

## 博士論文審査結果の要旨

博士論文審査委員会

主 査 松本 聡

審査委員 藤田 吾郎

審査委員 西川 宏之

審査委員 赤津 観

審査委員 熊田 亜紀子

氏 名	Nguyen Nhat Nam
論文題目	Non-linear Analysis of Electrical and Thermal Stress Grading System in Multi-Level Inverter-Driven Medium Voltage Motors
〔論文審査の要旨〕 パワーエレクトロニクス技術の進展とともに、PWM インバータ駆動モータは優れた制御性や高い省エネ効果により、今日の社会に広く普及している。一方、近年の大容量化の要請に伴いインバータ駆動モータは高電圧化が進み、インバータサージによる回転機巻線の絶縁破壊と熱劣化が、新たな技術課題として浮かび上がってきた。 本研究は、インバータサージ下のモータ巻線端部の実機相当等価モデルに、非線形絶縁材料を適用した場合について、電界および熱の大規模連携解析を実施し、その有効性を数値的に実証したものである。すなわち、数ナノ秒から数 10 ナノ秒オーダのインバータサージ波形に対して、非線形絶縁材料を適用することにより、電界緩和ならびに熱ストレスの低減が可能であることを示した。この成果により、実機設計に対する理論的根拠を示すとともに、今後の非線形材料の研究課題を浮き彫りにすることができた。 これらの研究成果は査読付論文 1 件、査読付国際会議 2 件、査読無国際会議 5 件、口頭発表 4 件として発表済である。 2014 年 4 月 21 日に開催された博士論文予備審査委員会において、1 時間のプレゼンテーションに続く、約 45 分間の質疑応答がなされ、審査基準をクリアしていることを確認した。なお、予備審査における主な意見やコメントは以下の通りであった。 1. サージ解析と熱解析を連携させる上で生じる新規の問題点や、解析により明らかになった端部絶縁設計の考え方などを、研究成果として明確に記述すべきである。2. 発熱解析の計算値と実測値の差が大きい。この原因について、変位電流の取り扱いなど、モデルの見直しを含め検討すべきである。3. 比誘電率や導電率の物性値には電界以外に、熱や周波数の効果も考えられるので、これらについてもコメントを追加する。4. 熱解析は自然冷却を前提としているが、強制冷却についてもコメントを追記すべきである。 続いて、2014 年 7 月 28 日に公聴会による論文発表ならびに質疑応答を 1 時間 30 分実施した。その後、非公開の最終審査会が開催され、予備審査での指摘事項が博士論文に適切に反映されていることを確認の上、全委員一致で合格と判定した。	

# 論 文 要 旨

## Thesis Abstract

2014年07月02日

※報告番号	甲 第 160 号	氏 名 (Name)	Nguyen Nhat Nam
主論文題名 (Title)			
<b>Non-linear Analysis of Electrical and Thermal Stress Grading System in Multi-Level Inverter-Driven Medium Voltage Motors</b>			
内容の要旨 (Abstract)			
<p>Energy has been one of the most important problems in the world. Beside numerous efforts to explore and to apply renewable resources of energy, the efficient use of energy has become a good solution to face the depleted situation of fossil fuels. In practice, applications of adjustable speed drives are demonstrated being able to enhance the efficiency of using electric power. However, this trend becomes a big challenge for stress grading systems of stator end-winding insulations in AC motors because of fast and high voltage impulses in the output of the frequency-variable drives. Hence, a comprehensive understanding about the behaviour of stress grading systems in the inverter source conditions is an inevitable demand. Originated from this desire, the aim of our research work is to analyze the electrical and the thermal stress grading mechanisms of a typical stress grading system in invert-fed medium voltage motors.</p> <p>Based on a finite element method software package named COMSOL, two models of electric field and heat transfer analyses are developed taking into account the nonlinearly electrical behaviour of the semiconductive tape in the stress grading systems. Besides, a mathematical model of surge travelling is modified and built in Matlab/Simulink to compute overshoot voltages at the motor terminal caused by the cable-motor impedance mismatch.</p> <p>In the inverter applied conditions, the electric field stress and the dissipated power in the conductive armour tape of the stress grading system are validated existing during the short rise time interval of the impulses. The dissipated power density is observed to be greatest in the area at the stator slot exits, hence the highest temperature rise locates in this region. Moreover, the effects of voltage overshooting and ringing due to the cable-motor impedance mismatch on the stress grading system behaviour are clarified in detail. This phenomenon can increase both the intensity and the lasting time of the electric and thermal stresses, exacerbate the ineffective situation of the stress grading system, especially in the cases of long connecting cables, high cable-motor surge impedance differences, and newer inverters with very fast electronic switches.</p> <p>With the results achieved above, the application of our simulation models can be a promising way for the improvements and optimal designs of stress grading system compatible to inverter-fed motors.</p>			