

機関番号：12101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20560256

研究課題名（和文） 太陽光発電における電圧ニュートラルな制御方式の開発

研究課題名（英文） Development of voltage-neutral control for photovoltaic generation

研究代表者

垣本 直人 (KAKIMOTO NAOTO)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号：70136133

研究成果の概要（和文）：

本研究では太陽光発電出力によってその端子電圧が正常な範囲から逸脱するのを回避する方法を検討した。引込線に直列リアクトルを挿入すること、電圧が上昇して限界に達した時点で力率1から定電圧制御に切り替えることを提案した。数値計算および実験によってその有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：

This study examined a voltage control for preventing a photovoltaic generator terminal voltage from deviating outside a normal operating range. It proposed to insert a series reactor into a service line and to switch unity power factor control to constant voltage control when the terminal voltage reaches a limit voltage. Effectiveness of the proposed methods was verified through numerical calculations and experiments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：電力系統工学

## 1. 研究開始当初の背景

太陽光発電が普及すると逆潮流によってその端子電圧が上昇することが予想される。電圧が運転範囲を逸脱すると、発電を中止しなければならぬ状態に陥る。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、上記のような状態を避けるため、端子電圧が正常な運転範囲にとどまるようなインバータの制御方法を提案することにある。

## 3. 研究の方法

図1のような簡単な低圧系統を考える。太陽光発電機が、引込線によって配電系統に連系されている。発電機の端子電圧をVとする。

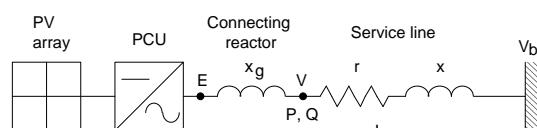


図1 対象系統

太陽電池パネルの出力はPCUによって直流から交流に変換される。発電機は一般に力率1で運転される。しかし、発電機の出力とともに図2のように端子電圧が上昇する。

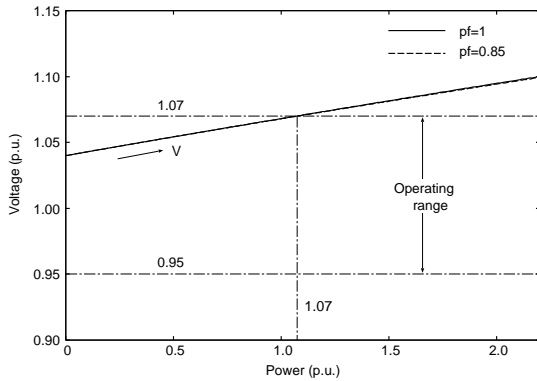


図2 端子電圧の上昇

これを避けるには進相力率（例えば0.85）で運転するのが有効であることが知られている。しかし、これは配電線のインピーダンスがリアクタンス分をかなり含む場合に有効である。したがって引込線のようにほとんど抵抗分しか含まない場合では効果がない。これを数式および数値計算により示した。

無効電力による電圧制御が有効であるためには、引込線にリアクトルを直列に挿入することが不可欠である。図3に実験で用いたリアクトルの形を示す。

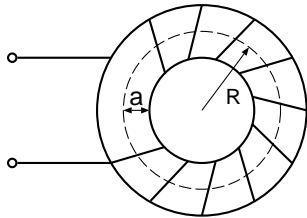


図3 直列リアクトル

また、電圧が運転限界に達すると同時に、力率を1から0.85へ急に変えると電流の増加によって抵抗損が大きくなって得策ではない。そこで本研究では電圧が限界に達した時点で、定電圧制御に移行することを提案する。こうすることによって力率は1から徐々に低下していき、抵抗損を小さく抑えることができる。これらを数値計算によって確認する。

図4に端子電圧Vおよびインバータ電圧Eの変化を示す。インバータ電圧EをVとおなじ値に保つことによって力率はほぼ1となる。Vが上限に達したあとはEの値を下げ、Vを一定に保つようにする。図5はこのとき

の力率の変化である。力率はほぼ1に保たれるが、定電圧制御に達すると、徐々に低下していく。

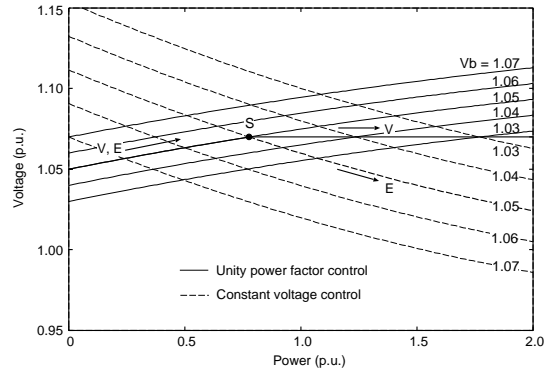


図4 電圧の制御方法

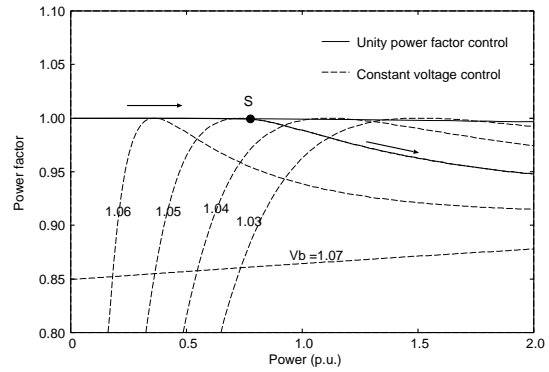


図5 力率の変化

実験による検証を行うためにインバータを製作した。インバータ電圧と端子電圧を測定し、正常な運転範囲では力率1で運転し、電圧が限界に達すると端子電圧を一定に保つ制御に切り替えるようにした。図6に制御のブロック図を示す。

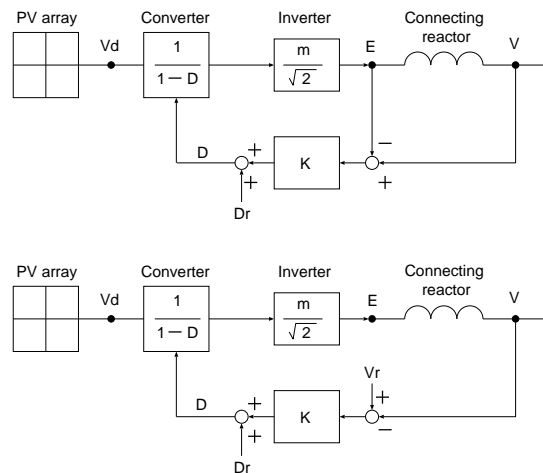


図6 ブロック図(上)力率1、(下)定電圧

図7に実験で用いた回路を示す。

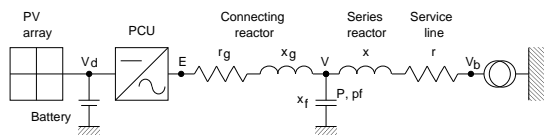


図7 実験回路

実験では太陽電池パネルと並列にリチウムイオン電池を設置し、発電機出力の急激な変化を抑制するようにした。

#### 4. 研究成果

実験では、図8のように発電機出力を一定のスピードで上昇させ、ある値に達したところで一定時間その値を保ち、さらに一定のスピードで出力を下げた。

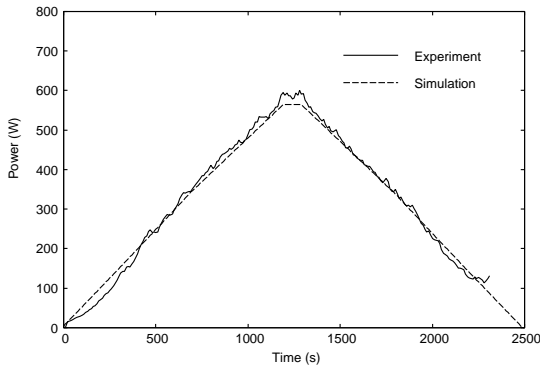


図8 発電機出力の変化

図9に、このときの端子電圧、インバータ電圧、および力率の変化を数値計算した結果を示す。

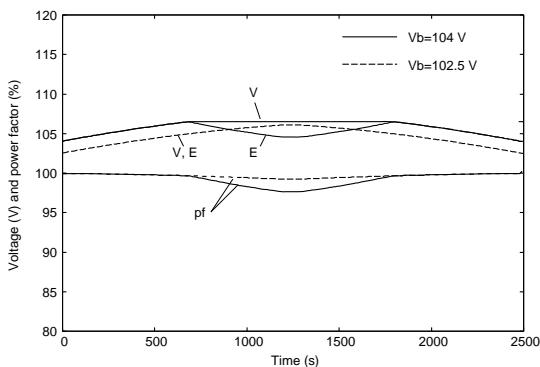
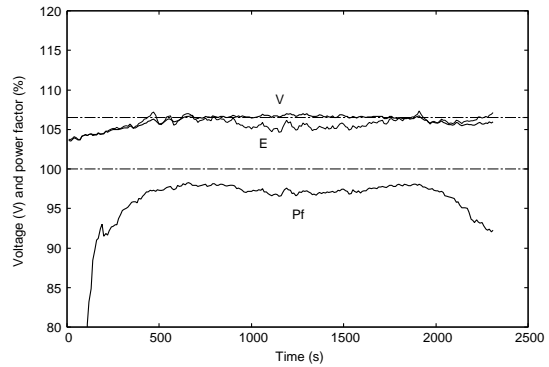
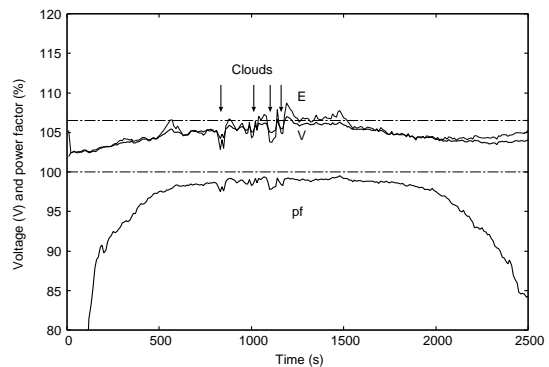


図9 数値計算結果

図10におなじ条件における実験結果を示す。両者を比較したところ、よい一致がみられた。また、力率1と電圧一定の制御切り替えがスムーズに行えることを確認した。



(a) 系統電圧104 V



(b) 系統電圧102.5 V

図10 実験結果

また、図11のように太陽光の一日の変化に応じて発電機出力を変えていった場合についても端子電圧、インバータ電圧、力率の測定を行った。雲の影響で、出力が大きく低下している部分がみられる。

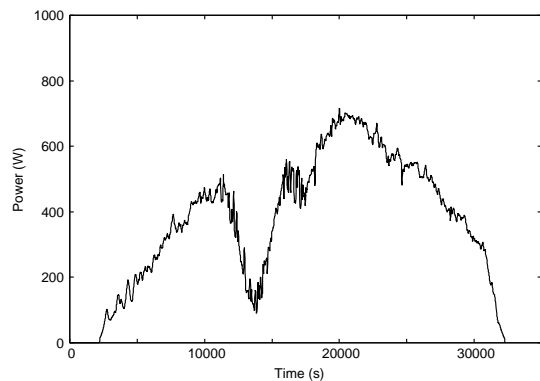


図11 一日の発電機出力変化

図12に測定結果を示す。図から明らかなように出力が大きい時間帯では定電圧制御になっており、インバータ電圧Eを下げることによって端子電圧Vがほぼ一定に保たれて

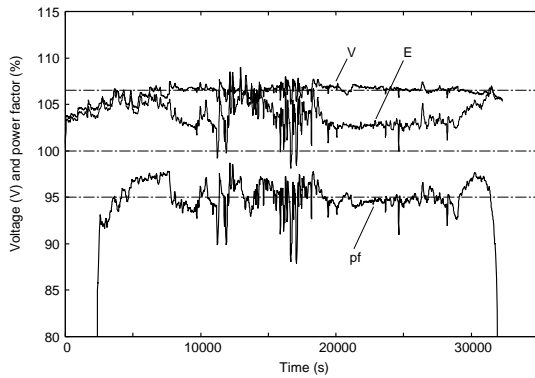


図 1.2 一日の測定結果

ことが確認できる。力率もすこし下がるもののほぼ 0.95 となって高い値に維持された。これらの結果は IEEE の論文に掲載されることが決定している。この研究で得られた成果は、発電機出力を下げることなく端子電圧を規定の範囲にとどめることができるものである。また、力率を高く保つことによって、配電線における電力損失を低減することができる。このような方法は国内外でこれまで発表されておらず、新規性のあるものである。今後、太陽光発電が住宅地に多数導入された状況において、非常に有効な方法である。太陽光のエネルギーをむだなく利用することができるようになると思われる。

また、リチウムイオン電池の端子電圧によって発電機出力を調整するようにしたところ、図 1.1 のように日射量に応じて発電機出力が変化し、かつ雲による急激な変動も回避することが可能であった。この結果は平成 23 年の電気学会全国大会で発表した。震災のため、講演は中止となったが講演集は発行されている。出力に小さな変動がみられるので、今後、制御系の改良によってさらにスムーズな変化が得られるようにする予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① Naoto Kakimoto, Qin Yun Piao, Hiroo Ito, Voltage control of photovoltaic generator in combination with series reactor, IEEE Transactions on Sustainable Energy, 査読有 (掲載決定)

[学会発表] (計 1 件)

① 桜井友了、奥山大樹、新津佳史、松井祐太、田中正志、垣本直人、リチウムイオン二次電

池を利用した太陽光発電の出力平準化、平成 23 年電気学会全国大会、6-166、平成 23 年 3 月 16 日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

垣本 直人 (KAKIMOTO NAOTO)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号：70136133