41)にフィードバックされている。

3. 調査検討事項

- ① 一般産業用回転機の絶縁技術の研究動向や技術課題(低圧モータ)
- ② 型巻コイル絶縁技術の研究動向や技術課題(中高圧モータ)
- ③ 電気自動車・航空機向け回転機絶縁技術の開発動向と課題
- ④ インバータ電源(パワーエレクトロニクス)の開発状況
- ⑤ インバータ駆動回転機絶縁に関連するIEC規格の最新動向

4. 予想される効果

上記項目の調査により、特に進展の早い自動車・航空機向け回転機の最新技術開発動向を総括的に把握できる。また、次世代半導体素子の適用により生じ得る極めて急峻なサージ波形に対する絶縁特性や、あるいはそれら波形を出力可能な試験用電源の開発動向を把握可能となる。これらはインバータ駆動回転機の絶縁設計指針の獲得、絶縁診断技術の高度化に直結する技術と知見であり、大学・メーカ等、ユーザを問わず幅広く活用され、日本の技術力の底上げに大きく貢献することが期待される。

5. 調査期間

3年間(令和6年(2024年)6月~令和9年(2027年)5月)

7. 活動予定

委員会 4回/年 幹事会 2回/年

研究会や部門大会・全国大会での企画セッションなどの開催

8. 報告形態

技術報告書をもって報告とする。