

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	磁場コイル用直流パルス電源に向けたフライホイール付自励誘導発電機の実証に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	村山真道
Author(English)	Masamichi Murayama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11519号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:飯尾 俊二,小栗 慶之,林崎 規託,片淵 竜也,筒井 広明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11519号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		村山 真道	
			氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査		飯尾 俊二	教授	筒井 広明	准教授
	審査員		小栗 慶之	教授		
			林崎 規託	教授		
			片淵 竜也	准教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「磁場コイル用直流パルス電源に向けたフライホイール付自励誘導発電機の実証に関する研究」と題し、全6章より構成されている。

第1章「序論」では、磁場閉じ込め核融合装置のパルス電源について概説し、小型装置用に広く採用されているコンデンサ・バンク電源の問題を指摘している。これを解決するものとして、フライホイールを用いるエネルギー蓄積装置に着目し、大型装置に実績があるものの保守・点検が煩雑な同期発電機や直流発電機ではなく、誘導発電機を適用する小型パルス電源の開発を研究目的とすることを述べ、本研究の位置づけを行っている。

第2章「フライホイール及び自励誘導発電機の原理」では、フライホイールと自励誘導発電機について、それぞれ他方式のエネルギー蓄積装置や発電機と比較しながら、それらの原理について詳述している。フライホイールはコンデンサに比べてエネルギー密度が大きく、電源装置の小型化のために有利であるが、フライホイールは回転運動としてエネルギーを蓄えるため、回転運動を電力に変換する変換装置、すなわち発電機が必要であることを論じている。鉄製フライホイールと発電機としても利用可能で堅牢な誘導電動機を使用することにより、電気エネルギーと運動エネルギーについて双方向の変換が可能であると述べている。

第3章「非絶縁型自励誘導発電機直流パルス電源の設計と実証実験」では、本学にある小型トカマク装置 PHiX において従来から用いられていたフライホイール付誘導発電機に、新たに自励現象の誘起を利用し、直流電流制御を行う制御盤を追加して誘導発電機の出力の増大を図った設計について解説し、その実験結果について論じている。従来はモータの運転に広く使われている三相インバータにより誘導発電機にブレーキをかけることで電力を取り出す、いわゆる回生動作を行っていたが、この方式では誘導発電機が発生する有効電力と無効電力のすべてがインバータを通過する。そのため、手可能なスイッチング半導体素子により実現可能な電源容量に制約を受けていた。これに対して、スイッチング半導体素子を用いないダイオード整流器は損失が少なく大型な素子が入手しやすいという利点がある。そこでインバータを用いずに、コンデンサ自励現象により電圧を発生させた後、ダイオード整流器を経由して直流電流を得る方式を採用することにより、同一の誘導発電機を使用した従来のインバータ方式での実験に比べて、2倍以上にあたる最大供給電力 128 kW を達成している。

第4章「絶縁昇圧型自励誘導発電機直流パルス電源の設計と実証実験」では、九州大学にて建設中のトカマク装置 PLATO 向けのトロイダル磁場コイル電源の設計とその実験結果について詳述している。前章で述べた方式を基にしながら、新たに複数の誘導発電機の並列運転及び変圧器を用いた発電機の電圧階級と負荷の電圧階級の分離を達成している。並列運転が実証されたことによりフライホイール付き誘導発電機のモジュール化・増設といった設計・運用上の大幅な自由度の向上が可能となり、さらなる大型化に向けた目途が立ったとしている。また PHiX 用コイル電源の製作時点では、コンデンサが発生させる進み無効電力を打ち消す変圧器の使用は避けられてきたのに対して、その低減効果を実験で定量的に評価することにより、変圧器を併用した自励誘導発電機の設計・製作を可能にしている。これにより負荷に必要な電圧が発電機電圧よりも高い場合においても自励誘導発電機は設計可能であることを明らかにしている。

第5章「自励誘導発電機の設計手法のまとめ」では、他研究にも言及しつつ、過渡現象を考察する際に優れているベクトル制御の考え方を利用した設計手法について述べている。定常等価回路は自励誘導発電機に関する他の研究においても頻りに用いられるものの、発電機電圧や電流の変動が大きいパルス電源の設計に用いる場合、過渡現象を十分に模擬できないといった問題があるため、近年の研究により開発が進められているベクトル制御用空間モデルを誘導機の自励現象に適用することにより、過渡現象に注目した数値計算方法を提案している。さらに計算結果と PHiX・PLATO での実験結果を比較し、提案設計手法の妥当性を検証している。

第6章「結論」では、各章で得られた成果を総括し、本論文の結論としている。

これを要するに本論文は、フライホイールが接続された堅牢な誘導機をコンパクトなパルス電源として提案し、誘導機にコンデンサを接続するだけで発電が可能なコンデンサ自励現象を積極的に利用することにより、従来に比べてエネルギー蓄積装置の小型化や電気回路・制御回路の簡素化を達成しており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。