

多重方形波インバータとアクティブフィルタを直列接続した マルチポート系統連系インバータの損失解析

宮下 充・比嘉 隼・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

・野下 裕市（東京農工大学）・石橋 正基（東京都立産業技術高等専門学校）

1. はじめに

近年、太陽光電池(PV)および蓄電素子を併用したシステムが盛んに研究されている⁽¹⁾。これらのシステムでは共通の DC バスに接続するため、PV および蓄電素子に高いスイッチング(SW)周波数(数十 kHz~数百 kHz)で駆動する電力変換器が必要となり、効率が低下する。筆者らはこれまでに、複数電源をもつ電力変換器の SW 損失低減を目的に、直列多重方形波インバータにアクティブフィルタを直列接続した回路方式を提案している⁽²⁾。本論文では、従来回路および提案回路の半導体損失を解析し、提案回路の有用性を明らかにしたので報告する。

2. 提案回路と損失解析法

図 1 に提案回路を示す。提案回路は、Cell A と B から方形波電圧を出力し、アクティブフィルタは Cell A および B が出力した方形波電圧の高調波を補償することで全波整流波形を出力し、極性切り替え部により系統連系を行う。また、提案回路のアクティブフィルタは直流電圧が低く、高調波成分のみ PWM 動作で補償するため、SW 損失およびインダクタ鉄損を大幅に低減できる。

図 2 にアクティブフィルタの回路構成を示す。図 2(a) の 2 レベルインバータ 2 台または図 2(b) の T 形 3 レベルインバータ 1 台で構成できる。なお、2 レベルインバータ 1 台は方形波動作、一方は PWM 動作とする。

図 3 に従来回路を示す。従来回路は、2 台の昇圧チョップパと系統連系インバータで構成される。PV とバッテリーの出力は提案回路と同じ電力を出力する条件で損失解析を行う。

半導体損失は、導通損失と SW 損失から構成され、導通損失は、デバイスに流れる電流実効値 I_{rms} とオン抵抗 R_{on} から(1)式で表される。

$$P_{con} = R_{on} I_{rms}^2 \dots\dots\dots (1)$$

ここでは、オン抵抗はデバイス耐圧に比例すると仮定する。また、SW 損失は(2)式で表される⁽³⁾。

$$P_{switch} = \left(\frac{I_{ave}}{I_{mon}} \frac{V_{dc}}{V_{mon}} e_{on} + \frac{I_{ave}}{I_{moff}} \frac{V_{dc}}{V_{moff}} e_{off} \right) f_{sw} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 e_{on} はターンオン、 e_{off} はターンオフ 1 回あたりの SW 損失、 I_{ave} はデバイスに流れる平均電流、 V_{dc} は直流リンク電圧、 V_{mon} 、 V_{moff} 、 I_{mon} 、 I_{moff} は損失測定時の電圧および電流、 f_{sw} は SW 周波数である。なお、SW 損失は IPB200N15N3 G(Infineon)を SW 試験により実測し、その損失が電圧・電流に比例すると仮定して損失解析を行う。なお、Cell A および B、2 レベルアクティブフィルタの方形波動作をするセルの SW 損失は系統周期に対して数回から十数回となり、SW 回数が十分少ないため無視する。

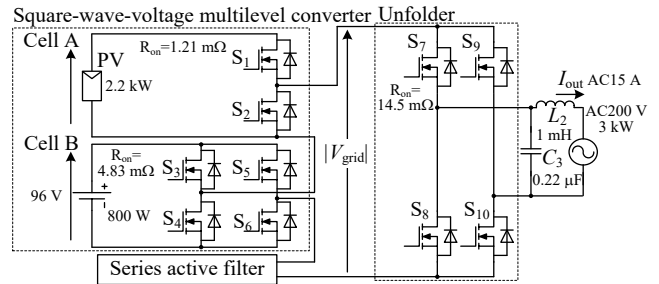
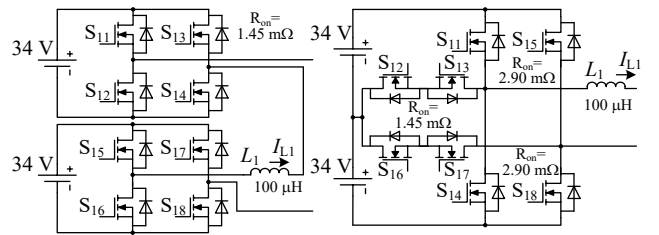


Fig. 1. Circuit configuration of the proposed circuit.



(a) 2-level active filter (b) T-type 3-level active filter

Fig. 2. Active filter topologies.

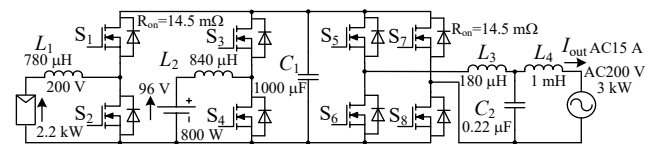


Fig. 3. Conventional circuit.

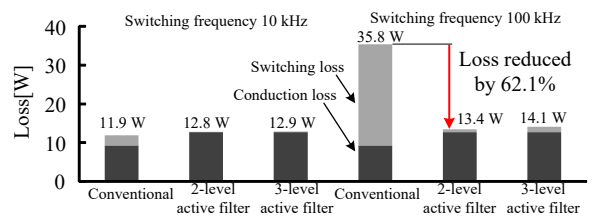


Fig. 4. Loss analysis of the inverter topologies.

3. 損失解析結果

図 4 に SW 周波数 10 kHz と 100 kHz における損失解析結果を示す。提案回路において導通損失が支配的である。これは導通素子数が多いことに起因する。また、提案回路は SW 損失を大幅に低減でき、従来回路と比較して、最大 62.1%損失を低減している。さらに、アクティブフィルタのインダクタ損失は高調波分のみ補償するため、従来回路より鉄損を低減可能である。以上の結果から提案回路の有用性を明らかにした。今後は、回路体積を算出し、パワー密度の観点から提案回路の検討を行う。

文 献

- (1) 福島：電学論 B, Vol.137, No.10, pp.644-647, 2017
- (2) 宮下 他：平成 30 年産業応用部門大会, No.1-26, 2018
- (3) 櫻原, 伊東：電学論 D, Vol.134, No.2, pp.209-219, 2013