

# 小容量の平滑コンデンサを有する単相系統連系インバータの FRT 動作検証

◎小峯 稜也, 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, 太陽光発電用パワーコンディショナーの小型化, 長寿命化の観点から, アクティブパワーデカップリング方式が活発に研究されている<sup>(1)</sup>。この方式により単相系統の電力脈動を補償可能であり, 直流中間コンデンサの小容量化が可能である。

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がある(FRT動作)。小容量キャパシタを適用する場合, 瞬時電圧低下(瞬低)復帰時にインバータ出力電流ひずみが増大する。外乱オブザーバ(DOB)の適用により直流中間電圧制御の外乱補償が可能であるが, DOBの適用のみでは直流中間電圧のアンダーシュートを抑制できないため, インバータ出力電流ひずみを完全に抑制することは不可能である。

そこで本論文では, 小容量コンデンサ適用時の FRT 制御法として, 定常動作時の DOB による電圧制御系の外乱補償に加えて, 瞬低復帰時にオープンループ動作の適用を提案する。ここでは, シミュレーションにより直流中間電圧アンダーシュート量を約 1/2 に低減し, インバータの出力電流 THD を約 1/20 に低減できたので報告する。

## 2.提案制御方式

図 1 に提案回路構成, 図 2 に提案制御を示す。提案回路は昇圧チョップと小容量コンデンサ  $C_1$  から構成される。バッファ回路は, 系統電力と平滑コンデンサ電圧の検出値  $v_{cdet}$  から電力脈動補償指令値  $i_{amp}^*$  を生成し, 入力電流 ACR 指令値へ加算することで単相電力脈動補償を実現する<sup>(2)</sup>。一方, 昇圧チョップの出力電流  $i_{chop}$  は, 直流中間電圧制御系に対する外乱となり, 系統復帰後の直流中間電圧の変動増加の原因となる。そこで, DOB を適用して本外乱を補償する<sup>(3)</sup>。外乱補償電流  $\hat{i}_{chop}$  は(1)式で表される。

$$\hat{i}_{chop} = \frac{\omega_c}{s + \omega_c} i_{inv}^* + \frac{s\omega_c C_1}{s + \omega_c} v_{cdet} \quad \dots\dots(1)$$

ここで,  $\omega_c$  は DOB のカットオフ角周波数である。また, 瞬低中は入出力電力がゼロになるため, 直流中間電圧が制御不能となる。一方, AVR の PI 制御器の積分器は偏差を積算し続けるため, 瞬低タイミングによっては系統復帰後に出力電力が入力電力よりも高くなり, 平滑コンデンサの放電量が増加する。これにより, 直流中間電圧が系統電圧を下回り, 出力電流にひずみが生じる。

図 3 に直流中間電圧制御の動作順序を示す。定常動作中, 瞬低中は AVR を適用するが, 系統復帰後はリミッタを用いてオープンループで動作させる。復帰時は出力電流を定格以下に制限することで, 平滑コンデンサの放電を抑制し, 直流中間電圧低下を抑制する。また, 出力電流の上限を定格以上に上げることで, 直流中間電圧の上昇を防止する。さらに, オープンループ指令と AVR 出力が同値となった際に AVR への切り替えを行うことで, 切り替えに伴う過渡現象を回避し, 出力電流ひずみを抑制する。

## 3.シミュレーション結果

図 4 にシミュレーション結果を示す。なお, AVR 出力制限による直中間電圧の変動抑制が最大となるよう, 直流中間電圧値が最大の時に瞬低を発生させている。図 4 より, 系統復帰後の直流中間電圧の最小値は, 従来法では 167 V であるのに対し提案法では 287V となり, 電圧降下を約 1/2 に抑制できている。また, 系統復帰後のインバータの出力電流 THD は 106.7%から 4.7%となり, 約 1/20 に

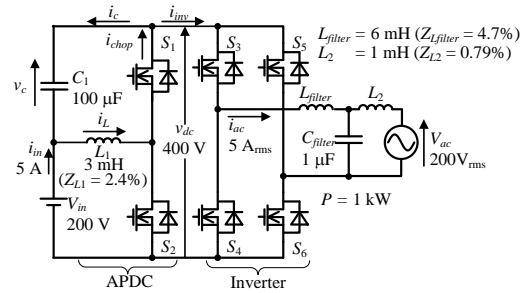


Fig. 1. Grid connected inverter with active power decoupling circuit (APDC).

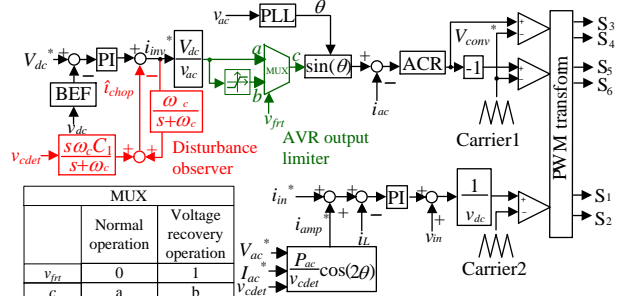


Fig. 2. Proposed control method for FRT with small DC capacitor.

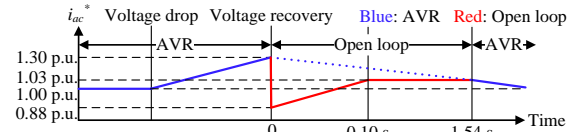


Fig. 3. Operation sequence of DC-link voltage control.

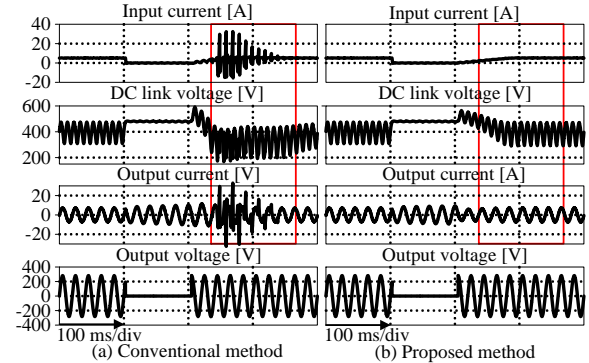


Fig. 4. Simulation result of FRT operation.

改善できた。以上より, 提案法を適用することで, 小容量の平滑コンデンサを適用した場合でも出力電流ひずみを抑制した FRT 動作が可能である。

今後は, AVR 出力電流抑制の理論的な抑制値を算出し, いずれの瞬低タイミングにおいても出力電流復帰が可能となる制御法を検討し, 実験により確認する。

## 参考文献

- (1) 外山佳祐, 清水敏久: 電気学会論文誌 D Vol.135 No.2 p.147-154(2015)
- (2) 渡辺大貴, 小岩一広, 伊東淳一, 大沼喜也, 宮脇慧: 電気学会論文誌 D, Vol.135, No.5 pp.467-474 (2015)
- (3) S. Nagai, H. N. Le, T. Nagano, K. Orikiawa, J. Itoh: the 2016 8th International Power Electronics and Motion Control Conference-ECCE Asia, No.Wb8-06, pp. (2016)