

小容量平滑コンデンサを有する単相系統連系インバータの FRT 実機検証

中村 聡志, 永井 悟司, 渡辺 大貴, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年, エネルギー問題の観点から太陽光発電システムの導入が進んでいる。単相用途では系統側の電力脈動が問題となるが, これを小容量コンデンサで補償可能なアクティブパワーデカップリング方式がさかんに検討されている⁽¹⁾。

一方, 系統連系機器には系統擾乱時も運転を継続する要求(FRT 要件)がある。著者らはこれまでに本方式における FRT 動作のシミュレーションを行い, 良好な結果を確認している⁽²⁾。しかし実機実験では未検討であった。

本論文ではアクティブパワーデカップリング方式における FRT 動作の実機検証を行う。実験結果よりパワーデカップリング回路に直流中間電圧制御(AVR)を適用することで入出力電流のひずみなく FRT 動作を実現することができたので報告する。

2. 制御方式

図 1 に回路構成, 図 2 に制御方式を示す。電力脈動補償は出力電力 P_{out} と平滑コンデンサ電圧 C_1 の瞬時電圧検出値 v_{det} から(1)式で示される電力脈動補償指令値 i_{amp}^* を生成し, 入力電流指令値へ加算することで補償する⁽¹⁾。

$$i_{amp}^* = \frac{P_{out}}{v_{det}} \cos(2\theta) \dots\dots\dots (1)$$

検討回路では, 瞬低時に PLL 出力に対して $\pi/2$ を加算し, 力率 0 で FRT 動作を実現する。また, 直流中間電圧 V_{dc} はインバータ制御を継続するために常に系統電圧最大値に制御する必要がある。

文献(2)ではインバータ側に AVR を適用し, FRT 動作を行っている。AVR をインバータへ実装する場合, 瞬低中は系統電圧が 0 V となるため直流中間電圧を一定に制御できなくなる。また, 瞬低中は系統側へ無効電流を注入するが回路損失によりキャパシタが放電される。以上から, 瞬低中に直流中間電圧が低下する。

瞬低中に直流中間電圧が系統電圧を下回る状態になると, 復帰時に入出力電流にひずみが生じる。しかし, パワーデカップリング回路で AVR 動作を行う場合, 瞬低中でも入力直流電源側から直流中間電圧を維持するために必要な電力を供給できる。

3. 実験結果

図 3 に実験結果を示す。本実験では直流中間電圧が最大のときに瞬低が発生する場合の FRT 動作を検証した。図 3 より, 瞬低中に無効電流を注入する FRT 動作が行われていることがわかる。

しかし, 図 3(a)より, インバータ側で電圧制御を行った場合は, 瞬低時に AVR が動作せず, 回路損失によりキャパシタが放電されるため直流中間電圧が大幅に低下している。その結果, 復帰時の直流中間電圧が系統電圧の最大値を下回るため入出力電流ひずみが発生している。

一方, 図 3(b)より, パワーデカップリング回路に AVR を適用した場合は, 瞬低中でも直流中間電圧値が指令値

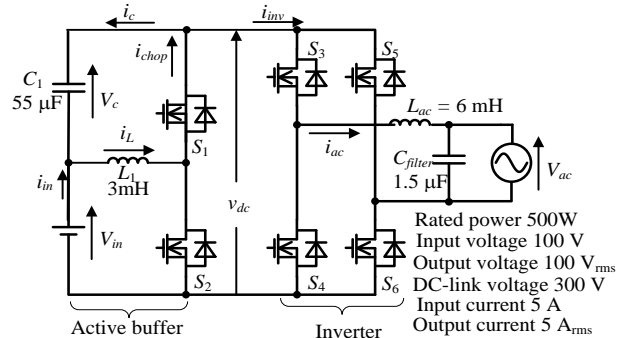


Fig. 1. Grid-tied inverter with active power decoupling circuit.

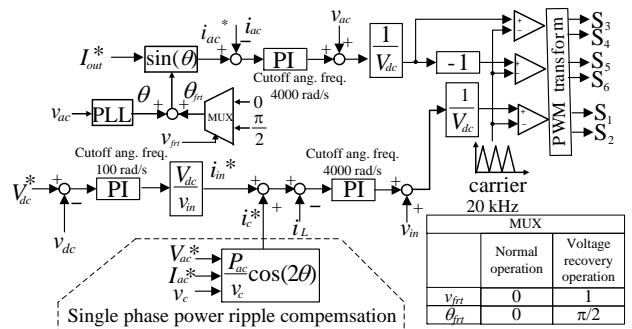
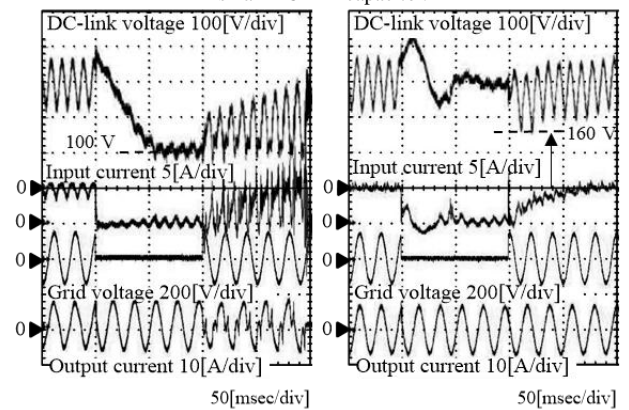


Fig. 2. Proposed control method for FRT with small DC-link capacitor.



(a) Implementing AVR to inverter. (b) Implementing AVR to chopper. Fig. 3. Experimental results of FRT operation.

に追従しているので常に系統電圧の最大値以上に維持できていることが分かる。その結果, 復帰時の入出力電流ひずみは発生していない。以上より, 小容量の平滑コンデンサを適用した場合でもパワーデカップリング回路で AVR を行うことで FRT 動作が可能となることを確認した。

今後は, FRT 動作も考慮したバッファコンデンサの下限容量設計方法を検討する。

参考文献

- (1) 渡辺ほか, 電学論 D, Vol.135, No.5 pp.467-474 (2015)
- (2) 小峯ほか, 新潟支所研究発表 NGT-17-413(2017)