

論文審査の結果の要旨

|  |                                |    |      |
|--|--------------------------------|----|------|
| 報告番号   | 博(生)甲第269号                     | 氏名 | 徐 富錦 |
| 学位審査委員   | 主査 辻 峰男<br>副査 石松 隆和<br>副査 樋口 剛 |    |      |
| <p>論文審査の結果の要旨</p> <p>徐富錦氏は、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、<math>d</math>-<math>q</math>軸電流を推定する状態オブザーバを用いて誘導電動機を速度を推定しベクトル制御を行う速度センサレスベクトル制御に関する研究に従事し、その成果を2011年12月に主論文「電流オブザーバによる誘導機を速度センサレスベクトル制御に関する研究」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、査読中)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、現在誘導電動機を速度センサレスベクトル制御として世界的に研究が進められているテーマについて、電流オブザーバを利用して独自の方式を開発したものである。一般に速度センサの設置は電動機の運転環境の制約とコスト増などの問題を引き起こすため、速度のセンサを利用せずにベクトル制御を行う方式が注目されている。この実現のためには誘導電動機の数学モデルを利用してオブザーバを構成し、それによって速度を推定することが考えられる。しかしながら数学モデルに含まれる一次抵抗が実際には温度によって変化すること、低速領域で精密な電圧制御が必要なこと、鉄損によって特性が劣化することなどの問題があり、これらの影響を考慮した速度センサレスベクトル制御の構築と安定なオブザーバの設計が望まれている。また、電動機の相電流を検出するセンサも省いて、DCリンク電流だけでベクトル制御を行うことは究極のセンサレス制御と考えられている。提出論文はこれらの問題について、研究を行い以下のような成果を挙げている。</p> <p>まず、鉄損を考慮した誘導電動機の任意回転座標系における数学モデルを利用して電流オブ</p> |                                |    |      |

ザーバを構成し、 $q$  軸電流の測定値と推定値の誤差で電動機を速度を推定する方式を開発している。これまでも同一次元状態オブザーバとモデル規範適応システムの手法を用いて速度と二次磁束を推定し直接形ベクトル制御を行う方式は提案されているが、オブザーバは静止座標系で構成されていた。提案方式は、回転座標系でオブザーバを構成しており、 $d$ - $q$  軸電流制御との相性が良く、構成の簡単さと線形モデルによる安定解析が行えるなどの特徴を有する。また鉄損の影響により、指令トルクと実際のトルクに誤差が生じる問題があり、これまでも幾つかの方法が提案されている。提案方式では鉄損を考慮した誘導機のモデルから理論的に一貫して制御系を構成しており、従来のオブザーバによる速度推定と鉄損によるトルク補償に別々の数学モデルを用いるといった煩雑さをなくしている。

次に、提案方式の理論解析を行うために4つの解析モデルを開発している。それぞれ非線形連続モデル、線形連続モデル、デジタルステップ電圧モデルおよびデジタルPWMモデルである。線形連続モデルを用いて各制御パラメータの変化に対する極の軌跡（根軌跡）を求めて安定性を検討し、制御器を設計している。設計した制御パラメータを用いて、DSP制御PWMインバータにより実機実験を行い、解析結果と実験結果を比較検討している。これらの結果、力行運転と回生運転両方とも高速領域でより鉄損の影響が大きく鉄損を考慮することでトルクと速度の定常運転時の制御精度を改善できること、鉄損が過渡特性に対する影響は小さいこと、実験において検出した電流にローパスフィルタを設けることで推定速度の脈動が低減できること、PWMインバータの出力電圧誤差の補償は低速運転領域で効果が大きいこと、デジタルPWMモデルは実際の電流の脈動をシミュレーションできること、速度推定ゲインを小さく設定すると安定性が悪く逆に大きく設定すると実験でノイズの影響を受けやすくなること、電流オブザーバゲインは高速運転領域で安定性の改善に効果的であること、一次抵抗の指令値を大きく設定すると特に低速運転時に過渡特性が悪くなること、提案している一次抵抗同定法は安定に収束して特性の改善に効果的であることなどを明らかにしている。

さらに、電動機の相電流を検出する2個の電流センサを省き、1個の直流母線電流からこれらの電流を推定する方法を検討し、デジタルPWMモデルを用いたシミュレーションにより提案した速度センサレスベクトル制御が適用可能であることを示している。

以上のように、提出論文は、鉄損を考慮した誘導電動機のセンサレスベクトル制御方式を提案し、同時に安定解析と詳細なシミュレーション解析および実機実験でその有効性を実証したもので、センサレス制御の発展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。