

Title	回転機可変速駆動の性能向上に関する動特性解析手法の研究
Author(s)	岸本, 健
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3144269
DOI	10.11501/3144269
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	岸 本 健
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 14037 号
学位授与年月日	平成10年4月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	回転機可変速駆動の性能向上に関する動特性解析手法の研究
論文審査委員	(主査) 教授 辻 毅一郎 (副査) 教授 熊谷 貞俊 教授 松浦 虔士

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、申請者がこれまで携わってきた回転機の可変速制御に関する研究のうち、1) PWM インバータ駆動誘導電動機の不安定現象の究明、2) 工業用ミシン駆動ベクトル制御及び3) トロイダル磁場コイル (TFC) 電源用フライホイール付き直流発電電動機 (DCG) の3テーマにおける成果をまとめたものであり、全9章で構成されている。

第1章は緒論で、本研究の背景、目的を明らかにしている。第2章から5章は、上記1) に関する成果であり、電圧型PWM インバータの主トランジスタの上下アーム短絡防止期間 (Td) に起因する誘導電動機駆動時の不安定現象発生の条件を正確に算定するため、電動機の主磁束の磁気飽和を考慮した独自の解析モデルを構築してこの目的を達成したことについて述べている。第6章は1) の成果を2) に適用した結果を述べている。第7章及び第8章は3) に関するもので、核融合実験装置における TFC 電源として新たに開発した出力2.7 kV, 19 kA のフライホイール付き DCG の動特性に関する研究成果を述べている。DCG と負荷 TFC に対する電氣的、熱的に厳しい制約条件のもとで定格出力19 kA, 1 s 間一定のパルス電流の発生、また DCG, TFC 間のガス遮断器 (GCB) のパルス通電終了毎の高頻度開極などに関する諸問題を解決したことについて述べている。第2章から第8章の内容は下記の通りである。

第2章では、磁気飽和を等価空隙として考慮した電動機の電圧方程式及びトルク式を物理的な意味付けを明確にしながら誘導し、得られた解析モデルを実験結果と比較しその有効性を実証している。

第3章では、Td がインバータの出力特性に及ぼす影響を定量的に算定するとともに Td を考慮した解析モデルの構築を行っている。

第4章では、以上を総合した駆動系全体の基本方程式から定常動作点からの微小変動に対する線形化方程式を誘導し、系全体の安定判別を行い実験結果が精度良く検証できることを確認し、磁気飽和と Td の安定性に及ぼす影響を明確にしたことについて述べている。

第5章では、前述した全駆動系解析モデルによる波形と実験波形との比較を行い、モデルの検証を行っている。

第6章では、全駆動系解析モデルを、ベクトル制御方式を採用したミシン駆動装置の実験結果の検証用に適用して有効性を実証している。

第7章では、JFT-2M(高性能トカマク開発試験装置)のトロイダル磁場増強用に開発したDCGを主体とする電源について述べている。とくに、この電源では4象限運転可能な界磁用サイリスタ電源に低レンジ電圧検出器を追加することによって、本来のTFCのパルス電流制御だけでなく、開極時に遮断部の電流を汎用交流GCBが開極可能な10A程度にまで抑制する制御を可能とした独自の主回路切換方式について述べている。

第8章では、第6章までの解析技法も参考にし、DCGによるパルス電流制御特性と発電制動特性に関する解析を行った結果、ならびに実験結果のシミュレーションによる検証を行った結果を示している。

第9章は、結論であり、本研究の成果の総括と今後を展望している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、誘導電動機のPWMインバータ駆動可変速制御に関する一連の研究ならびにトカマク開発試験装置の電源用に開発した直流発電電動機の制御に関する研究の結果をまとめたものである。得られた成果は以下の通りである。

(1)PWMインバータを用いた誘導電動機駆動系の解析を精度よく行うためには、誘導電動機のモデルについて従来から提唱されている主磁束の飽和を考慮しない線形モデル、あるいは主磁束の飽和を飽和磁化曲線に添って変化させるモデルでは不十分であることを指摘し、磁気飽和を明示的に取り入れた新しい解析モデルの導出を行うとともに、この解析モデルに基づくシミュレーションプログラムを開発している。また、このモデルの有効性を正弦波電源駆動時における再投入特性ならびに方形波電源駆動時の定常特性について、実験結果と対比させながら実証している。

(2)誘導電動機の正弦波PWMインバータ駆動時において、インバータの周波数と出力電圧の値に依存して電動機一次電流が不安定となる現象は、主回路トランジスタの上下アームの短絡を防止するために通常設けられるTdの影響であることを指摘し、Tdを考慮したPWMインバータの基本方程式を導出している。この基本方程式と上記の誘導電動機の新しいモデルを組み合わせることでPWMインバータ駆動の誘導電動機系全体の動特性解析モデルを導出している。この際、誘導電動機のモデルには鉄損の影響も加味している。さらに、動作点からの微小変化分に対して線形化モデルを導き、固有値法を適用して不安定現象の理論的解明を行っている。また、誘導電動機系の定数の変化の不安定領域に及ぼす影響を評価し、実験結果と対比させてモデルの有効性を明らかにしている。

(3)上記(1)及び(2)の結果を総合し、PWMインバータ駆動誘導電動機系の特性評価のためのシミュレーションプログラムを完成させている。このシステムを用いた解析の具体例として、工業用ミシン駆動用の「ベクトル制御型ACサーボ系」を取り上げ、このシミュレーションプログラムをベクトル制御型ACサーボ系の基本設計や特性評価の過程へ適用するための方法を示すとともに、過渡応答実験によるシミュレーション結果の検証を行い良好な結果を得ている。

(4)核融合用高性能トカマク開発試験装置のトロイダル磁場コイル用電源の電流制御系について、シミュレーションモデルを開発し、そのモデルに基づいて電流制御特性、電流零制御特性、制動特性への制御パラメータの影響に関する特性解析を行い、実機設計における適切なパラメータ選択の根拠を与えている。実機の試験結果では、DOGと負荷TFCに対する電氣的、熱的に厳しい制約条件のもとで定格出力19kA、1s間一定のパルス電流の発生、またDCG、TFC間のガス遮断器(GCB)のパルス通電終了毎の高頻度開極など所期の性能を得ており、シミュレーションモデルによる事前検討の有効性を明らかにしている。

以上のように、本研究では、誘導電動機ならびに直流発電電動機の可変速駆動について、物理的現象に忠実な解析モデルを新たに導出し、実験及び実機試験による検証を行ってこれらのモデルの妥当性を明らかにするとともに、それらのモデルに基づくシミュレーションプログラムを完成させている。モデルの考え方ならびにプログラムは同種のインバータ駆動電動機あるいは直流発電電動機の特性解析を行うために極めて有用で、電力機器工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。