

電流連続/不連続モード混合制御を用いた単相系統連系インバータの 自立運転制御法

木下 徹規・Hoai Nam Le・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

太陽光発電システムに用いられる系統連系インバータの高パワー密度化を目的に、連系インダクタの小型化が要求されている。しかし、電流連続モード(CCM)で駆動する場合、低インダクタンス化によって外乱抑圧特性が低下し、出力電流ひずみ率(THD)が悪化する課題がある。この問題に対して、著者らは CCM と電流不連続モード(DCM)を用いた CCM/DCM 混合制御法(MCM 制御)を提案し、その有用性を確認している⁽¹⁾。しかし、自立運転時の動作については未検討である。

本論文では、MCM 制御を用いた自立運転動作制御手法を検討する。実験結果より、力率負荷時において、コンデンサ電圧 THD が 1.5%以下となり、良好な結果を得られたので報告する。

2. 制御系の構成

図 1 に単相系統連系インバータの構成図を示す。検討回路は高周波駆動により連系インダクタ L を低インダクタンス化(%Z=0.13%)している。また、フィルタ共振抑制用のダンピング抵抗 R_d を付与している。

図 2 に提案する制御系を示す。本制御では、フィルタコンデンサ C_f に対して電圧制御を適用し、自立運転動作をおこなう。しかし、PI 制御のみでは電圧制御外乱を補償することが困難である。そこで外乱オブザーバ(DOB)を電圧制御に付与することで外乱成分である負荷電流 i_{load} を補償する。ここで制御対象は(1)式となる。

$$G(s) = \frac{sR_d C_d + 1}{s^2 R_d C_d C_f + s(C_d + C_f)} \dots\dots\dots (1)$$

外乱推定には(1)式のノミナル値の逆数と 2 次系 LPF を用いる。DOB により推定する外乱電流は(2)式で表される。

$$\hat{i}_{dis} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (i_{out}^* - G(s)^{-1} v_c) \dots\dots\dots (2)$$

3. 実験結果

図 3 に負荷力率 0.7 における自立運転時の実験結果を示す。なお、本実験では試験機の定格皮相電力が 1.5 kVA であるため、負荷力率条件を 0.7 以上とした。また、MCM 制御では出力電流ゼロクロス付近の軽負荷領域で DCM、最大値付近では CCM となるように制御を切り替えている。図 3 より、提案手法を用いることでコンデンサ電圧実効値は 205 Vrms に制御できており、ひずみの少ない正弦波電圧が得られていることを確認した。

図 4 に負荷力率に対するコンデンサ電圧 THD と変換器効率の関係を示す。図 4 より力率 0.7 以上の条件でコンデンサ電圧 THD が 1.5%以下を維持できていることを確認した。また、最高効率は 98.3%となった。以上より、MCM 制御と DOB を用いることで力率負荷時での自立運転動作が可能であることを確認した。

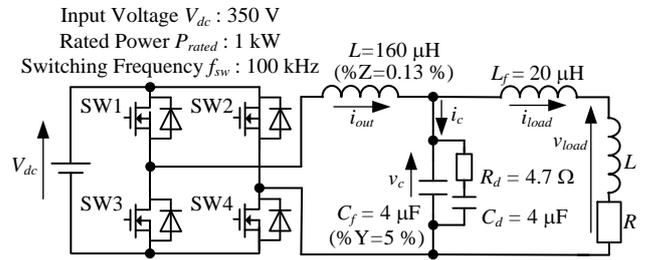


Fig. 1. Single-phase H-bridge inverter.

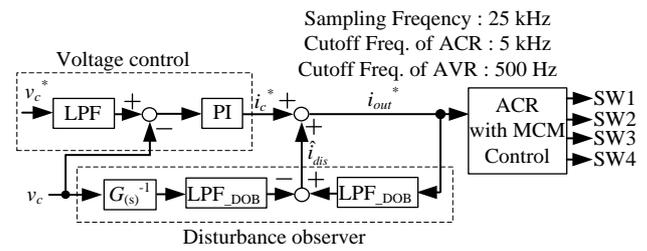


Fig. 2. Proposed control for island mode operation. ACR means output current control.

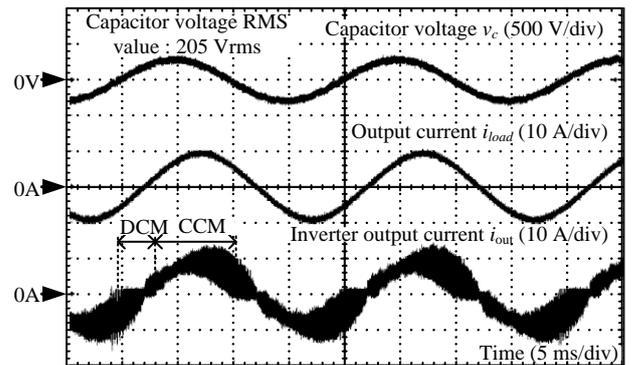


Fig. 3. Operation waveforms at power factor of 0.7.

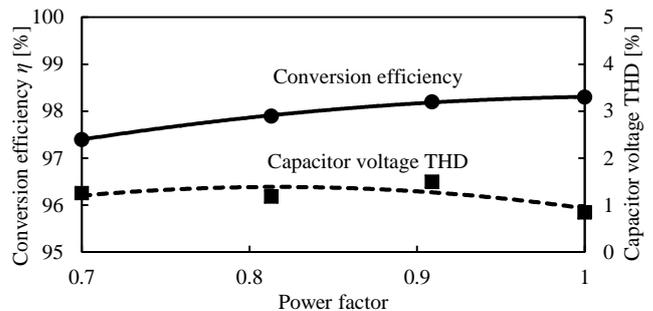


Fig. 4. Efficiency and Capacitor voltage THD characteristics.

今後は、提案する自立運転制御法を用いて無負荷および非線形負荷時の電圧 THD の評価をおこなう。

文 献

(1) Hoai Nam Le : JIASC2017, No.124 (2017)