

電磁界解析による回転機の高精度モデリングと先進最適化技術調査専門委員会
設置趣意書

回転機技術委員会

1. 目的

回転機設計においては、従来から取り組まれている小型化・高効率化に加え、多相・多重化や永久磁石と界磁巻線を併用するような構造の複雑化などに起因して、回転機に求められる性能向上を高精度に評価するための解析技術の重要性がますます大きくなっている。背景として、車載、航空機を中心に機械式から電動式への置き換えが拡大していることが挙げられる。その中で電磁界解析はモータ開発・設計には欠かせないツールとなっているものの、計算精度や計算時間への要求は厳しく、電磁界解析を活用しなければ評価や検討が難しい項目への期待も高まっている。さらにモータとインバータを一体とした機電一体モータユニット化も進められ、モータ単体の性能だけでなく制御系と連成させた効率最大化への取り組みも行われているなど、制御回路設計に適用可能な高精度なモータモデルへの要求も多い。近年では、機械学習に基づく先進的な最適化技術を適用した新たなモータ構造の提案が活発に行われている。

これまで三次元電磁界解析技術やモータ構造最適化問題への応用技術、高速大規模解析技術を中心に各種解析法がおよそ 30 年近く調査検討されてきたが、近年の産業界における回転機のこれまで以上の技術発展速度に鑑みると、回転機の電磁界解析にはまだ解決すべき課題が多く、それを使用した高精度モータモデリングや最適化手法の適用などの進展が切望されている。そこで、回転機の電磁界数値解析技術とそれに関連する技術動向を調査検討し、その内容を体系的にまとめ、我が国の回転機電磁界解析技術の技術力向上に資することを本委員会活動の目的として、本委員会を設置したい。

2. 背景および内外機関における調査活動

電磁界解析技術は、解析手法の進展に加え、計算機環境の飛躍的な進歩により、この四半世紀において大きく進歩してきた。電気学会においても 1987 年の「回転機の電磁界数値解析法調査専門委員会」発足以来、過去 15 調査専門委員会でベンチマークモータを設定し、回転機特有の解析手法の検討と測定結果との比較評価などが活発に行われてきた。

これまで効率マップ等のモータ特性は基本波をベースとして評価検討されることが多かったが、今後の回転機開発においては様々な運転領域に応じた制御回路とモータビヘイビアモデルの連成解析による高精度な損失評価が必要とされている。電磁界解析による損失評価技術として、後処理による表皮効果を考慮した渦電流次元解析やヒステリシスを直接考慮可能なプレイモデル等を用いた鉄損評価が行われているが、モータビヘイビアモデルを用いた制御連成解析への適用を考えると、計算コスト削減や高精度化への課題が残されており、Cauer ladder network (CLN) 法による交流損失の考慮等さらなる解析技術の進展が期待される。また、平角線コイルを用いてスロット占積率を高めたモータにおいてインバータキャリアによる表皮効果や近接効果を含めた損失を高精度に評価するためには、コイルエンドも含めた三次元モデルを作成しなければならず、膨大なメッシュ数が必要となるため計算コストが高くなる。さらには、多相・多重化モータではビヘイビアモデルの自由度が増えるため、計算コストが指数関数的に上昇してしまうことから、新たな計算コスト削減手法が望まれる。最適化手法のモータ設計への適用については近年活発に研究が行われており、トルクの最大化やトルクリプルの最小化を目的関数として AI や機械学習を適用し、特に永久磁石を含むロータ形状で、これまでになかった新規の磁気回路構造が得られたとの報告もあり、

さらなる実用性向上が期待される。

以上述べたように、回転機電磁界解析とそれに関連した技術にはまだ克服すべき多くの課題があり、国内の研究者・技術者が協力してこれに取り組んでいく必要がある。

3. 調査検討事項

- (1) 回転機の電磁界解析を利用したモータモデリング技術および連成・連携技術を含む周辺技術
- (2) 先進的な機械学習・最適化手法のモータ設計への適用技術
- (3) 回転機に関する高速・高精度性能評価および損失評価のための電磁界解析技術

4. 予想される効果

本委員会活動により、次のような効果が期待される。

- (1) 回転機電磁界解析の高速・高精度化による性能評価と損失評価技術の進展と普及
- (2) 解析技術開発、材料開発、回転機設計に関わる研究者・技術者間の交流と連携
- (3) 回転機電磁界解析と最適化手法を組み合わせた解析技術の進展と普及

5. 調査期間

2022年4月～2024年3月 (2年間)

6. 委員会の構成 (職名別の五十音順に配列)

職名	氏名	(所属)	会員・非会員区分
委員長	貝森弘行	(サイエンスソリューションズ)	会員
委員	青山真大	(静岡大学)	会員
同	五十嵐一	(北海道大学)	会員
同	今盛聡	(富士電機)	会員
同	岩井明信	(本田技術研究所)	会員
同	植田浩史	(岡山大学)	会員
同	梅谷和弘	(岡山大学)	会員
同	岡本吉史	(法政大学)	会員
同	沖津隆志	(明電舎)	会員
同	北川亘	(名古屋工業大学)	会員
同	古賀誉大	(アンシス・ジャパン)	会員
同	小峯孝之	(東洋電機製造)	会員
同	小林篤史	(フォトン)	非会員
同	斎藤陽亮	(サイバネットシステム)	非会員
同	佐々木秀徳	(法政大学)	会員
同	笹山瑛由	(九州大学)	会員
同	菅原賢悟	(近畿大学)	会員
同	多久征吾	(東芝三菱電機産業システム)	会員
同	土井智文	(デンソー)	非会員
同	中村雅憲	(中部大学)	会員

同	西田青示	(IDAJ)	会員
同	野口聡	(北海道大学)	会員
同	野見山琢磨	(シンフォニアテクノロジー)	会員
同	羽根吉紀	(東北大学)	会員
同	日高勇氣	(長岡技術科学大学)	会員
同	福井聡	(新潟大学)	会員
同	藤岡琢志	(LG Japan Lab)	会員
同	藤田真史	(東芝エネルギーシステムズ)	会員
同	堀雅寛	(日立製作所)	会員
同	三須大輔	(東芝インフラシステムズ)	会員
同	宮城大輔	(千葉大学)	会員
同	村松和弘	(佐賀大学)	会員
同	元吉研太	(三菱電機)	会員
同	矢野博幸	(エルフ)	会員
同	藪見崇生	(ダイドー電子)	非会員
同	山口忠	(岐阜大学)	会員
同	山際昭雄	(ダイキン工業)	会員
同	山崎克巳	(千葉工業大学)	会員
同	山田隆	(JSOL)	会員
同	若尾真治	(早稲田大学)	会員
同	和嶋潔	(日本製鉄)	会員
同	渡辺直樹	(信越化学工業)	会員
幹事	大口英樹	(東海大学)	会員
同	高橋康人	(同志社大学)	会員
幹事補佐	北尾純士	(三菱電機)	会員

7. 活動予定

委員会 10回/年 幹事会 1回/年

8. 報告形態 (調査専門委員会は必須)

技術報告をもって成果報告とする。

以上