

## 最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第 472号	氏名	森 辰也
審査委員	主 査	山本 吉朗	
	副 査	川畑 秋馬	甲斐 祐一郎

令和元年7月29日（月）午後3時から開催された論文発表会において、主査および副査2名を含む29名の参加者の前で学位論文の内容が説明された。約1時間の論文内容の発表後、約30分にわたって発表者と審査委員全員および聴講者との間で活発な質疑応答が行われ、的確な回答がなされた。主な質疑応答の内容を以下に記す。

【質問1】母線1シャント電流検出でトルクリップルを減少させる方式は、電力回生時にも問題なく動作するか？

【回答1】問題なく動作する。当該方式のスイッチングパターンはq軸に隣接する2つの電圧ベクトルを用いるが、回生の場合には-q軸に隣接する2つの電圧ベクトルを用いるように切り替えることで対応できる。

【質問2】論文中において母線1シャント電流検出に用いるスイッチングパターンは指令信号と思われるが、実際にはアンプのオン、オフの遅れ等で誤差が生じるため正確にその通りには印加されない。この誤差の影響はないか？

【回答2】影響の度合いは、キャリア周期に対するデッドタイムの割合で決まる。今回、デバイスとしてMOSFETを使っており、キャリア周波数は5 kHz (200  $\mu$ s周期) である。これに対しデッドタイムが500 nsであり、非常に小さい割合なのであまり効いていないと考える。

【質問3】提案の下アーム3シャント法でコンデンサ電流リップルが低減されると寿命の他にどんなメリットがあるか？

【回答3】小形化できるメリットがある。提案法を用いた場合のコンデンサ電流リップルは、二相変調法に比べて37%、従来法（零相電圧相異法）に比べて16%減少している。コンデンサの電流リップルと体積は比例関係にあるので、それぞれ37%、16%の体積低減ができることになり、小形化が可能である。

【質問4】コンデンサ電流リップルを下げる制御（下アーム3シャント方式）および母線1シャント方式において、制御の難しさは回転数で変わるか？

【回答4】下アーム3シャント方式に関しては回転数が変わっても問題ないが、母線1シャント方式の場合、トルクリップルを小さくするパターンは低変調率（低速）のときしか出力できないので、高速では選択できなくなる。ただ、低速時にはトルクリップルがそのまま回転ムラにつながるため、トルクリップルの低減が重要であるが、高速時にはトルクリップルが速度変動に与える影響が小さくなるのでトルクリップルを小さくするパターンを出力できなくてもあまり問題にはならない。

【質問5】小形化を狙ってコンデンサ電流リップルを下げているが、ダブルインバータにすることで大形化するので相反している。小形化よりも耐故障性の方が重視されているということか？

【回答5】耐故障性を重視しているので二重化は避けられない。インバータの各デバイスの電流は半分になるがスイッチは倍の12個になりゲート駆動回路等もその分増加するので大形化は避けられない。最近、パワーステアリングシステムは特に大型車にも適用が進んでいる。普通の車ではパワーステアリングシステムが故障してもなんとか手でステアリングを切れるが、大型車では故障するとステアリングが切れなくなるような車にも適用されているのでパワーステアリングが止まることは許されない。それで二重化が普及し始めている。

【質問6】母線1シャント方式のトルク誤差はもっとゼロに近付けられるがなぜそうしなかったのか？

【回答6】人間の手の感覚は振動には敏感だが、直流誤差に対しては敏感ではないため、絶対値ではなく変動分（リップル）を小さくするようにしている。

以上を含めた計17件の質疑に対する応答から、3名の審査委員は、申請者が大学院博士後期課程修了者として十分な学力と見識を有するものと認め、博士（工学）の学位を与えるに足りる資格を有するものと判定した。