

MMC 構造をもつ太陽電池用 DC-AC 変換器の基礎検証

高岡 渚・中西 俊貴・折川 幸司・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

近年、低環境負荷や高拡張性の容易さの観点から、太陽電池(以下 PV)の研究が盛んに行われている⁽¹⁾。太陽光発電システムの中でも、小型化、高効率化を達成するためにモジュラーマルチレベルコンバータ(以下 MMC)構造を用いて、複数のセルを組み合わせたモジュール毎に最大電力追従(以下 MPPT)制御を行う手法が多く採用されている⁽²⁾。しかし、従来構造ではモジュール内の複数のセルへ同じ MPPT 制御が行われるため、セル毎の発電効率のばらつきが原因となって、太陽光発電システム全体の効率低下を招いている。

本論文では、PV 単セル毎に MPPT 制御を達成する DC-AC 変換回路を提案し、その基礎動作についてシミュレーションを用いて検証したので報告する。

2. 制御手法

図 1 に提案する MMC 構造をもつ DC-AC 変換器の回路構成を示す。電力系統に対して、正側の電圧を発生する上側回路網を p 側、負側を下側回路網を n 側とし、上下に接続したバッファリアクトル L_b に流れる電流を制御する。ここで、系統連系側の電流は、p, n 側に流れる電流の差となる。MMC 構造を用いることで、系統連系側には階段状の波形が出力されるため、従来のマイクロインバータ方式に比べ連系リアクトルの小型化ができる。また、従来と同様 PV セル毎に MPPT 制御が達成できる。

図 2 に p 側電流制御のブロック線図を示す。各側バッファリアクトル L_b に流れる電流を制御することにより、p, n 側を構成する MMC セルの出力電圧の総和 v_p, v_n を制御する。各 PV セルの発電電力特性から得られる最大電力点はセル毎で異なる値を持つ。よって、各発電電力に応じて MMC セルの出力電圧指令値を個別に設定する必要がある。提案手法では、発電電力に応じて各 MMC セルの出力電圧分圧比を可変し、上記を実現する。出力電圧の総和 V_p, V_n から各 MMC セル出力電圧値への分圧式は式(1)で表される。

$$\alpha_n = \frac{i_{pvn}^*}{i} \dots\dots\dots (1)$$

$$\beta_n = \alpha_n \times V_{pvn}$$

ここで、 n :セル番号、 α_n :MMC セルの電流比、 β_n :MMC セルの電圧比、 i :p,n 側回路網に流れる電流、 V_{pvn} : PV セルの出力電圧値である。 i_{pvn}^* は MPPT 制御より導出された、PV セルの最大電力点の電流値を示す。

3. シミュレーション結果

本論文ではミニモデルとして、4 セルでシミュレーションによる基礎検証を行った。また、電力系統の代わりに R-L 負荷($R=50\Omega$, $L_o=2mH$)を用いた。図 3 に CPV セル毎の出力電圧(直流波形)と MMC セルの出力電力(交流波形)を、図 4 に負荷側出力波形を示す。PV セル毎の発電電力のばらつきは、PV セルの出力電圧を各々異なる値に設定することで再現しており、セル毎の電圧値の差

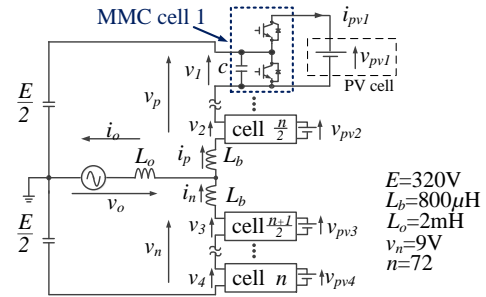


Fig.1. Proposed circuit structure.

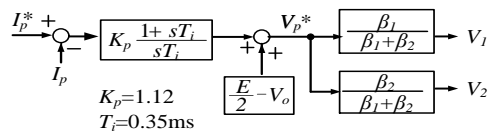


Fig.2. Block diagram of the proposed control at p-side.

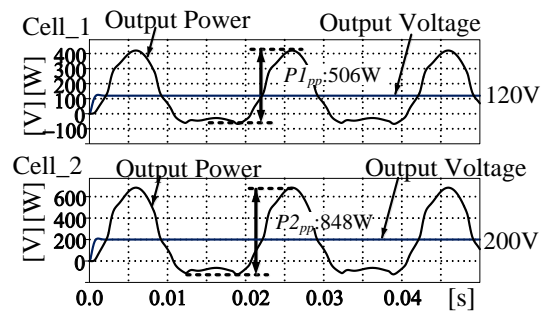


Fig.3. Power wave of CPV cells at p-side.

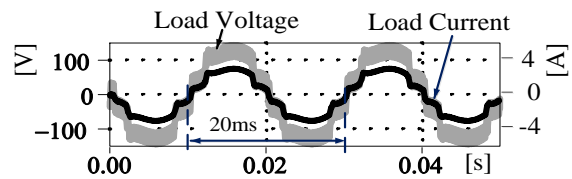


Fig.4. Output waveform of load.

は 200V を 1p.u.とした時、最大で 0.60p.u.と設定した。一方、シミュレーション結果より、セル毎の電力値の差は最大で 0.596p.u.となり、各セルの電圧差に応じて、電力が制御できること確認した。なお、単相系統との連系の際に生じる電源周波数の 2 倍に伴う電力脈動は、MMC セルの電解コンデンサで吸収する。また、図 4 より RL 負荷の両端の電圧が 5 レベルであることが確認できる。更に PV セルを積み重ねることで、出力電流の高調波成分が抑制可能である。

これらの結果より、MMC 構造を用いた本システムにおいて、各 PV セルの発電電力に応じたセル毎での電力制御が可能であること、且つ、系統連系側の負荷電流制御が可能であることを確認した。

文 献

(1) N.Yamada 他, 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, F28 148(2013)
 (2) S.Rivera 他, ISIE IEEE International Symposium, 12207273(2011)