

# 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터의 동특성 개선 방법

조진호, 최성춘, 김범준, 김정민, 원충연  
성균관대학교

## A Compensation Method to Improve Dynamic Characteristic of Three-Phase Grid-Connected Back to Back Converter

Jin Ho Cho, Seong Chon Choi, Bum Jun Kim, Jung Min Kim, Chung Yuen Won  
Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

본 논문에서는 양방향 전력공급이 가능한 3상 Back to Back 컨버터에 필요한 여러 가지 제어 기술들을 살펴보고 시뮬레이션을 통해 제어 알고리즘의 타당성을 분석하며, 입, 출력 전압, 전류 등 파형을 관찰하고 전력을 가변시킬 때 나타나는 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터의 동특성을 개선하는 방법을 알아본다.

### 1. 서 론

최근 풍력발전과 플라이휠을 이용한 무 정전 전원공급 장치(UPS)등의 발전, 전동기 제어 및 구동 시스템 등 가변주파수 특성을 가지는 회전의 사용이 급증하여 계통의 품질을 향상시키고 안정성 높은 전력공급을 위한 정 주파수, 정전압 출력이 가능한 Back to Back 구조를 갖는 컨버터의 필요성이 증대되고 있다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서 다루고 있는 3상 Back to Back 컨버터는 DC link를 사이에 두고 양 방향에 계통연계형 인버터가 결합되어 있는 구조로 4상한 전력제어가 가능한 컨버터를 의미한다. 컨버터가 계통에 연계되기 위해서 3상 전류를 풀 브리지 능동 정류기를 통해 DC link에 전압을 충전하고, 충전 전압을 풀 브리지 인버터를 통해 출력 전압을 합성하며, 이때 계통의 전압 위상을 추종하는 Phase Locked Loop(PLL)기법을 수행하여 얻어진 위상정보를 활용해 전압을 합성하며 전류제어기를 이용해 유효전력, 무효전력의 순시전력제어를 하게 된다.<sup>[2]</sup> 또한 전력을 가변시킬때에 DC link 전압이 급변하고 그에 따른 전류의 변화로 인한 동특성이 나타나는데 이에 알맞은 제어기를 설계하여 동특성을 개선하는 방법을 수행하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터

본 논문에서 구성한 3상 Back to Back 컨버터는 2대의 3상 계통연계형 인버터가 각각 DC link를 사이에 두고 2대의 인버터가 맞닿아 있는 모양으로 양 방향 전력공급이 가능하며 각각 무효전력 제어가 가능하여 4상한 전력제어가 가능하다. 본 논문에서는 2개의 인버터의 계통측을  $V_{grid,1}$ ,  $V_{grid,2}$ 로 부르며 모두 계통에 연결하여 계통에 대해 4상한 전력제어가 가능하도록 하였고 전체적인 토폴로지는 그림 1 과 같다.

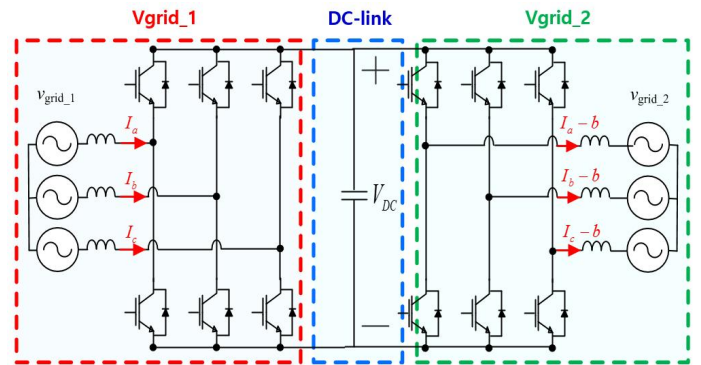


그림 1 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터 회로  
Fig. 1 Topology of Three-Phase Grid-Connected Back to Back Converter

#### 2.2 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터 제어

3상 계통연계형 Back to Back 컨버터의 올바른 제어를 하기 위해서는 전력의 입, 출력을 설정하고 계통전압의 위상을 추적하여 계통전압의 위상과 전류의 위상을 동기화시키는 Phase Locked Loop(PLL)기법과 DC link 전압제어, 계통연계형 인버터 전류 제어기, d q변환 등이 사용되었다.

##### 2.2.1 Phase-Locked Loop (PLL) 기법

계통연계 시스템에서는 계통의 위상과 주파수를 추종하는 것이 매우 중요하다. 계통의 전압을 읽어 위상 및 주파수 정보를 취득하여 인버터로 출력되는 전압의 위상이 계통전압을 적절히 추종할 수 있도록 PLL기법을 수행한다. 3상으로 입력되는 계통전압을 d q변환 기법을 통하여 정직좌표계, 회전좌표계를 거쳐 계통전압의 크기와 위상정보를 나타내는  $V_{de}$ ,  $V_{qe}$ 를 추출하여 위상차를 보상하고 PI제어기를 통해 나온 각속도를 적분기를 통해 피드백한 위상정보를 취득하여 전압과 전류를 단위역률로 제어하게 된다.

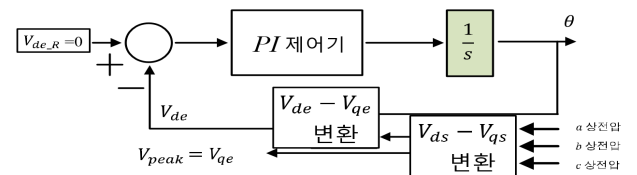


그림 2 Phase-Locked Loop (PLL) 기법  
Fig. 2 Phase-Locked Loop (PLL)

### 2.2.2 DC-link 전압제어

그림 3은 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터의 DC link PI전압제어기의 블록 다이어그램이다.  $V_{grid\_1}$ 에서 얻어진 전류를 능동 정류기를 통해 DC link에 전압으로 충전되어진다. 따라서 인버터는 DC link에 일정한 전압을 유지하고 커패시터에서 인버터 측으로 전달되는 전류량을 제어하여 계통 측으로 전력을 전달하게 된다.

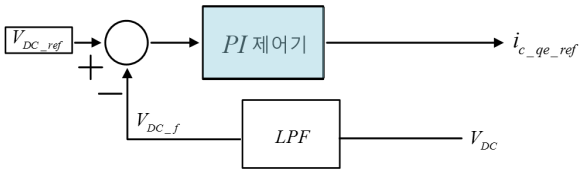


그림 3 DC-link 전압제어기  
Fig. 2 DC-link Voltage Controller

### 2.2.3 출력 전류 제어

동기좌표변환과정에서 간섭분  $\omega L$ 이 존재함으로 이러한 영향을 반영하여 간섭 분을 미리 보상하는 비간섭 전류제어기가 필요하게 된다. 인버터의 전류제어기 및 최종적인 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터의 제어블록도는 그림 4와 같다. 그림에서와 같이 동작을 살펴보면 PLL을 통해 위상과 크기를 구하고 전류를 정지좌표계, 회전좌표계를 거쳐  $I_{de}$ 와  $I_{qe}$ 를 얻어 각각의 전류제어기를 통해 전류를 제어하게 된다. 최대역률로 발전하기 위해  $I_{d\_ref}$ 는 0으로 PI제어를 하며,  $I_{ref}$ 는  $V_{grid\_1}$ 측으로부터 DC링크에 충전되어지는 전력량에 따라 전류량이 결정되고 PI제어기를 통하여 최종적으로 출력된 출력값은 공간벡터전압변조(Space Vector PWM)방식을 통해 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터 스위치에 PWM신호를 전달하게 된다. 또한 전력량을 가변할 때에 발생하는 동특성문제를 개선하기 위하여 추가적으로 DC link 전압제어기 출력에  $I_{feedforward}$  값을 추가하여 전향보상 방식을 통해 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터의 동특성을 개선하였다.

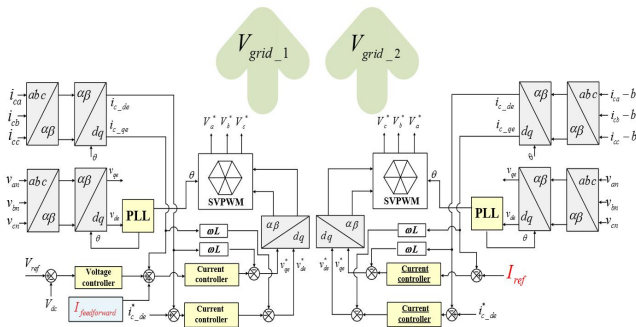


그림 4 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터 제어블록도  
Fig. 4 Three-Phase Grid-Connected Back to Back Converter Control Block Diagram

### 2.3 시뮬레이션

Powersim사의 PSIM 시뮬레이션 툴을 사용하여 시뮬레이션 모델을 구성해  $I_{ref}$ 값을 변경하여 부하 급변시의 각 전류, DC link파형을 관찰하였다.  $V_{grid\_1}$ 측에서 요구되는 전력이 순간 증가한 경우 DC link에서 전력이 순간적으로 빠져나가 전압과 전류 파형이 일그러지지만,  $I_{feedforward}$  값을 추가한 전향보상 방식을 적용 하여 동특성이 개선되는 것을 확인할 수 있다.

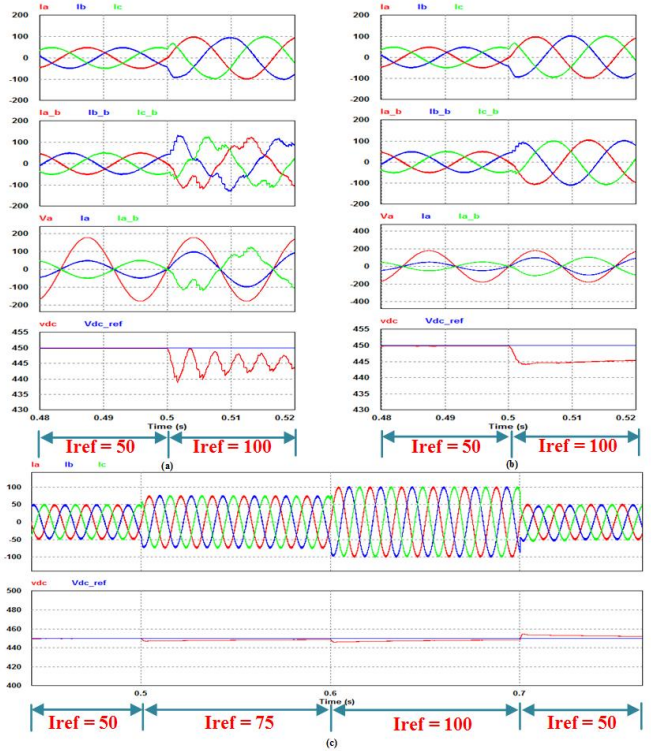


그림 5 시뮬레이션 파형  
(a) 전향보상적용 전 (b) 전향보상적용 후 (c) 출력 파형

Fig. 4 Simulation Waveform  
(a) Before Feedforward (b) After Feedforward  
(c) Output Waveform

## 3. 결 론

본 논문에서는 3상 계통연계형 Back to Back 컨버터의 동특성 개선을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 이를 바탕으로 각종 제어기를 접목하였다. 또한 동특성의 개선을 위해 전향보상 방식을 적용함으로써 동특성이 향상되는 것을 확인하였고 양방향 전력전달이 가능한 정전압 정 전류 전력공급기로서의 사용의 타당성을 검증하였다.

### 감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2014R1A2A2A05006744)

### 참고 문헌

- [1] C. Y. Tang, Y. F. Chen, Y. M. Chen and Y. R. Chang, "DC link voltage control strategy for three phase back to back active power conditioners," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62, no. 10, pp. 6306-6316, 2015.
- [2] Young Kwang Son, Byeong Heon Kim and Seung Ki Sul, "Three level back to back converters with ESS directly connected to the lower DC link," in 2016 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia Pacific (ITEC Asia Pacific), 2016, pp. 503-508.