

계통전압 불평형시 Fault Ride Through와 전압보상 기능을 갖는 계통연계 인버터의 제어기법

김형진, 정아진, 김주하, 최세완
서울과학기술대학교

Control Method for Utility Interactive Inverter with Fault Ride Through and Voltage Compensation under Unbalanced Grid Voltages

Hyungjin Kim, Ahjin Jung, Jooha Kim, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

최근 분산발전시스템에서 계통의 보호를 위해 계통전압 이상이 발생하더라도 일정시간 계통과의 연결을 강제하는 FRT기능이 요구되고 있으며 계통전압 불평형 시에도 계통과의 연결을 유지하도록 요구하고 있다. 이때 독립부하가 존재하는 경우 계통의 이상전압이 독립부하에 그대로 걸리게 되어 독립부하의 전압품질이 저하되는 문제가 있다. 본 논문에서는 계통전압 불평형시 FRT를 수행함과 동시에 독립부하에도 일정한 품질의 전압을 공급할 수 있는 전압보상 기법을 제안한다.

1. 서론

최근 분산발전시스템의 용량이 점차 증대되고 있으며 계통이 상 시 분산발전시스템 자체의 보호를 목적으로 이를 계통과 분리하는 경우 계통붕괴 발생의 가능성이 우려되고 있다. 따라서 계통전압 이상시에도 발전시스템을 계통과 연결을 유지하도록 하는 Fault Ride Through(FRT) 기능이 요구되고 있는 추세이다. 또한 일부 국가에서는 무효전력을 주입함과 동시에 유효전력도 공급할 것을 요구하고 있으며^[1] 심지어 계통전압 불평형 시에도 FRT기능을 요구하는 경우도 있다^[2]. 그림 1은 독립부하가 존재하는 분산전원시스템을 나타내는데 FRT 동작시 계통의 이상전압이 독립부하에 그대로 걸리게 되므로 독립부하에 악영향을 끼칠 우려가 있다.

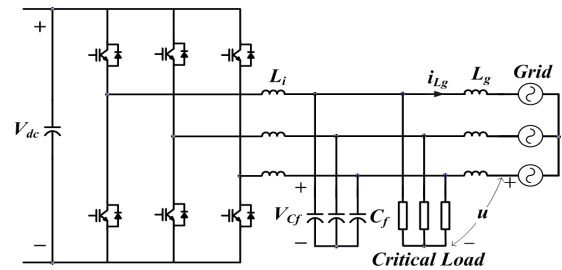


그림 1 독립부하를 갖는 계통연계 인버터 구성도

본 논문에서는 계통전압 불평형시에도 FRT기능을 수행함과 동시에 독립부하에도 일정한 품질의 전압을 공급할 수 있는 전압보상 기법을 제안한다.

2. 제안하는 전압보상 제어기법

그림 2는 제안하는 전압보상기법의 제어 블록도를 나타내는데 계통전압이 정상범위를 벗어날 경우 계통에 주입하던 유효전력은 그대로 유지하면서 무효전력 주입을 통해 FRT기능을 수행함과 동시에 독립부하전압을 안정하게 유지한다. 그림 3은 정상적인 계통연계시의 벡터도이며 이때 커패시터전압과 계통전압의 관계는 다음과 같다.

$$\vec{V}_{Cf} = \vec{V}_{Lg} + \vec{U} \quad (1)$$

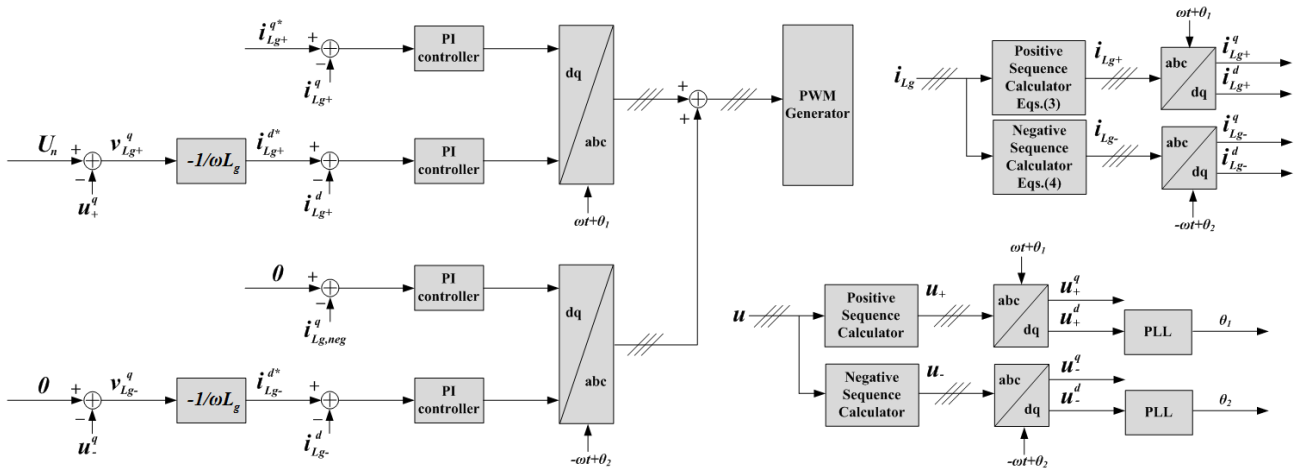


그림 2 제안하는 전압보상기법의 제어 블록도

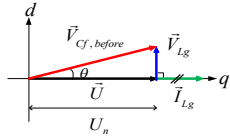


그림 3 계통연계시 벡터도

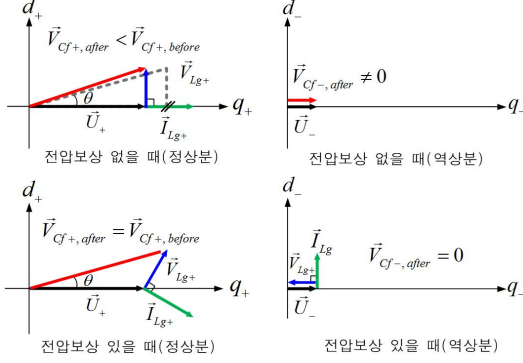


그림 4 FRT 동작시 전압보상기법의 벡터도

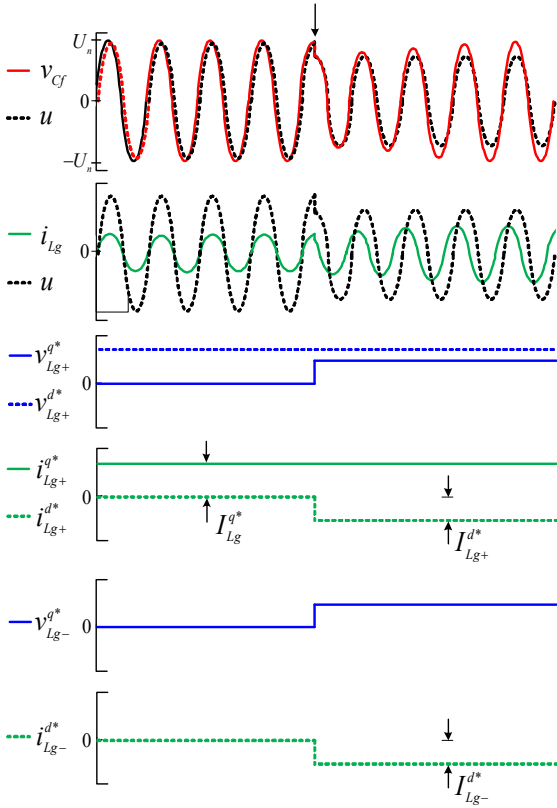


그림 5 전압보상기법의 주요파형

그림 4는 FRT 동작시 제안하는 전압보상 제어기법의 동작원리를 나타내는 벡터도이다. 이때 계통전압은 불평형으로 인해 정상분, 역상분이 존재하며 이는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{bmatrix} u_{a+} \\ u_{b+} \\ u_{c+} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & -0.5 & -0.5 \\ -0.5 & 1 & -0.5 \\ -0.5 & -0.5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} - \frac{1}{j2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} u_{a-} \\ u_{b-} \\ u_{c-} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & -0.5 & -0.5 \\ -0.5 & 1 & -0.5 \\ -0.5 & -0.5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} + \frac{1}{j2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

계통전압의 정상분, 역상분을 보상하기 위한 각각의 정상분·역상분 무효전류 지령치는 다음과 같다.

$$I_{Lg+}^{d*} = V_{Lg+}^q / \omega L_g, \quad (V_{Lg+}^q = U_n - U_+) \quad (4)$$

$$I_{Lg-}^{d*} = V_{Lg-}^q / \omega L_g, \quad (V_{Lg-}^q = U_-) \quad (5)$$

그림 5는 계통전압 불평형시 제안하는 전압보상 제어기법을 적용하여 커패시터전압을 계통 정상시와 같은 크기로 유지시키며 이때의 주요파형들을 보여준다.

3. 실험 결과

제안하는 전압보상 제어기법의 타당성을 입증하기 위하여 시작품을 제작하여 실험하였으며 그림 6은 각각 모의계통에 계통전압 불평형시 제안한 알고리즘에 의해 커패시터전압이 정상전압으로 유지되고 있음을 알 수 있다.

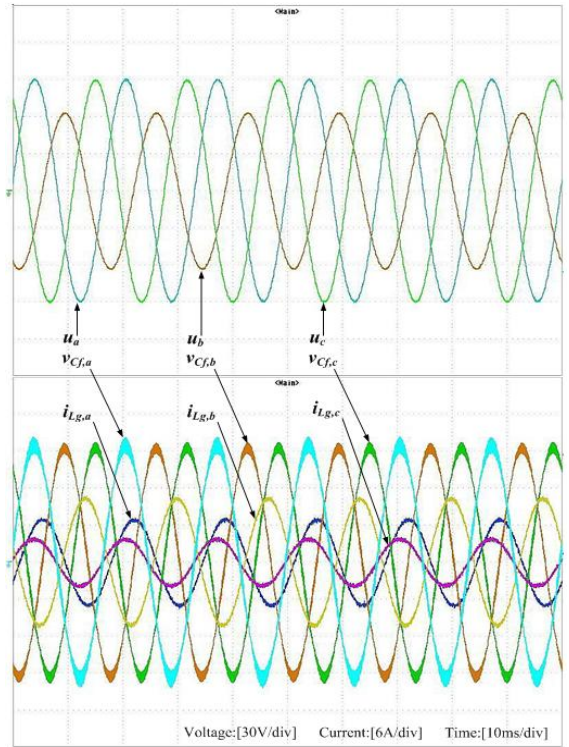


그림 6 계통전압 불평형시 전압보상 실험파형
($P_{inv}=1kW$, $U_{LL}=110V$, $L_i=1mH$, $L_g=5mH$, $C_f=3\mu F$)

4. 결론

본 논문에서는 독립부하가 존재하는 분산전원시스템에서 계통전압 불평형시에도 FRT를 수행함과 동시에 독립부하에도 일정한 품질의 전압공급이 가능한 제어기법을 제안하였으며 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] F. Iov, A. D. Hansen, P. Sorensen, and N. A. Cutululis, "Mapping of grid faults and grid codes," Riso Nat. Lab., Roskilde, Denmark, Jul. 2007.
- [2] Japan Electrical Safety and Environment Technology Laboratories (JET), Test Procedures for Protection Measures of Grid Connected Photovoltaic Inverters.