

3상 모듈형 UPS용 PFC 제어기 설계

박내춘* 김상훈* 지준근**
 강원대학교* 순천향대학교**

PFC Controller Design for 3-Phase Modular UPS

Nae Chun Park * Sang Hoon Kim * Jun Keun Ji
 Kangwon National University.* Soonchunhyang University**

ABSTRACT

In this paper a new PFC Controller for 3-Phase Modular UPS is proposed. The PFC circuit for 3-Phase Modular UPS is implemented using three 1-phase 3-level boost PFC circuits. To control DC output voltage and AC input current, single voltage controller considering imbalance of two capacitor voltages and three independent current controllers are used in proposed PFC controller.

1. 서론

IEC 555-2, IEEE 519와 같은 국제규제범규에 의해 고조파에 대한 기준이 정해지면서 PFC(Power Factor Correction)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. UPS(Uninterruptible Power Supplies) 시스템에서도 입력단에 고조파를 저감시키고 역률을 1로 제어하기 위해서 PFC를 사용하는 것이 보편화되어 있다.

특히 병렬운전을 통한 용량 확장 및 시스템 신뢰성 확보를 위해서 최근에는 3상 모듈형 UPS 시스템이 많이 사용되고 있다. 이러한 시스템에서는 높은 효율을 갖는 소형의 시스템 구현을 위해서 PFC 회로에 3개의 단상 PFC 모듈을 3상으로 연결하는 구성이 통상 사용된다. 3개의 단상 PFC 모듈은 각 상에 연결되어 서로 간섭을 받지 않고, 3상의 입력 전류를 독립적으로 제어한다.

또한 단상 3-레벨 부스트 PFC는 높은 전력 밀도와 효율을 증가시키는 장점을 가지고 있어 모듈형 On-line UPS에서 널리 사용되고 있다.^[1] 3-레벨 부스트 PFC에서는 두개의 스위치를 이용하여 두개의 커패시터의 전압과 인덕터 전류를 제어한다.^[2] 이를 위한 제어 방법으로는 위상과 아래상이 각각 독립된 DC 전압 및 AC 전류 제어기로 전원 전압의 극성에 따라 제어하는 방법^[3]과 두 개의 DC 전압 제어기를 전원 전압의 극성에 따라 사용하고 AC 전류 제어기는 공통으로 사용하는 방법^[4] 등이 있다.

본 논문에서는 3상 모듈형 UPS에 사용하는 3-레벨 부스트 PFC를 위한 새로운 제어기를 제안하였다. 제안하는 PFC 제어기는 DC 전압 제어기를 3개 모듈이 공통으로 사용하고, AC 전류 제어기는 각상이 독립적으로 사용하는 구조를 채택하였다. 제안하는 PFC 제어기의 성능을 확인하기 위하여 PSIM으로 시뮬레이션을 수행하여 결과를 확인하였다.

2. 3상 모듈형 UPS용 PFC 제어기

그림 1은 3상 모듈형 UPS용 PFC 회로의 전체구성을 나타내고 있다. 3상 PFC를 위해 정류기와 부스트 컨버터로 되어 있는 단상 3-레벨 PFC 모듈 3개를 3상 연결하여 구성하였다.

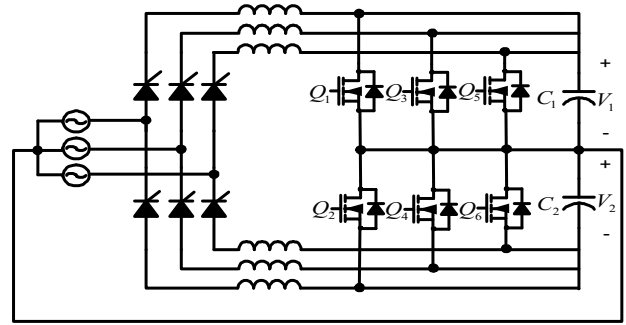


그림 1 PFC 회로
 Fig. 1 PFC Circuit

그림 2는 3상 모듈형 UPS를 위한 PFC 제어 블록도를 나타내고 있다. 하나의 전압제어기를 공통으로 사용하여 DC 출력 전압을 제어하였고, 두개의 커패시터 전압 불평형 성분을 보상하기 위하여 커패시터의 전압 V_1 와 V_2 의 오차를 전압 제어기 출력에 보상하였다. 각상의 전류를 제어하기 위해서 독립적인 전류 제어기를 사용하였고, PLL(Phase Locked Loop)과 사인파 발생기를 이용하여 전원 전압 성분을 만들기 때문에 전원 전압이 왜곡되었을 경우에도 입력 전류를 정현파에 가깝게 역률 1로 제어 할 수 있다.

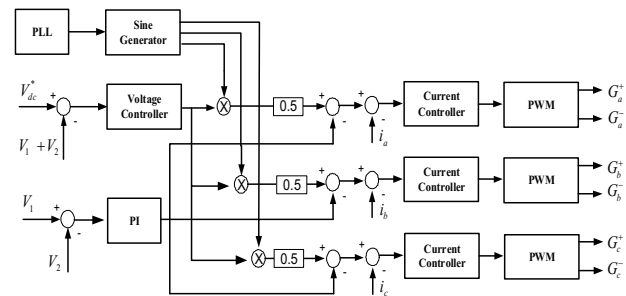


그림 2 제어 블록도
 Fig. 2 Control Block Diagram

3. 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 조건

제안된 제어기의 성능을 확인하기 위하여 PSIM을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 교류 입력단 인덕턴스는 1.5[mH]이고, 직류 출력단 커패시턴스는 4400[μF]이다. 스위칭 주파수는 20[kHz]이며, 스위칭 소자로는 MOSFET를 사용하였다. 전원 전압은 60[Hz], 220[V]이고, 직류 출력단 전압은 800[V]로 제어하였으며, 부하는 15[Ω] 저항부하이다. 그림 3은 전체 시뮬레이션 구성도를 나타내고 있으며, 제어기는 PSIM의 dll 라이브러리를 사용하여 C언어로 디지털 제어기로 구현하였다.

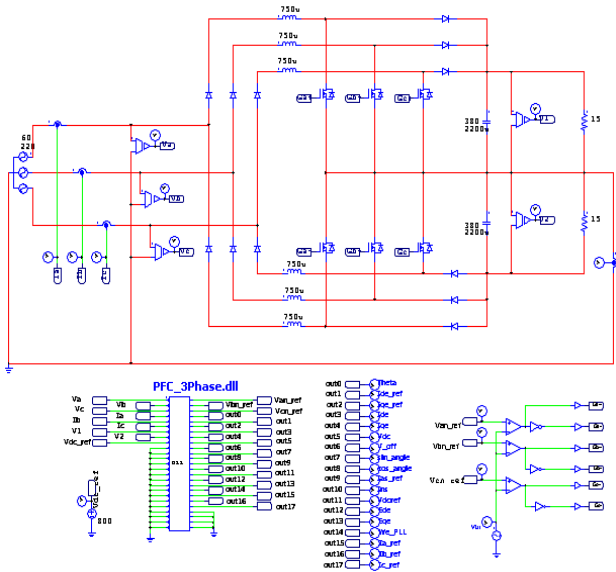


그림 3 시뮬레이션 구성도
Fig. 3 Composition of Simulation

3.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 두 개의 커패시터 양단의 부하가 평형인 경우와 부하가 30% 불평형인 경우에 대하여 수행하였다.

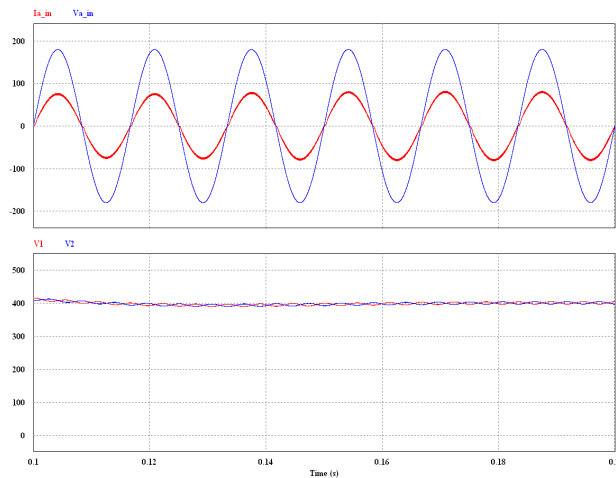


그림 4 시뮬레이션 결과(평형부하인 경우)
Fig. 4 Simulation result(balanced load case)

그림 4에서는 전원 전압과 입력 전류, 그리고 직류 출력단 전압파형을 나타내고 있다. 역률은 거의 1이고, 전류의 THD는

2.1%로 나타나고 있다. 직류 출력단 전압은 동일하게 400[V]로 제어되고 있다.

그림 5는 두 개의 커패시터 양단의 부하가 각각 15[Ω]과 10[Ω]으로 약 33%의 차이가 있는 불평형 부하인 경우에 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

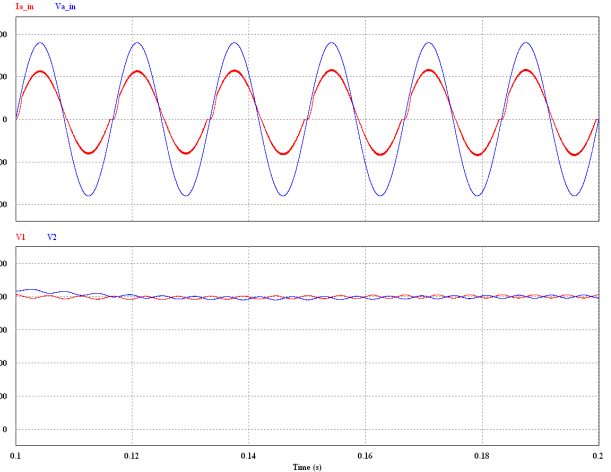


그림 5 시뮬레이션 결과(33% 불평형부하인 경우)
Fig. 5 Simulation result(33% unbalanced load case)

부하에 약 33%의 불평형이 발생하여도 입력 역률은 거의 1로 제어되고 있으며, 직류 출력단 두 개의 커패시터 전압도 동일하게 제어된다.

4. 결론

본 논문에서는 단상 3-레벨 부스트 PFC 3개를 사용한 3상 모듈형 UPS용 PFC의 출력전압과 입력전류 제어를 위한 새로운 제어기를 제안하였다. 제안한 PFC 제어기로 시뮬레이션을 수행한 결과 입력단 역률은 항상 거의 1이 되고 전류의 THD도 평형 부하인 경우 약 2.2%가 되며, 불평형 부하인 경우에도 직류 출력단 두 개의 커패시터 전압은 동일하게 제어되는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Jingtao Tan, Yang Li, Zhiqiang Jiang, Li Cai, Jianping Ying, "A Novel Three-Phase Three-Level Power Factor Correction Converter using Two Single-Phase PFC Modules" *IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp.3060-3064, 2007.
- [2] Lin Chen, Jingtao Tan, Zhiqiang Jiang, Jianping Ying, "A Three-Level Power Factor Correction Converter with Digital Control" *APEC2005*, pp.1119~1123, 2005.
- [3] S. B. Bekiarov and A. Emadi, "A New On-line Single-Phase to Three-phase UPS Topology with Reduced Number of Switches," *in Proc. IEEE PESC*, pp. 451-456. 2003.
- [4] Zhiqiang Jiang, Jingtao Tan, Yonghua Cheng, Lin Chen, Hongjian Gan, "Fast Controller Based on Active-Power-Feed-Forward for PFC Converter Applied to UPS" *APEC 2005*, pp.573~540. 2005.