

論 文 要 旨

Abstract

論文題目

Title: Modeling and Control of PV Systems for Smart Grids

(スマートグリッドのための PV システムのモデリングと制御)

Growing recognition of the electricity grid modernization to enable new electricity generation and consumption schemes has found articulation in the vision of the smart grid platform as well as the focus of the power industry is shifted to large-scale propagation of renewable energy. Photovoltaic (PV) energy is one such energy. However, PV output power fluctuates with the variation of weather conditions. Fluctuating PV power causes problems like frequency and voltage deviations when large PV power is penetrated in the power utility. Therefore, from the perspective of smart grid, especially to be an automated control and an auto healing system, PV system should provide dynamic grid support e.g. frequency and voltage controls .

Firstly, in this research, to provide frequency control by a large PV system or by clustered PV systems in a smart PV micro-grid, a simple fuzzy based method is proposed in individual and coordinated manner. These fuzzy controls have average insolation, change of insolation, and frequency deviation as inputs. Numerical simulation results show that the proposed methods work efficiently and deliver power near the maximum PV power level for the PV micro-grid.

Secondly, in this study, a control method based on a load power estimator and an energy storage system is proposed to provide frequency control in individual and coordinated manner for the PV micro-grid. PV power is controlled according to the load variation. Load power is estimated by a minimal-order observer. Then, a load variation index is calculated. A base PV power is produced from the available maximum PV power using a low-pass filter and is added with the load variation index to generate the command PV power. Simulation results show that the proposed methods are capable of providing frequency control and also deliver the maximum PV power using an energy storage system for the smart PV micro-grid.

Thirdly, this study presents a voltage and frequency control strategy by grid-connected MW class PV generators. The frequency control is proposed based on a disturbance observer from the view point of the frequency fluctuation problem. An aggregate model and a model suitable for transient study of PV generation are used. An automatic voltage control and frequency control are provided by the distributed PV inverters. The proposed system is simulated with the IEEE 14-bus test system by connecting large number of PV generators and is found satisfactory to provide voltage and frequency control which are the qualities of a smart grid.

Finally, the merits and demerits of all the proposed methods for creating a smart and green power system by penetrating large PV power are discussed. Scopes of future research are also been described.

Name DATTA MANOJ

平成23年2月7日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 千住 智信



副査 玉城 史朗



副査 浦崎 直光



### 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

#### 記

申請者	専攻名 総合知能工学専攻 氏名 DATTA, MANOJ 学籍番号 088659K		
指導教員	千住 智信		
成績評価	学位論文	合格 不合格	最終試験 合格 不合格
論文題目	Modeling and Control of PV Systems for Smart Grids (和文題目：スマートグリッドのためのPVシステムのモデリングと制御)		
審査要旨（2000字以内） <p>化石燃料の枯渇ならびに地球環境保全の観点から自然エネルギーの導入に関する研究が活発である。特に太陽光発電設備は、発電効率が低い事が問題ではあるが、日射量に応じて発電可能なため戸建住宅から大規模なメガソーラー発電設備として利用されている。また、政府による余剰電力買取制度により、今後も太陽光発電設備の導入は積極的に進展するといえる。</p> <p>太陽光発電設備が今後大量に導入されることにより、電力品質の低下が懸念されている。すなわち、島嶼における脆弱な電力システムへ大規模に太陽光発電設備を導入すると、発電電力の大変動が生じることになり、系統周波数ならびに系統電圧の大きな変動が発生し、最悪の場合には電力</p>			

(次頁へ続く)

系統の安定運転が不可能となる可能性も有している。

本研究では各種制御手法を太陽光発電設備へ適用し、島嶼地域で見られるような小規模電力系統の系統周波数の一定制御に関する研究成果を得ている。研究の成果は下記に示すような内容である。

#### 1. 蓄電池を用いない系統周波数制御法の開発

電力系統へ蓄電池を導入して系統周波数を一定制御するための手法が提案されているが、蓄電池は高価である。そこで、学位申請者は、導入された太陽光発電設備を利用することにより発電電力の平滑化を実現している。制御法としては、ファジー制御を提案しており、電力系統で必要とされる所望の制御性能を得ている。さらに、太陽光発電設備としてメガソーラーを構成した場合の制御法を提案している。

#### 2. 外乱オブザーバーを用いた系統周波数制御法の開発

系統周波数の動揺は発電電力の変動のみならず、需要側の負荷電力の変動により発生する。そのため、発電側と需要側の電力不均衡を推定し、その不均衡を補償できれば系統周波数の変動を抑制可能である。学位申請者は、外乱オブザーバーを用いて負荷外乱のみならず各種外乱をオンライン推定し、太陽光発電設備を用いて不均衡電力を補償して系統周波数を一定制御する制御法を提案している。また、多数のメガソーラー発電設備からの発電電力をアクティブに制御することにより系統周波数の一定制御を達成している。さらに、電力系統に蓄電池を導入する場合も検討しており、高周波成分の外乱のみを蓄電池で分担することにより、蓄電池容量の低減を図ることで低コストで系統周波数一定制御が達成できることを明らかにしている。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し、学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程修了者として十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。