

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(生)甲第270号	氏名	趙 曉丹
学位審査委員	主査 辻 峰男 副査 石松 隆和 副査 樋口 剛		
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>趙曉丹氏は、2009年4月に長崎大学大学院生産科学研究科博士後期課程に進学し、現在に至っている。同氏は、生産科学研究科に進学以降、システム科学を専攻して所定の単位を修得するとともに、汎用インバータによる誘導電動機の駆動として広く用いられている V/f 一定制御をさらに高性能化する研究に従事し、その成果を2011年12月に主論文「誘導電動機 V/f 制御系の高性能化に関する研究」として完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文7編(うち審査付き論文4編)、印刷公表予定論文1編(審査付き論文、審査中)を付して、博士(工学)の学位の申請をした。長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、2011年12月21日の定例教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を2012年2月15日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>提出論文は、現在汎用インバータによる誘導電動機駆動システムで用いられている V/f 一定制御法の高性能化に関する研究である。これまでの V/f 一定制御法は、負荷トルクの変化によりすべりが変化して速度誤差を生じること、低速運転時に一次抵抗による電圧降下が大きくなって磁束が一定に維持されないことの問題がある。後者の問題については、一定のパターンのブースト電圧を印加する方式が実用化されているが、電流による電圧降下の変化が考慮されておらず、磁束一定制御になっていない。</p> <p>まず、誘導電動機のT-I型定常等価回路から二次磁束を一定に保つためのブースト電圧と速度誤差をなくすためのすべり周波数を求めて電圧補償とすべり周波数補償を行う方式を提案している。提案方式の解析設計を行うため、誘導電動機及び制御系を非線形微分方程式として記述し、定常解析を行い状態変数の微小変動を考えることで線形モデルを導出している。線形モデルの系行列の固有値を根軌跡として描くことで安定化に必要なローパスフィルタの設計を行っている。また根軌跡により速度指令、負荷トルク及び一次抵抗変動が安定性に及ぼす影響を明らかにして</p>			

いる。この結果、高速運転程では力行及び回生のいずれの運転においても負荷トルク変化や一次抵抗変化が安定性に及ぼす影響は小さいことを示している。しかし、低速運転領域では負荷が大きくなるほど一次抵抗の変動が安定性に及ぼす影響が大きく、系が不安定になることがあることを指摘している。提案方式の運転限界を明確にするために、誘導電動機の T-I 型定常等価回路から端子電圧を一定とした場合の滑り周波数に対する二次誘導起電力、一次電流などのベクトル軌跡を導出し、それらの結果を示している。この結果低速回生領域の運転においては一次抵抗による電圧降下が大きくなって端子電圧に対し二次誘導起電力の位相が 90 度以上進むことから運転限界があることを定量的に明らかにしている。

次に、1.5 kW の誘導機をデジタルシグナルプロセッサ制御 PWM インバータで駆動することで、実機実験を行い理論の検証を行っている。システムの構成、ソフトウェアの使用法や制御プログラムの構成、インバータにおける出力電圧誤差補償の方法について述べ、定常及び過渡特性について各種運転状態で提案方式と従来の V/f 一定制御方式を理論解析と実験により比較検討している。この結果、提案方式は従来方式に比べて低速運転を含め大幅に速度特性が改善できることを実証している。温度により一次抵抗が変化するが、その同定法を提案し、理論と実験でその有効性を明らかにしている。

さらに、提案方式を単純化したシステム構成について研究している。本方式は、誘導電動機の d - q 回転座標系モデルで q 軸磁束をゼロ、 d 軸磁束を一定とするベクトル制御理論を直接応用した方式である。この関係式を用いて直接一次電圧を演算して電動機に加えすべり角周波数の補償を行っている。安定化のために q 軸電流の出力にローパスフィルタを用いる必要があり、この設計のため、非線形モデルと線形モデルを導出している。電圧演算及び滑り周波数演算いずれもローパスフィルタにおいても遮断角周波数を高く選んで q 軸電流の補償を行うと系は不安定となることを明らかにしている。また一次抵抗変動については、 d 軸電流誤差を利用して、一次抵抗を同定する方法を提案している。実機実験を行い、種々の遮断角周波数に対する実験結果はシミュレーション結果とほぼ一致し、理論を実証することで提案方式の有効性を示している。

以上のように、提出論文は、誘導電動機の V/f 制御の制御方式を提案して広い運転領域で速度制御を可能にするとともに安定性に関する理論的解明を行っており、 V/f 制御の高性能化に多大の寄与をするものと評価できる。

学位審査委員会は、システム科学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、工学、特に電動機制御学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。