

審査の結果の要旨

氏名 原 崇文

本論文は、駆動システムの電動化が急速に進む自動車分野において特に重要な永久磁石同期モータ駆動システム対象に、その低振動・低騒音化によって車内・車外環境の快適性向上を、経済的に実現する制御技術を提案し、その技術の効果を実験的に検証したもので、以下の6章からなる。

第1章は、序論として、駆動用主機システムと補機システムの電動化について述べ、これらのモータ駆動システムへの要求を整理し、技術動向をまとめている。小型・高出力・高効率・高信頼化が実現できる利点が多い一方、振動・騒音が悪化する課題を記述している。そして、永久磁石同期モータの振動・騒音の発生メカニズムを整理し、ソフトウェア改良で実現可能な制御によるモータ駆動システムの低振動・低騒音化の重要性に言及している。これに基づき、本論文の目的と構成を記述している。

第2章は、自動車用モータ駆動システムにおける制御を用いた低振動・低騒音化に関する先行研究とその課題として、制御によるモータ駆動システムの低振動・低騒音化に関する主要な先行研究を紹介し、モータ駆動システムの低振動・低騒音化の主要な手法と、それらの課題を概観している。

第3章は、ロータの基本波磁束成分によって発生する径方向電磁加振力の電気角2次成分の低減として、電気角2次の径方向電磁力に着目し、第2章でまとめた技術課題の1つである、巻線係数が高く小型・高出力化に優れた10極12スロットモータを取り上げ、電気角2次の電磁力を低減する制御を提案している。そして、制御による電気角2次の径方向電磁力の低減手法の限界を明らかにし、制御によるさらに大きな振動低減効果が期待される、時間高調波起因の周方向および径方向電磁力の重要性を指摘し、これに続く章の検討課題に繋げている。

第4章は、PWM起因の時間高調波で発生する分布巻PMSMのキャリア電磁騒音の低減として、時間高調波起因の周方向および径方向電磁力に着目し、電動化が進む自動車分野において顕著となるインバータのキャリア電磁騒音の低減法を取りあげ、電磁騒音の発生周波数、発生モード、制御の因果関係を明らかにしている。この知見に基づき、キャリア周波数を機構の固有振動数から遠ざけることで、キャリア電磁騒音の低減を可能としている。

第5章は、直流母線電流検出方式による時間高調波に起因したキャリア電磁騒音の低減として、時間高調波起因の周方向および径方向電磁力に着目して

直流母線電流検出方式（電流センサレス方式）の課題の 1 つである，パルス修正法による高周波電圧に伴うキャリア電磁騒音を低減する方法を記述している。従来解明されていなかった，パルス修正量とキャリア電磁騒音の関係を数式で理論的に記述し，磁石材質により異なるキャリア電磁騒音を定量評価する手法を提案している。そして，左記で提案したパルス修正量を低減しキャリア電磁騒音を低減するパルス修正法の効果を，実機試験を通じて検証している。

第 6 章では，結言として，上記で得られた知見，提案手法の貢献をまとめ，ソフトウェア改良で可能な制御によるモータ駆動システムの低振動・低騒音技術を総括し，各章の個々の研究成果に対応する形で今後の具体的検討課題をまとめている。

以上要するに，本論文は，世界的に電動化が強力に推進されている自動車のモータ駆動システムの低振動・低騒音化を実現する手法を工学的にまとめ，車内・車外環境の快適性向上を厳しい経済性の要求のもとで系統的に実現する制御技術を提案するとともに，その有効性を数値計算および実機試験を通じて検証したもので，電気工学，特に電気機器学および制御工学への貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。