

高温超伝導誘導 / 同期回転機の解析モデルによる負荷特性の評価

Load characteristic evaluation by means of analysis model of HTS induction / synchronous machine

松村一弘, 中村武恒, 西村敏治, 浅井力矢, 関口大輔, 雨宮尚之(京大)
 MATSUMURA Kazuhiro, NAKAMURA Taketsune, NISHIMURA Toshiharu
 ASAI Rikiya, SEKIGUCHI Daisuke, AMEMIYA Naoyuki (KyotoUniv.)
 E-mail: matsumura@asl.kuee.kyoto-u.ac.jp

1.はじめに

我々の研究グループは、かご形誘導機の2次巻線を高温超伝導化した高温超伝導誘導/同期回転機(High Temperature Superconductor Induction/Synchronous Machine:HTS-ISM)の研究開発を行っている[1]。これまで、HTS-ISMが従来の誘導機と比べて高トルク密度を持つことや、微小すべりを有する[2]といった特長を明らかにしてきた。また、2次巻線を超伝導体と常伝導体のハイブリッド構造にすることにより、冷却ストレスに関する課題解決法を見出したり[3]、高トルク密度化による1次電流の増加問題に対して、1次巻線も超伝導化する全超伝導モータの提案をしてきた[4]。

一方、このモータの実応用を達成する上で、上記HTS-ISM特有の特性を考慮した同モータならではの制御方法が必要となってくる。HTS-ISMの特性を最大限生かし、可変速駆動することで、高効率運転が可能となる。よって、本研究では、モータ制御でよく用いられているMATLAB®/Simulink®を用いて可変速制御することを目的とし、その第一段階として、Simulink®上でHTS-ISMモデルの開発を行ったので、その現状について報告する。

2.試験方法

今回、解析結果と比較を行う為、まず実機を用いた負荷試験を実施した。対象としたモータでは、臨界電流59A(@77K)のビスマス線材を3本束ねて1本のロータバーとした。即ち、ロータバー1本あたりの臨界電流は177A(59A×3本)である。Fig.1に実験装置の概略図を示す。HTS-ISMはメタルクライオスタットの中に設置されており、シャフトを介して、トルクメータ、負荷用同期機と連結されている。負荷試験に際しては、入力電圧を150V、一次周波数を60Hzとして測定した。試験結果をFig.4の赤いプロットに示す。

3.解析方法

上記したように、HTS-ISMのモデル作成にMATLAB®/Simulink®を利用した。Fig.2に、実際に作成した解析プログラムを示す。本研究では、誘導機の2次側抵抗に超伝導体の電界(E)-電流密度(J)特性を与えることで、HTS-ISMのモデルを作成している。なお、ロータバーの E - J 特性をモデルに適用する際に、銀シースに流れる分流を考慮したり、モータ作製の際に発生するハンダ接触抵抗を考慮するなど、実機により近いモデルの作成を行った。Fig.3には、超伝導体の n 値モデルにより2次側非線形抵抗を計算するMATLAB®/Simulink®プログラムを示す。

4.解析結果

Fig.4の青いプロットに負荷特性(すべり-トルク特性)の解析結果の一例を示す。試験結果において、すべりの小さい領域までしかプロットが無いのは、それ以上のトルクを要求すると回転数が急激に落ちた為である。解析結果から、負荷の小さい領域では、同期速度近傍を保ちながら回転している点や、負荷を一定以上に大きくすると大きくすべり出す傾向など、試験結果の再現に関してある程度の一致が見られた。しかしながら、両者の値はすべり領域においてズレており、その一因としては、接触抵抗の評価値に誤差を伴っていることが考えられる。より詳細は講演当日に報告する。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(No.20560268)の援助を受けて実施しました。

解析コード開発に関して、ディエスピーテクノロジ(株)様にご協力いただきました。ここに記して、御礼申し上げます。

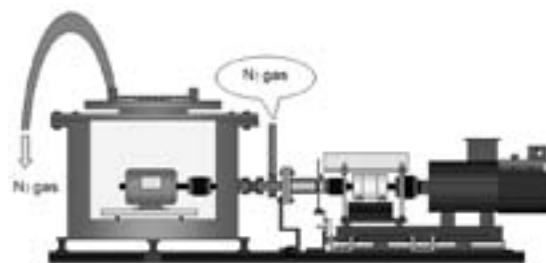


Fig. 1 Schematic diagram of experiment system

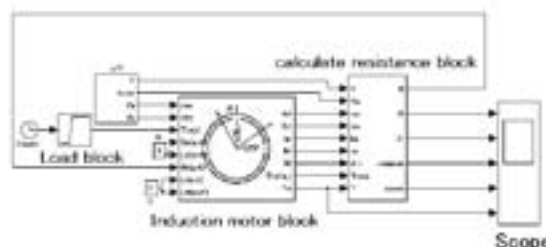


Fig. 2 Analysis code of HTS-ISM with MATLAB®/Simulink®

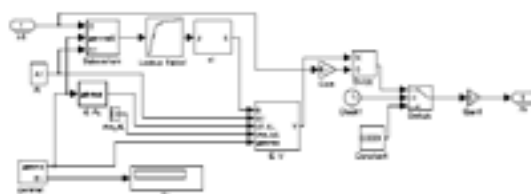


Fig. 3 Analysis code of secondary winding resistance with MATLAB®/Simulink®

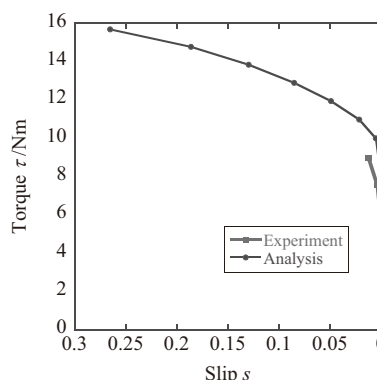


Fig. 4 Analysis and experiment results of HTS-ISM

参考文献

- (forexample) T. Nakamura, et al.: Supercond. Sci. Technol., 20, 911-918 (2007)
- K. Nagao, et al.: The 2009 Annual Meeting Record I.E.E.Japan, Vol. 5. p191 (2009)
- T. Nishimura, et al.: The 2007 Annual Meeting Record I.E.E.Japan, Vol. 5. p174 (2008)
- T. Nishimura, et al.: The 2009 Annual Meeting Record I.E.E.Japan, Vol. 5. p193 (2009)