

氏名(本籍)	徳島大己(福井県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位授与番号	甲第 225 号		
学位授与日付	平成 16 年 3 月 25 日		
専攻	電子情報システム工学専攻		
学位論文題目	太陽光発電システムの新方式MPPT制御および変換器構成の改良による効率向上 (Efficiency improvement in PV systems by new MPPT control and novel converter configurations)		
学位論文審査委員	(主査) 教授	内藤 治夫	
	(副査) 教授	渡邊 貞司	教授 武藤 高義
		助教授 吉田 弘樹	助教授 王道 洪

論文内容の要旨

太陽光発電の技術開発要素は、太陽電池 (Photovoltaic, 以下, PV と略記) の材料関連と、太陽光発電システム技術関連に大別できる。本研究は太陽光発電システム技術開発に関し、このシステムの総合的な効率の向上を目指すものである。

本研究では、太陽光発電システム技術開発の中で、最も効率向上に寄与すると考えられる最大電力点追従制御とシステムの回路方式を新しく考案し、太陽光発電システムの効率の向上を図る。その制御法や回路構成について、シミュレーションと実験によって検討を行い、その有用性を明らかにすることを目的とする。

本論文は6章から構成されており、以下にその概要を述べる。

第1章は緒言であり、本論文の研究背景として、近年のエネルギー問題や化石燃料に対する代替エネルギー、なかでも、太陽光発電、その技術開発要素について述べ、本論文の内容、概要をまとめる。

第2章では、太陽光発電システムに関する一般的な概要を述べる。まず、現状での太陽光発電システムの構成と種類、太陽電池アレイの回路構成、系統連携や負荷への電力供給を行なうパワーコンディショナ、蓄電装置について述べる。また、本研究のシミュレーションに使用するために開発した太陽電池モデルと、システムシミュレータを示す。

第3章では、まず、太陽電池の基本特性と最大電力追従制御の必要性について述べる。最大電力点追従 (MPPT: Maximum Power Point Tracking, 以下, MPPT と略記) 制御は、PV をその出力電力が最大になる動作点 (最大電力点: Maximum Power Point 以下, MPP と略記) で常に稼働させる制御法である。これは太陽電池から最大限の電力を取り出す技術である。従来の MPPT 制御法をいくつか紹介し、その問題点を示す。そして、

新しい MPPT 制御の一つである照度変化考慮 dp/dv 法を用いた最大電力点追従制御を提案する。この制御法は、PV の特性の近似式を使い、照度変化に対する電流から最大電力点を推測し MPPT 制御を行なうものである。この制御法を用いシミュレーションを行い、この制御法が照度変化に対して有効であることを示す。

第 4 章では、第 3 章で述べた照度変化考慮 dp/dv 法とは別の MPPT 制御法である、瞬時最大電力追従法について述べる。瞬時最大電力追従法は、動作点を最大電力点へ接近させる方向の特定に、PV に接続される変換器のスイッチング動作に起因する瞬時電力変動を利用する。動作点の最大電力点への追従制御には動作点電圧の平均値を用いる。瞬時値と平均値を適切に使い分けることにより、迅速な過渡応答と最大電力点近傍での脈動が極めて小さい収束性を実現できる。この制御法による一定照度における定常特性、照度変化時における最大電力点の追従性を、従来法である山登り法と実験により比較し、その有効性を実証した。

第 5 章は、太陽光発電システム内の昇圧チョッパ部をソフトスイッチング化することによる、効率の向上を図る。ソフトスイッチングとハードスイッチングについて述べ、ソフトスイッチング昇圧チョッパの回路動作について説明する。シミュレーションにより、太陽光発電システム内の昇圧チョッパ部で発生する損失を、ソフトスイッチングとハードスイッチングとで比較し、スイッチング損失を大幅に改善できた。このことより、チョッパ部のソフトスイッチングの導入は効率向上に有効な手段であることを示した。

第 6 章においては、電流形インバータのみの太陽光発電システムについて述べる。まず、このシステムにおける長所と特長、システム構成について述べる。次に、系統連携における力率制御および、PV の出力制御をインバータの変調率によって行なうことができることを導く。シミュレーションにより、チョッパ部を省いた電流形インバータのみのシステムにおいて、逆潮流が行なえることを検証した。また、実験によるシステムの動作確認を行なった。これらのことにより、このシステムが、チョッパ部を省略した構成でも、系統連携でき、システムの効率を向上することができる。

第 7 章では、本論文の総括と今後、太陽光発電システムにおける取り組むべき課題などについて述べている。

論文審査結果の要旨

本論文は太陽光発電システム技術開発に関し、このシステムの総合的な効率の向上を目指すものである。この課題を、本論文では、太陽電池の動作点の制御と、新型電力変換器の開発により、ソフトウェアとハードウェア両面から達成した。

太陽光発電システムの制御技術の中で、最も効率向上に寄与する技術課題の一つが最大電力点追従制御である。この制御は太陽光発電システムの運転に不可欠の技術でもある。この制御方法として、本論文は、「瞬時最大電力追従法」を考案した。本方法は、太陽電池に接続される変換器のスイッチング動作に起因して必然的に変動する太陽電池の瞬時出力電力を活用し、この電力の瞬時最大値に電力平均値を追従させるフィードバック制御を施すことにより、迅速な過渡応答と最大電力点近傍での脈動が極めて小さい収束性を実現した。この制御法を、従来実用化されている「山登り法」と実験による比較を行い、そ

の効果を実証した。

ハードウェアについては、昇圧チョッパ部をソフトスイッチング化することによる、効率の向上を図った。更に、電流形インバータが適用可能な用途では、昇圧チョッパを省略する回路方式およびその運転方式を考案した。これらについても実験によりその有効性を確認した。

以上の成果は、太陽光発電システムの研究として学術的に価値が高く、実用面でも本システムの普及の加速に大きく貢献するものである。よって本論文は博士学位論文として十分に価値のあるものと認める。

最終試験結果の要旨

公聴会後に、学位論文に関する口頭試問を行い、これを最終試験に代え、合格と判定した。