

未来社会創造事業 探索加速型

「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書(探索研究期間)

令和3年度 研究開発年次報告書

令和2年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：赤津 観]

[横浜国立大学 工学研究院 知的構造の創生部門・教授]

[研究開発課題名：銅損9割低減可能な新パルス駆動永久磁石同期モータ
(MRM)]

実施期間：令和3年4月1日～令和4年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「赤津」グループ(横浜国立大学)

① 研究開発代表者: 赤津 観 (横浜国立大学 工学研究院、教授)

② 研究項目

- ・MRM の磁気回路設計
- ・MRM の磁石磁束密度動作点の測定

(2)「和田」グループ(東京都立大学)

① 主たる共同研究者: 和田 圭二 (東京都立大学 システムデザイン学部、教授)

② 研究項目

- ・パルス電流発生回路の並列動作研究
- ・パルス電流発生回路の連係動作研究

(3)「大村」グループ(九州工業大学)

① 主たる共同研究者: 大村 一郎 (九州工業大学 大学院生命体工学研究科、教授)

② 研究項目

- ・大電流パルス用パワーモジュール開発
- ・大電流パルス用実装技術開発

(4)「高宮」グループ(東京大学)

① 主たる共同研究者: 高宮 真 (東京大学 生産技術研究所、教授)

② 研究項目

- ・過電流・サージ電圧センサの開発
- ・パワーデバイス破壊回避ゲートドライバ IC

§2. 研究開発成果の概要

本研究開発においては CO₂ の大幅削減を目的とした油圧システムの高効率化を達成すべく、銅損を大幅に低減可能な新規モータおよびその駆動システムを実現することを目的としている。銅損を従来モータの 1/5 とする 10kW MRM を実現し、500A パルスドライブによる連続駆動実験によって MRM の銅損低減を実証することを目標とし、目標達成のために、MRM 駆動用インバータとして、インバータに用いる 1000A 通電可能なパワーデバイスおよびパワーモジュールを開発し、本デバイスを用いて 500A 100μsec のパルス駆動回路を実現する計画をたてている。さらにパワーデバイスの駆動ゲートドライバとして、過電流・過電圧監視機能をもつ SOA センサを開発し、開発した SOA センサ内蔵ゲートドライバで上記 1000A 100μsec パルスドライブを実現する計画である。

各テーマの計画に対して今年度に得られた主な成果は以下である。

【1、赤津グループ（横浜国立大学）の研究成果】

MRM 用磁石として Nd-Fe-B 磁石と Sm-Co 磁石を比較し、測定の結果 Sm-Co 磁石が MRM 用磁石として優れていることを示した。

トランスの磁気回路に着減磁対象磁石およびセンサを実装、開磁路の自己減磁磁界を補正した上で磁束密度動作点を測定し、100A、パルス幅 1msec 以下のパルス電流により極性が切り替えられることを示した。

【2、和田グループ（東京都立大学）の研究成果】

共振回路を用いたパルス電流発生回路を新規提案し、400A ピーク、500 μ sec の電流パルスを実現した。さらに磁石の着磁減磁試験も同回路で実施、着減磁できていることを確認した。

【3、大村グループ（九州工業大学）の研究成果】

100us 短電流パルス発生を実現するパワージュールの開発（モジュール 4 並列で 12kA ターン, 100us, 相当）を実施した。都立大開発の回路に合わせ、双方向スイッチとして機能する IGBT モジュールを専用に設計し基礎特性を取得した。

パワーモジュールと巻き線、ゲート駆動回路並びにキャパシタのモーター一体化実装をパルス波形、放熱、信頼性等を考慮して設計実施。市販 IGBT でパルス電流を流してコアの特性を取得しモデル化を実施した。

【4、高宮グループ（東京大学）の研究成果】

MRM 用短パルス大電流インバータに向けて、IGBT の破壊を防止するセンサを開発する目的で、ゲートドライバの出力電圧波形から IGBT の接合温度(T_j)と負荷電流(I_L)の両方を推定する世界初の手法を提案・実証した。3 つの IGBT それぞれに対して、 T_j を 25°C から 125°C まで 11 通り、 I_L を 12.5 A から 80 A まで 10 通りの合計 110 条件で実測を行った。 T_j の推定誤差は +4.9°C / -8.1°C、 I_L の推定誤差は +1.0 A / -1.8 A 以下であり実用的な推定誤差を達成した。