



Title	Studies on Control Schemes of Variable Speed Gas Engine Generation Systems Using Doubly Fed Induction Generator
Author(s)	Ataji, Ahmad Bashar
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/59603
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (ATAJI Ahmad Bashar)	
Title	Studies on Control Schemes of Variable Speed Gas Engine Generation Systems Using Doubly Fed Induction Generator (二次励磁誘導発電機を用いた可変速ガスエンジン発電システムの制御法の研究)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>This thesis deals with the analysis, modeling, and designing of control systems for generation systems based on the variable speed doubly-fed induction generator (DFIG). Although the initially adopted prime mover is a natural gas-fired internal combustion engine, the control structure should be general that it can be extended to other variable speed generation systems such as wind turbines. The DFIG operates in a distributed generation system and it should guarantee an uninterruptable power supply to a local load which is connected close to the generator.</p> <p>The control system of the DFIG generation system must guarantee stable power supply to the local load even in the case of grid failure. Thus, the control system must have different modes of operation depending on the status of the grid. The control system must have a grid-connected mode of operation when the generator is connected to the grid, and it must have a stand-alone mode of operation when the generator is disconnected from the grid due to a grid failure. In addition, the control system should guarantee a smooth transition between the different modes of operation. The transition from stand-alone to grid-connected requires a temporary mode of operation where the generator voltage is gradually synchronized with the grid voltage while the generator is still disconnected from the grid; this mode of operation is referred to as synchronization mode.</p> <p>In this work, a new decoupled control for the grid-connected mode was proposed. The new decoupled control is based on decoupling the stator active and reactive component of the stator current. Compared with the conventional decouple P-Q control method, which is based on decoupling the stator active and reactive power, the proposed decoupled control is more robust and flexible, and it requires less number of machine parameters. The online calculation does not require any parameter, while the controller design requires knowledge of the stator-to-rotor turns ratio only.</p> <p>The proposed decoupled control requires knowledge of the slip angle which requires a mechanical encoder. To avoid the disadvantages of mechanical encoders, a new slip angle estimator has been proposed. This estimator is based on rotor current estimation in the synchronous reference frame. Compared with other model-based estimators, the proposed estimator requires the least number of parameters; only one parameter which is the stator inductance. The stator inductance is the inductance measured at the DFIG's stator side; this enables the proposed estimator to use real machine parameters.</p> <p>For stand-alone mode, the direct voltage control was investigated. The direct voltage control has disadvantages such as absence of slip angle information and inrush currents when connected to the grid. To overcome the limitations of the direct voltage control, we have proposed an estimator of the rotor current angle in the synchronous reference frame. The direct voltage control was modified to include this estimator; this enables the direct voltage control to obtain the slip angle, achieves smooth transition to the grid-connected mode, and guaranteed stable operation of the negative-sequence compensation through the rotor side converter.</p> <p>Using a 1.1 kW DFIG, the proposed control systems were tested with both simulation and experiments. The simulation was carried out using the PSCAD/EMTDC software. From the obtained results, the proposed control schemes are suitable for variable doubly-fed induction generators-based gas engine generation systems. The control system was general which enables applying the proposed control schemes to other variable speed generation systems.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (ATAJI Ahmad Bashar)			
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			
<p>本論文は、エネルギーの高効率利用のために有効な技術であるコージェネレーション（熱電併給）システムなどに活用されるガスエンジン発電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）を適用するための制御方式について詳細に検討している。DFIG による可変速制御は大型の風力発電機にはすでに適用されている方式であるが、系統連系運転が主となる風力発電機とは異なり、ガスエンジン発電機では系統連系運転時だけでなく自立運転時の制御方式さらには系統連系・自立運転相互の運転モードの遷移についても制御方式を確立する必要がある。そこで本研究では自立運転時および系統連系時の新しい制御方法を提案するとともに、相互の運転モード切り替えの制御方法を提案し、制御特性を検証している。得られた結果は以下のとおりである。</p> <p>(1) 系統連系運転の制御方式として非干渉の有効・無効電力制御系を構成している。この制御は発電機の定数として一次・二次側の巻き数比のみを用いる。磁気飽和による回路定数の変動、系統電圧の振幅および位相の変動に対して頑強な制御系であり、実用性の高い制御方式である。制御特性は計算機シミュレーションおよび 1.1kW の実験装置により検証されている。</p> <p>(2) 系統連系運転制御において機械的な回転角検出器を排除するために必要な機構として、新しいすべり角検出方式を提案している。このすべり角検出機構は回転子電流の推定に基づいており、回路定数として固定子のインダクタンスのみを用いる方式である。提案するすべり角検出器の特性は機械的な回転角検出器からの検出特性と良く一致している。このすべり角検出器を用いた有効・無効電力の制御特性は計算機シミュレーションおよび 1.1kW の実験装置により検証されている。</p> <p>(3) 自立運転時の制御方式として、回転子電流位相の推測を用いたすべり角検出器に基づく新しい制御方式を開発し、自立運転時の電圧波形改善を行っている。計算機シミュレーションおよび 1.1kW の実験装置により制御特性の検証を行った結果、三相電圧の不平衡が改善され、固定子電流の d 軸および q 軸電流の脈動が大きく改善されている。</p> <p>(4) 以上で開発した系統連系運転と自立運転の相互のモード遷移を円滑に行うために自立運転から出力電圧の振幅および位相を系統電圧に合致させる機構を組み込み、円滑なモード遷移が可能であることを計算機シミュレーションおよび実験により検証している。</p> <p>以上の研究成果より、DFIG を用いたガスエンジン発電機の可変速運転に関して、実用的と考えられる制御方式が得られた。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。</p>			