Osaka University Knowledge Archive

Title	巻線形誘導発電機を用いた可変速運転によるガスエンジンコージェネレーションシステムの自立運転時の特性向上に関する研究
Author(s)	大道, 哲二
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34403
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　大道　哲二　）	
論文題名	巻線形誘導発電機を用いた可変速運転による ガスエンジンコージェネレーションシステムの 自立運転時の特性向上に関する研究

論文内容の要旨

本論文では定格出力が300 kWを超えるガスエンジンコージェネレーションに可変速発電機の一つである巻線形誘導発電機 (Doubly-fed Induction Generator: DFIG) を適用することを検討した。電力系統停電時に非常用発電システムとして稼働し電源セキュリティを向上することはガスエンジンコージェネレーションの重要な役割の一つである。本論文では電力系統停電時にDFIGを用いたガスエンジンコージェネレーションが電力供給を開始し自立運転する制御方法を提案した。定格出力を1.1kWとするDFIGを用いた実験装置およびコンピュータシミュレーションを用いて提案する制御方法の有効性を確かめた。本論文の構成は以下の通りである。

第1章では現状のガスエンジンコージェネレーションを説明し, DFIGをガスエンジンコージェネレーションへ適用する研究の背景を述べた。

第2章では一定速ガスエンジンコージェネレーションと可変速ガスエンジンコージェネレーションを比較して，可変速運転で期待される利点を述べた。

第3章では電力系統停電時の発電始動および自立運転の制御方法を提案した。DFIGの初期励磁電力の供給方法および発電始動の手順を提案し検証した。また自立運転制御をコンピュータシミュレーションおよび実験装置を用いて検証した。さらにDFIGの一次側電圧の不平衡を補償する逆相電圧補償制御を提案し，実験装置を用いて検証した。

第4章では最初に損失が全くない場合のパワーフローを理論的に求めた。次に損失およびパワーフローを回転速度・負荷量・負荷力率を変えて実験装置を用いて測定した。さらに電気的な損失について実測値と計算値を比較し，損失計算を行ったモデルの正確さを確かめた。

第5章では自立運転時においてステップ状に負荷が変動した場合のガスエンジン発電システムの運転継続能力を，ガスエンジン実機を用いて求めた。この実験結果より，可変速運転の利点を生かして回転速度を高めておけば，従来の一定速運転の発電システムより許容されるステップ負荷投入量が増大し，負荷急変に対して運転継続能力が向上することを明らかにした。

第6章では, 前章まで用いたDFIGの巻数比が大きいことが原因となって損失や必要な電力変換器容量が大きくなってしまう問題を改善するために，実規模発電システムを念頭に置いて，定格出力を10 kWとするDFIG発電システムを設計した。電力変換器や変圧器を考慮して巻数比を設計し，DFIG二次側での損失が最小となるようにした。

第7章では，本研究から得られた成果を総括し，提案するDFIGを適用したガスエンジンコージェネレーションの自立運転における実用化に向けた課題を述べた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　大道　哲二　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	伊瀬　敏史
	副 査	教　授	高井　重昌
	副 査	教　授	舟木　剛
	副 査	教　授	谷野　哲三
	副 査	教　授	白神　宏之
	副 査	准教授	三浦　友史

論文審査の結果の要旨

本論文は、天然ガスなどのエネルギーの有効利用のために有効な技術であるコージェネレーションシステムの高性能化を目的として、定格出力が 300kW を超えるガスエンジン発電システムに可変速発電機である巻線形誘導発電機(Doubly-fed Induction Generator: DFIG) を適用することを提案し、自立運転時の制御方法を提案するとともに自立運転時のパワーフローと損失を実測し、さらに損失モデルに基づいた損失計算を行い実測値との比較を行うとともにステップ負荷投入時の応答を測定した結果についてまとめたものである。得られた結果は以下のとおりである。

（1） DFIG を用いた発電システムの停電状態からの発電始動（ブラックアウトスタート）方式として、DFIG 二次側に接続された二台の電力変換器（回転子側電力変換器(Rotor Side Converter: RSC)および系統側電力変換器(Grid Side Converter: GSC)）で適切に励磁電流を分担しつつ、発電機一次側に接続されたキャパシタをも使い、必要な有効電力は RSC と GSC の直流リンク部に接続されたキャパシタ（電解コンデンサ）のエネルギーを用いて起動する方式を考案し、1.1kW 定格の発電機を用いた実験によって起動特性を検証した。

（2） DFIG は回転速度が変化すると発電システム内のパワーフローおよび電力変換器の損失が変化する。1.1kW 定格の発電機による実験によりパワーフローおよび損失を求めた。理論的に求めた損失モデルに基づいた損失を計算し、実測値との比較を行い、損失モデルの正確さを検証した。また、DFIG の回転速度および負荷の大きさ・力率を変化させたときのパワーフローを実測し、回転速度を上昇させると電気的な損失が減少し、機械的な損失が増加することを明らかにした。このことから負荷の大きさや力率によって損失が最小となる回転速度が異なることが示された。

（3） 1.1kW 定格の DFIG を用いた発電システムをガスエンジンの実機により駆動してステップ状の負荷投入および切り離し時の運転継続性能を検証した。その結果、負荷切り離しに関しては問題なく運転継続が出来るが、ステップ状の負荷投入に関しては負荷投入後運転継続出来ない場合があった。その大きな原因はガスエンジンの応答遅れによる速度低下により発電機の二次電流が増加し、RSC が過電流となって停止し、その結果 DFIG が励磁源を失って発電停止をしてしまうためであることが分かった。その課題を解決するためには負荷投入以前に回転速度を高めておけば良いこと、また、発電機の設計時に巻数比を適切に設計して二次電流を抑制して二次側の損失を低減することによって許容される負荷投入量を増加できることを明らかにした。

（4） 1.1kW 定格の DFIG を用いた実験結果に基づいて定格出力 10kW の DFIG の最適設計を行った。設計した DFIG のパラメータを用いて計算機シミュレーションを行い、電圧制御特性を確認した。

以上の研究成果より、DFIG を用いた可変速運転に関して、有用と考えられる起動方式が得られ、システムの特性が明らかとなった。以上のように本論文は、DFIG を用いた可変速エンジン発電システムについて有益な知見を与える内容となっており、この分野の技術の発展に寄与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。