

研究開発
 レター

6in1 パワーモジュールを用いた アクティブパワーデカップリングの一方式

学生員 石山 柊斗* 正員 日下 佳祐* 上級会員 芳賀 仁*

Active Power Decoupling Method Using 6-in-1 Power Module

Shuto Ishiyama* Student Member, Keisuke Kusaka* Member, and Hitoshi Haga* Senior Member

(20XX年●月●日受付, 20XX年●月●日再受付)

A power conditioning system (PCS) with a single-phase power supply requires a large-capacity electrolytic capacitor in the DC link to keep the input current of the PV panel constant. In addition, the PCS requires an isolated transformer for system safety because of the stray capacitance of PV panels. This paper describes an active power decoupling method using a small-capacity film capacitor. The proposed 3-leg circuit does not require a transformer for isolation, because the input terminal can be connected the output terminal. The experimental results show that twice the grid-frequency components of the input current, which is a power pulsation, is reduced by 91.2%.

キーワード: インバータ, アクティブパワーデカップリング, 電解コンデンサレス

Keywords: Inverter, Active Power decoupling, Electrolytic Capacitor-less

1. はじめに

太陽光発電(PV)をパワーコンディショニングシステム(PCS)を介して単相負荷あるいは単相系統に連系する際、単相電力脈動の取り扱いが課題とされている。PVの発電電力は単相周期レベルで一定であることが望ましく、この脈動を抑制するために大容量の電解コンデンサが用いられている。電解コンデンサは大型で寿命が短いため、その対策としてアクティブパワーデカップリング法(APD)の研究が盛んである^[1]。本レターでは 6in1 パワーモジュールを使用できる APD の一方式を提案する。

2. システム構成

<2・1> 回路構成 図1に提案する回路構成と制御ブロック図を示す。従来回路では PV パネルと単相交流それぞれを接地するために絶縁トランスが必要である。しかしながら、提案回路は共通レグを用いた 3 レグ構成であり、直流入力端子と交流出力端子の一端を共通にして接地できるため、原理的に絶縁用のトランスが不要である。ここで、各レグと並列に繋ぐキャパシタ C_{buf} は小容量のフィルムコン

デンサを想定しており、APD 法により電力脈動を吸収させる。提案回路に必要なスイッチ数は 6 つとなり、6in1 パワーモジュールのような汎用モジュールを適用できる。

<2・2> 制御法 提案回路は入力の直流電源から、3レグ構成をもつ電力変換回路を通じて単相交流を出力する。ここで、leg1 はコンデンサの電圧制御、leg2、leg3 はインバ

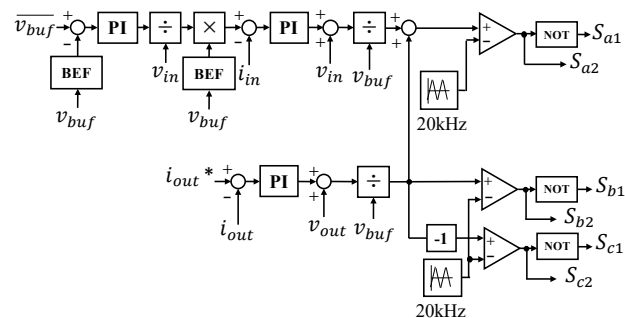
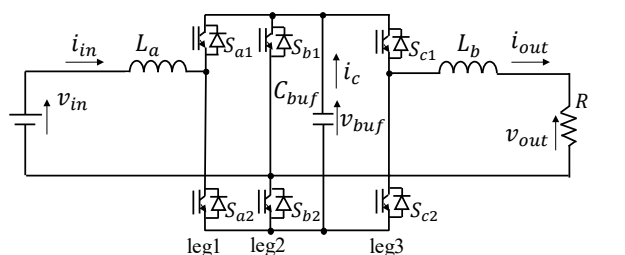


Fig. 1 Proposed power converter and control block diagram

* 長岡技術科学大学
 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1
 Nagaoka University of Technology.
 1603-1, Kamitomioka-machi, Niigata 940-2188, Japan

ータとして電圧制御する。直流入力電流に現れる脈動成分の吸収は提案する電圧補償法と電流補償法により行う。脈動を吸収するためのキャパシタが充放電する電力 P_{buf} は交流周波数の 2 倍となる。この大きさは(1)式の右辺第 2 項として示される。

$$P_{out} = \frac{V_{out} I_{out}}{2} \{1 - \cos(2\omega t)\} \dots \dots \dots (1)$$

図 1 に提案する制御回路ブロック図を示す。小容量のフィルムコンデンサで脈動を吸収するために C_{buf} の平均電圧 $\overline{v_{buf}}$ は高く設定する必要がある。本稿では 300V と与えている。 $\overline{v_{buf}}$ のフィードバック制御は leg1 により行い、検出した v_{buf} は帯域除去フィルタ(BEF)により 2 倍周波数を除去して制御する。その後の電流制御は、式(2)に示す入力電力 $P_{in}=V_{in} \cdot i_{in}$ とキャパシタ部の電力 $P_{buf}=V_{buf} \cdot i_c$ の等価関係より、図 1 の制御ブロックの上段に示すように AVR の出力 (C_{buf} に流す電流指令 i_c^*) から ACR の入力 (L_a に流す電流指令 i_{in}^*) の間に換算を行う。これより、本来は C_{buf} に流れ込む電流 i_c の制御となるが、本回路では入力側インダクタ L_a に流れる電流 i_{in} を制御することで間接的に電圧を制御する。この操作により、APD 回路として補償インダクタを追加する必要がなく、素子数の削減を図ることができる。

$$V_{in} \cdot i_{in} = V_{buf} \cdot i_c \dots \dots \dots (2)$$

3. 実験結果

提案システムの妥当性を検証するため、定格 500W の試作機を製作して実機検証する。APD の効果を比較するために、比較対象として昇圧チョップを用いた PCS を用いる。表 1 に各パラメータ値を示す。

図 2 と図 3 に実験結果を示す。図 2 に示す比較対象の PCS では、入力電流に 2 倍周波数で脈動していることが確認できる。一方、図 3 に示す提案回路では単相電力脈動補償により、2 倍周波数成分の脈動が打ち消され、脈動が低減されている。コンデンサ電圧は 2 倍周波数である 100Hz を含みながら制御されていることが確認できる。

図 4 に直流入力電流の高調波解析結果を示す。比較対象では 100Hz 成分が大きく現れているのに対し、提案回路では比較対象に比べて 91.2%の低減が確認できる。提案回路の単相電力脈動補償により脈動成分が良好に補償されていることが確認できる。

Table. 1 Circuit and control parameters

Output Power	P_{out}	0.5kVArms
Input Voltage	v_{in}	80V
Cell Capacitor Voltage	v_{buf}	300V
Load Inductor	L_a	0.77mH
Output Capacitor	C_{buf}	100 μ F
Output Resistor	R	20 Ω
Interconnection Inductor	L_b	0.8mH
Output Voltage	v_{out}	100Vrms,50Hz

4. まとめ

本レターでは、6in1 パワーモジュールを使用できる APD の一方式を提案した。提案する制御法により単相交流の 2 倍周波数成分を直流入力側において大幅に抑制できることを示した。提案システムは、従来システムと比較して 2 倍周波数成分を 91.2%低減できることを実機により確認した。



Fig.2 Experimental results of comparative circuit (output current, input current, capacitor voltage)

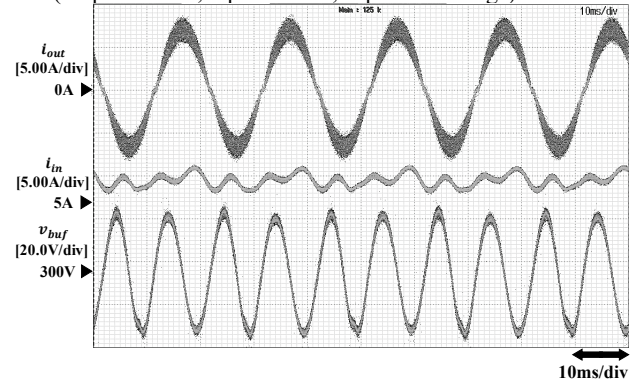


Fig.3 Experimental results of proposed circuit (output current, input current, capacitor voltage)

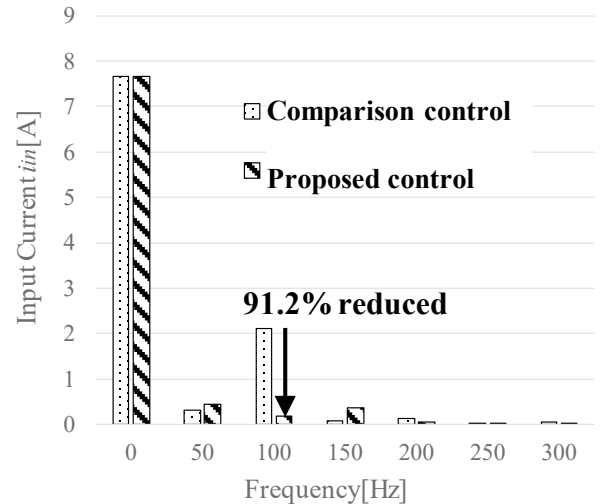


Fig. 4 FFT analysis result of input current

文 献

(1) 渡辺大貴, 小岩一広, 伊東淳一, 大沼喜也, 宮脇慧: 「昇圧形アクティブバッファを有する電解コンデンサレス太陽光発電系統連系インバータの開発」, 電気学会論文誌 D, Vol. 135, No. 5, pp. 467-474 (2015)