



Title	直流接続された家庭用ハイブリッド発電システムの制御に関する研究
Author(s)	龍, 建儒
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26194
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

[題 名]

直流接続された家庭用ハイブリッド発電システムの制御に関する研究

学位申請者 龍 建儒

一般家庭については、住宅用太陽光発電システムの普及が進んでいる。太陽光発電は太陽光をエネルギー源として発電するため、夜間には発電できない。しかし、家庭の電力需要は夕方から夜間が中心であることから需要と供給のギャップが生じてしまう。一方、ガスエンジンコーチェネレーションシステムは一般的に家庭の熱需要をもとに運転するが、熱需要のピークに備え、熱需要が少ない時間帯に発電し、貯湯槽に蓄熱することになる。これら太陽光発電とガスエンジンコーチェネレーションシステムの二つの分散電源の特徴を活かし、併用するハイブリッド発電システムが導入されている。

既存の家庭用ハイブリッド発電システムでは、それぞれが個別に商用系統と連系し、発電電力をそれぞれ管理している。しかし、ガスエンジンコーチェネレーションシステムや自然エネルギーの最大限の利用などのため、各分散形電源の統合制御が重要であると考えられる。また、インバータが商用系統に同期して動作するため、電力系統が事故時に発電するためにはインバータ相互に同期を取り、運転を行う必要がある。

以上の背景のもと、本研究では、太陽電池、ガスエンジンコーチェネレーションシステムと電力貯蔵装置の出力を直流で接続する家庭用ハイブリッド発電システムを提案し、一体的運用によるエネルギーと設備の有効利用を目指す。また、各機器を直流接続することにより電力貯蔵に伴う電力変換損失の低減および自立運転への容易な移行が可能となり、インバータ相互で同期を取る必要がない。さらに、電力貯蔵装置として電力貯蔵量の推定が容易で寿命の問題も少ない電気二重層キャパシタ (Electric Double Layer Capacitor (EDLC)) を導入することにより、運用の柔軟性を向上させ、家庭全体のエネルギーシステムの高効率化、配電系統への逆潮流電力の低減、ガスエンジンコーチェネレーションシステムの利用率向上、無停電電源などを目指す。

本論文は、上記の家庭用ハイブリッド発電システムにおいて、直流接続の利点を明らかにし、系統連系運転時、自立運転時、商用系統連系・解列の無瞬断切り替えなどの制御方式について検討を行い、それぞれの制御特性を実験的に検証した結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名(龍建儒)	
	(職) 氏名
論文審査担当者	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

論文審査の結果の要旨

本論文は、自然エネルギーの有効利用と熱エネルギーの有効利用を同時に達成する太陽光発電、ガスエンジンコーチェネレーションおよび電力貯蔵装置が直流接続された家庭用ハイブリッド発電システムを提案し、電力貯蔵装置のエネルギー貯蔵量に応じた系統連系運転時および自立運転時の制御方式を提案し、実験により特性検証を行っ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) 一戸建住宅の熱需要および太陽光発電の発電電力、負荷パターンに基づき、交流システムと直流システムの損失の試算を行った。その結果、直流システムは直流負荷が増加するとともに商用系統からの受電電力量が低減し、太陽光発電からの逆潮流電力量が増加することが分かった。また、交流システムに比べて、直流システムでは電力変換器の損失が年平均で 24 %低減されることが分かった。
- (2) 直流接続された家庭用ハイブリッド発電システムにおいて、太陽光発電、ガスエンジンコーチェネレーションおよび電力貯蔵装置の一体的運用によるエネルギーと設備の有効利用のため、各電力変換器の電力制御手法について検討を行った。 (1) 系統連系運転時においては、太陽光発電の自然エネルギーを最大限に生かすために電気二重層キャパシタ(EDLC)を活用し、最大出力電力制御(MPPT)を出来る限り行うような制御方式を考案し、実験による検証を行った。次に、ガスエンジンコーチェネレーションシステムの稼働率を増加させるために、ガスエンジンコーチェネレーションシステムからの余剰電力を EDLC に吸収させる制御方式を提案し、蓄えた余剰電力は受電電力が抑制目標値以上の場合に、EDLC から放電させることにより受電電力を抑制出来ることを確認した。最後に系統電圧上昇時の対策として、ハイブリッド発電システムの余剰電力を EDLC に吸収するか、各分散形電源の出力電力抑制により電圧上昇を抑制出来ることを確認した。(2) 自立運転時においては、家庭内の電気需要に応じて、EDLC の電圧により、太陽光発電が常に MPPT 制御を行い、ガスエンジンコーチェネレーションシステムがオン/オフ制御を行う。この制御手法により、常に重要負荷に電力供給することが可能であることを示した。
- (3) 自立運転時における単相三線インバータの制御方式について検討を行い、 $\Sigma-\Delta$ 変調制御を提案し、PR 制御との比較を行った。全ての負荷条件において $\Sigma-\Delta$ 変調制御が PR 制御より低損失、低電圧歪み率であることを確認した。負荷変動の条件においても、 $\Sigma-\Delta$ 変調制御の応答が PR 制御の応答より速いことを確認した。
- (4) 商用系統連系・解列の無瞬断切り替え制御について検討を行った。まず、自立運転から系統連系運転への移行において、提案する位相差と振幅の検出方法やスイッチのオン/オフの動作により、商用系統からの突入電流を抑制し、良好な切り替えの過渡状態の実験結果が得られた。系統連系運転から自立運転に遷移した場合および自立運転時における負荷周波数制御の実験結果においても良好な過渡状態の実験結果を得た。よって、提案する無瞬断切り替え制御方式の有用性が明らかとなった。

以上の研究成果より、太陽光発電、ガスエンジンコーチェネレーションおよび電力貯蔵装置が直流接続された家庭用ハイブリッド発電システム利点が明らかとなり、有用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、ハイブリッド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。