



Title	インバータ連系形分散電源に適用する仮想同期発電機制御に関する研究
Author(s)	崎元, 謙一
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52161
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (崎元謙一)	
論文題名	インバータ連系形分散電源に適用する 仮想同期発電機制御に関する研究
論文内容の要旨	

太陽光発電や風力発電、蓄電池に代表されるインバータ連系形分散電源の導入量が増加している。これらのインバータ連系形分散電源では、商用系統との連系を前提とした制御方式であり、系統から解列すると運転継続ができない。また一定出力で運転するため、系統で発生した擾乱を吸収できず、インバータ連系形分散電源の導入量が増加すると系統は不安定になる。

一方で、従来から用いられている同期発電機は出力する電圧周波数を発電機自身が決めることができ、同期化力により、他の同期発電機と協調して系統の電圧・周波数を維持する。そのため、連系運転から自立運転へ移行することも容易に対応できる。また同期発電機は回転子の慣性により系統で発生した短時間の変動を吸収することができる。

インバータ連系形分散電源に同期発電機と同じ特性を持つように制御する仮想同期発電機(Virtual Synchronous Generator : VSG)が提案されている。仮想同期発電機を適用することで、インバータ連系形分散電源は、同期化力や仮想的な慣性を持つことができ、系統を安定に保つことができる。また、系統から解列しても運転を継続できる。

本研究では、インバータ連系形分散電源に適用する仮想同期発電機制御の二つの方式を提案し、実験装置及びコンピュータシミュレーションを用いて、本提案制御方式の有効性を検証した。また、同期化力の解析、制御の安定性の解析を行い、パラメータ設計手法の検討を行った。本論文の構成は以下のとおりである。

第1章では、分散電源の動向および課題について述べ、本研究の背景を述べた。

第2章では、インバータ連系形分散電源の従来制御方式とその問題点について述べた。

第3章では、仮想同期発電機制御へ適用する同期発電機の特性について述べた。

第4章では、電圧制御型仮想同期発電機と電流制御型仮想同期発電機の二つの方式を提案し、それぞれの制御方式の構成を示し、両方式の比較を行った。

第5章では、実験により、仮想同期発電機が系統連系運転できることを検証した。また、系統連系運転から自立運転へ無瞬断で移行できることを検証した。

第6章では、仮想同期発電機が持つ同期化力と、制御の安定性について解析し、その結果を元に仮想同期発電機のパラメータ設計法について述べた。

第7章では、同期発電機と仮想同期発電機の並列運転できることを実験により検証した。また、過渡状態における負荷分担量について解析を行った。

第8章では、瞬時電圧低下に対する仮想同期発電機の運転継続性についてシミュレーションと実験により検証した。

第9章では本研究の総括を行い、仮想同期発電機の今後の発展について述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (崎 元 謙一)	
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

太陽光発電、風力発電および燃料電池などの分散電源は必ずインバータ（交直電力変換装置）を通して電力系統へ連系される。このような発電装置は今後、電力系統の中で占める割合が増加するものと予想される。しかしながら、その特性は電力系統のほとんどの割合を占めている同期発電機とは異なったものであり、今後、インバータ連系型分散電源の容量が増加するに伴って系統の安定度および運用の観点から問題が生じるものと考えられる。このような観点から本論文は、インバータ連系型分散電源に同期発電機と良く似た特性を持つように制御する仮想同期発電機（Virtual Synchronous Generator）を提案している。仮想同期発電機を適用することで、インバータ連系型分散電源は、同期化力や仮想的な慣性を持つことができ、系統を安定に保つことができ、系統から解列しても無瞬断で運転を継続できるなどのメリットがある。本研究では、インバータ連系型分散電源に適用する仮想同期発電機制御の二つの方式を提案し、それぞれの方式について実験装置及びコンピュータシミュレーションを用いて、提案制御方式の有効性を検証している。また、同期化力の解析、制御の安定性の解析を行い、パラメータ設計手法の検討を行っている。得られた結果は以下のとおりである。

- (1) インバータ連系型分散電源のインバータにおいて、従来より行われている位相同期ループ（Phase Locked Loop）を用いた電流制御方式の問題点を明らかにし、仮想同期発電機制御の提案を行っている。
- (2) 電圧制御型仮想同期発電機と電流制御型仮想同期発電機の二つの方式を提案し、それぞれの制御方式における制御系の構成を示し、両方式の特性の比較を行っている。
- (3) 仮想同期発電機が系統連系運転できることを実験により検証している。また、系統連系運転から自立運転へ無瞬断で移行できることを実験により検証している。
- (4) 仮想同期発電機が持つ同期化力と、制御系の安定性について解析し、その結果を元に仮想同期発電機のパラメータ設計法について示している。
- (5) 同期発電機と仮想同期発電機が並列運転できることを実験により検証している。また、負荷変動による過渡状態における負荷分担量について実験結果をもとに解析を行っている。
- (6) 瞬時電圧低下に対する仮想同期発電機の運転継続性を向上させる制御系の提案を行い、その特性についてコンピュータシミュレーションと実験により検証している。

以上の研究成果より、インバータ連系型分散電源におけるインバータの制御に関して、有用と考えられる制御方式が得られ、提案制御方式による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、インバータ連系型分散電源におけるインバータの制御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。