

第 3 部門 A の研究活動に関する報告

(平成 20～平成 21 年度)

研究課題名：誘導電動機の各種特性に及ぼす高調波電圧およびスロット数組合せの影響に関する研究

廣塚 功*, 坪井和男*

Abstract: Induction motor is widely used to drive industrial equipment, because of its robustness and simplicity of structure, low cost, and easy maintenance. Hence, many studies have been conducted on the induction motor and its basic concept has been clarified. Recently, the demand for higher efficiency and lower noise induction motor has increased considerably. In this research, the effects of the efficiency and electromagnetic noise on the higher harmonic voltage and the slot-combination of three-phase squirrel-cage induction motor have been experimentally studied.

Keywords : *Induction motor, Electromagnetic noise, Electromagnetic vibration, harmonic voltage, Slot combination*

1. はじめに

三相かご形誘導電動機（以下、IM と略記）は、構造が簡単、堅牢、安価などの理由から、産業界を中心に最も多用されている電動機である。近年、省エネルギー化の観点から、インバータなどの非正弦波電源で可変速駆動する用途が増えている。この場合、IM には高調波を含んだ電圧が印加され、一般に、効率の低下、振動や騒音の増加などの問題を生じ、それらの解明に関する多くの研究成果が発表されてきている¹⁾。一方、IM の製造工程の改善などから、固定子をスロット数の少ない集中巻とする小形誘導電動機が増えている。この場合、従来とは異なる固定子と回転子とのスロット数組合せが用いられることとなり、スロット数が IM の特性に及ぼす影響をより一層明確にする必要がある。

以上のような背景の下、当該研究では、IM の諸特性、特に、電磁振動および電磁騒音に及ぼす高調波電圧および固定子と回転子とのスロット数組合せの影響に対する多数の実験的検討を行った。本稿では、その成果を要約して報告する。

2. 研究経過

* 工学部電気システム工学科

研究期間全般に亘り、高調波電圧を含んだ電源電圧での検討を行う前段階として、正弦波可変周波数駆動 IM における電磁振動および電磁騒音の半径方向分布に対する実験的検討を行った。その成果を取りまとめ、後述の「3. 研究成果」に記すように、電気学会などで 11 件の成果報告を行った。また、モータ騒音実験室の整備も進め、研究成果として公表してはいないが、暗騒音を低減するとともに反射音を抑えた測定環境を整えることができた。図 1 に実験装置の構成、図 2 に実験装置を設置している「モータ騒音実験室」内の様子を示す。図 1 に示すように、電磁振動を固定ピックアップおよび可動ピックアップの 2 個のピックアップを用意し、可動ピックアップの位置を順次変更しながら、IM の半径方向の振動加速度および基準ピックアップとの関連を測定する。この測定値を理解しやすい形でグラフ化している。半径方向の電磁騒音も、電磁振動と同様に、固定マイクロフォンおよび可動マイクロフォンの 2 個のマイクロフォンを用いて測定・データ処理している。

以上の実験環境および実験装置を用いて研究を実施した結果、「3. 研究成果」に掲げる成果を挙げることもできた。以下、その順に従って概要を記す。

「3. 研究成果【1】」においては、IM の電磁振動・電磁騒音の半径方向分布を測定することができる実験装置の構成を提案するとともに、IM を定格電圧 200V／定格周波数 60Hz で運転した場合に生じる電磁力波、電磁振動、電磁騒音に密接な関連があることを実験的に明らかにしている。

「3. 研究成果【2】」においては、IM をインバータなどで可変速運転した場合における電磁振動・電磁騒音の検討の基礎として、正弦波で可変周波数運転した場合における IM の電磁振動・電磁騒音分布を実験的に検討した結果を示している。

「3. 研究成果【3】」は、前述の【1】および【2】の内容を取りまとめ、さらに詳細な検討を加えたものであり、国際学会（中国）にて公表した結果を示している。

「3. 研究成果【4】」は前述の【3】に加え、IM の機械的な固有振動モードを打撃試験により求め、電磁振動・電磁騒音成分の分布と比較した結果をまとめている。その結果、機械的な固有振動モードと、

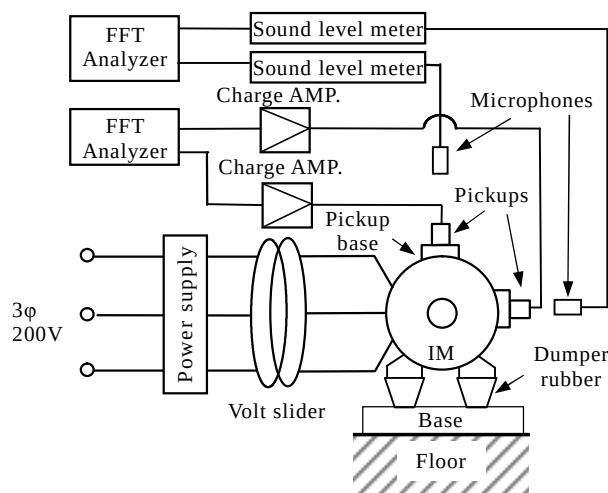


図 1 実験装置の構成図

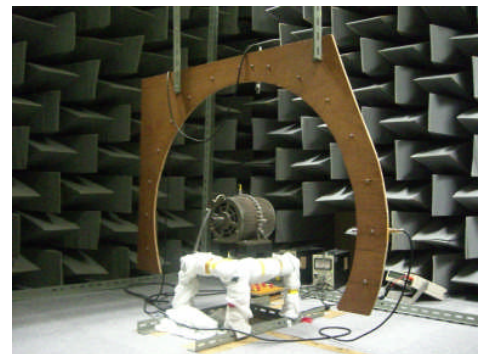


図 2 モータ騒音実験室

これと同一周波数に生じる電磁力波のモードとが一致する場合、顕著な電磁振動・電磁騒音成分を生じていることを実験的に明らかにすることができた。

「3. 研究成果【5】」においては、前述の【1】～【4】とは異なる回転子スロット数の供試 IM においても、電磁力波の発生状況は異なるが、前述の【1】～【4】と同様に検討できることを実験的に明らかにしている。

「3. 研究成果【6】」においては、前述の【5】より多くのスロット数組合せに対して詳細な検討を行い、IM の電磁力波、電磁振動、電磁騒音の発生原因予備発生の特徴並びに半径方向分布の特徴などを実験的に明らかにしている。

「3. 研究成果【7】」においては、IM のスロット数組合せが異なる場合、発生原因となる電磁力波のモードは同一であるが、半径方向分布が異なる特徴を有する場合があることを実験的に明らかにしている。

「3. 研究成果【8】」においては、電源周波数が異なる場合、発生原因となる電磁力波のモードは同一であるが、半径方向分布が異なる特徴を有する場合があることを実験的に明らかにしている。

「3. 研究成果【9】」においては、当該研究テーマに直接関連し、着手前より引き続き検討を行ってきた結果を纏めたものであり、IM の一種であるコンデンサモータのスロット数組合せ、極数、斜めスロット、負荷状態が電磁振動に及ぼす影響を理論的かつ実験的に明らかにした結果を纏めたものである。

「3. 研究成果【10】」においては、当該研究期間中に明らかにした事項も含め、申請者らが長年携わってきた IM の電磁振動および電磁騒音に関する研究成果を分かり易くまとめたものである。

「3. 研究成果【11】」においては、前述の【8】をさらに詳細に検討し、IM の駆動周波数、電磁力波、電磁振動成分の半径方向分布の関連を実験的に明らかにしている。

以上のように、当該研究課題を当初の研究計画通り順調に実施できた。その結果、「古くて新しい研究課題」として、IM の電磁振動および電磁騒音に関する新たな知見を得ることができ、IM の低振動・低騒音化に寄与し得る国内外で貴重かつ多岐にわたる実験データおよび詳細な検討結果を提示できたものと考えている。

3. 研究成果

- 【1】 丹羽陽介・廣塚功・坪井和男・川上正行：「三相かご形誘導電動機の無負荷時における電磁振動・騒音の半径方向分布に関する一考察」平成 20 年電気学会産業応用部門大会，No.Y-112（2008-8）
- 【2】 丹羽陽介・廣塚功・坪井和男・川上正行：「三相かご形誘導電動機の変周波数駆動時における電磁振動・騒音分布に関する実験的検討」平成 20 年度電気関係学会東海支部連合大会，No.P-086（2008-9）
- 【3】 I. Hirotsuka, Y. Niwa, K. Tsuboi, M. Kawakami : “Experimental Study of Radial Distributions of Electromagnetic Vibration and Noise in Three-phase Squirrel-cage Induction Motor at No-load” ICEMS2008(International Conference on Electric Machines and Systems 2008), No.CMP-05（2008-10）
- 【4】 丹羽陽介・廣塚功・坪井和男・川上正行：「三相かご形誘導電動機の無負荷時における電磁振動・騒音の半径方向分布に関する実験的検討」電気学会回転機研究会資料，RM-08-128，（2008-10）
- 【5】 廣塚功・坪井和男・丹羽陽介：「三相かご形誘導電動機の電磁振動・電磁騒音分布に関する基礎的検討 一回転子スロット数が異なる場合」中部大学総合工学，Vol.21, pp.21（2009-3）
- 【6】 丹羽陽介・廣塚功・坪井和男・川上正行：「三相かご形誘導電動機の無負荷時における電磁振動・騒音の半径方向分布に関する検討 ースロット数組合せの影響」2009 年電気学会全国大会，No.5-042（2009-3）
- 【7】 丹羽陽介・廣塚功・坪井和男・川上正行：「三相かご形誘導電動機の無負荷時における電磁振動・騒音の半径動向分布に関する検討 ー同一のモードで分布状況が異なる例ー」2009 年電気学会産業応用部門大会，No.Y-109（2009-8）

- 【8】 丹羽陽介・廣塚功・坪井和男・川上正行：「三相かご形誘導電動機の無負荷時における電磁振動・騒音の半径方向分布に関する検討 ―同一モードで電源周波数によって分布状況が異なる例―平成 21 年電気関係学会東海支部連合大会，No.P-001（2009-9）
- 【9】 廣塚功・坪井和男：「コンデンサモータの負荷時電磁振動に及ぼすスロット数組合せおよび斜めスロットの影響」電気学会論文誌 D，Vol.129，No.11，pp.1075-1084（2009-11）
- 【10】 廣塚功・丹羽陽介・坪井和男：「誘導電動機の電磁振動・電磁騒音の発生原因と特徴」中部大学工学部紀要，招待論文（2009-12）
- 【11】 丹羽陽介・廣塚功・坪井和男・川上正行：「三相かご形誘導電動機の無負荷時における電磁振動・騒音の半径方向分布に関する検討 ―電源周波数によって同一のモードで分布状況が異なる例（続報）―」2010 年電気学会全国大会，投稿済（2010-3）

謝辞

本研究は中部大学総合工学研究所 平成 20 年度～21 年度の第 3 部門の援助を受け遂行されたものであり，多くの有効かつ貴重な成果を上げることができ，ここに謝意を表します．

参考文献

（1）例えば，電気学会「誘導機電磁騒音解析技術」調査専門委員会：「誘導電動機の電磁振動と騒音の解析技術」電気学会技術報告，No.1048（2006）