

단상 UPS 제어기 설계 및 개발

김 형섭, 유 은식, 이 동명
홍익대학교 전자전기공학부

Development and design of single-phase uninterruptible power supply

Hyung Seop Kim, Eun Sik You, and Dong Myung Lee

School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

ABSTRACT

In this paper, single phase uninterruptible power supply design method is presented. In this control scheme, input current, output current and output voltage are used. For voltage control PR controller is used and that for current controller is PI controller. The gains for controllers are sought by the classical method for determining gains. Throughout simulations the performance of single phase UPS is verified.

1. 서 론

무정전전원장치(uninterruptible power supply : UPS)는 전압 변동, 주파수 변동, 순간 정전, 과도 전압 등으로 인한 전원 이상을 방지하고 항상 안정된 전원을 공급하여 주기 위한 장치이다. 이러한 UPS는 컴퓨터와 같은 전자장비나 통신시스템처럼 안정적인 전압을 필요로 하는 장치에 쓰인다. 단상 PWM 인버터는 출력전압이 비선형 부하에서도 고르게 나타나고, 부하 변동에 대해 안정적이며 고조파를 적절하게 억제할 수 있어야 한다. 이를 위해 단상 PWM 인버터를 제어할 수 있는 적절한 제어기의 설계가 필요하다. 본 UPS의 출력전압 제어를 위해서는 전압제어기와 전류제어기를 사용하는데, 이를 위해 출력전압, 출력전류 그리고 입력전압이 사용된다. 출력 전압은 60Hz 정현파이므로 P R(비례 공진 제어기)를 이용하여 전압을 제어하며 또한 PI제어를 통해 입력전류를 제어한다. 이때 출력 응답성을 증가시키기 위해서 전향 보상항을 추가하였다. 시뮬레이션을 통해 단상 무정전전원장치의 성능을 보인다.

2. 단상 UPS

2.1 단상 ups 제어기

그림 1은 LC 필터를 포함하고, 단상 PWM 인버터를 이용한 단상 UPS이다. V_{dc} 는 받아들이는 DC 입력전압을 나타내며, Q1~Q4는 단상 PWM 인버터로 동작 하는 스위치들이다. Q1, Q2와 Q3, Q4가 상보적으로 작동하여 PWM 신호를 만들어낸다. L과 C는 고조파를 차단하기 위한 LC필터로써 설계되어있으며, Z는 부하를 의미한다. 그림 1에 대해서 전압제어기와 전류제어기를 포함하여, 제어 블록도로 표시하면 그림 2와 같이 나타난다.

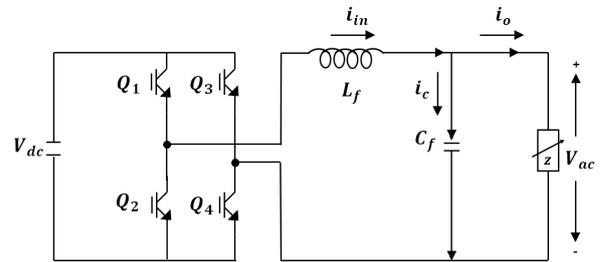


Fig. 1 Single-phase inverter

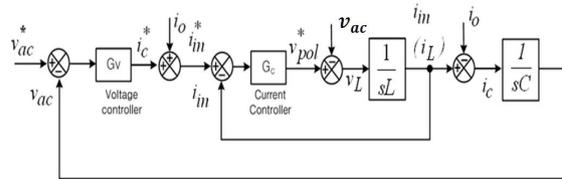


Fig. 2 Overall control block diagram of single-phase inverter

2.2 제어기의 설계 및 게인 설정

그림 2에서와 같이 제어기는 아웃 루프에는 전압제어기를 가지고 내부루프에서는 전류제어기를 가진다. UPS의 전압제어를 위한 전류 제한 제어는 필터 커패시터 전류, 입력전류 등의 제한을 통한 기법 등이 있다[1][2]. 본 연구에서는 입력전류와 부하전류를 이용하는 방식을 취한다[2]. 전압제어기의 경우에는 60Hz 출력을 제어하므로 P R (비례 공진 제어기)를 이용하였다.) 비례 공진 제어기의 형태는 아래 식과 같다.

$$G_{PR}(s) = K_p + \frac{2K_i s}{s^2 + \omega_0^2} \quad (1)$$

그림 3는 전압제어기의 블록도를 나타낸다. 입출력에 대한 수식은 식 (2)와 같이 나타난다. 따라서 전형적인 2차 시스템의 응답 특성에 따라 식 (3)과 같이 비례 및 적분 게인을 구한다.

$$\frac{V_o(s)}{V_0^*(s)} = \frac{\frac{K_p}{C}s + \frac{K_i}{C}}{s^2 + \frac{K_p}{C}s + \frac{K_i}{C}} \Rightarrow \frac{w_n^2}{s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2} \quad (2)$$

$$K_p = 2\zeta\omega_n C, K_i = \omega_n^2 C \quad (3)$$

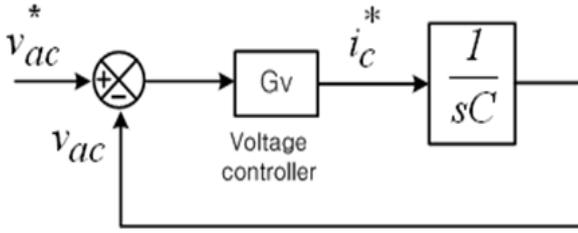


Fig. 3 Block diagram for output voltage control

그림 4는 전류제어기를 나타낸다. 그림 4의 경우도 식 (2)~(3)에서의 동일한 방식으로 구하면 식 (5)와 같은 계인값을 구할 수 있다.

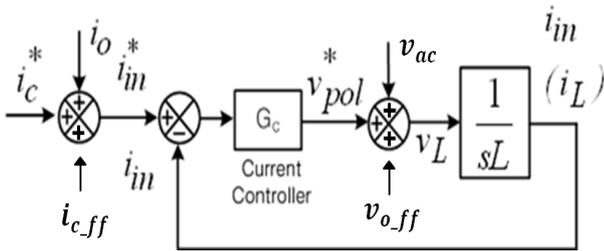


Fig. 4 Block diagram for current control

$$\frac{i_{in}(s)}{i_{in}^*(s)} \frac{\frac{K_p}{L}s + \frac{K_i}{L}}{s^2 + \frac{K_p}{L}s + \frac{K_i}{L}} \Rightarrow \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (4)$$

$$K_p = 2\zeta\omega_n L, K_i = \omega_n^2 L \quad (5)$$

그림 4의 제어 블록도에서 보듯이 출력전압을 전향보상하여 출력의 응답성을 증가시키려 하였다.

3. 시뮬레이션 결과

타당성 검증을 위하여 매트랩 시뮬링크를 이용하여 모의실험을 하였다. 모의실험의 조건은 표 1과 같다. 그림 5는 선형부하 R L 조건에서의 출력전압과 출력전류를 보인다. 그림 6는 정류기 부하에서의 출력전압과 출력전류이다. 시뮬레이션에서 전류제어기와 전압제어기의 차단주파수는 각각 1500Hz, 100Hz 이다.

표 1. 시뮬레이션에 사용된 제원

항목	값	단위
스위칭 주파수	15	kHz
필터 인덕턴스	2.2	mH
필터 커패시턴스	50	uF
DC 전압	220	V
출력전압	110	V _{rms}
선형부하(R L)	20/10	Ω/mH
정류기부하(R C)	200/470	Ω/uF

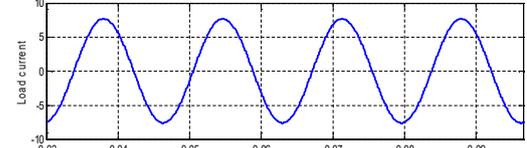
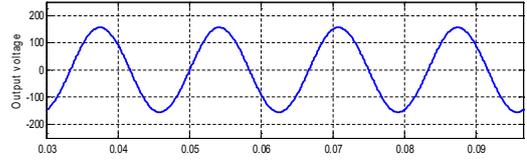


Fig. 5 Simulation waveform obtained

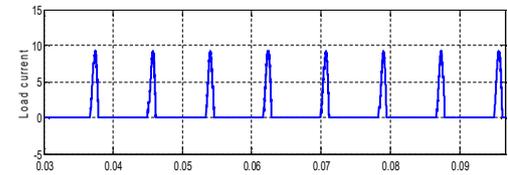
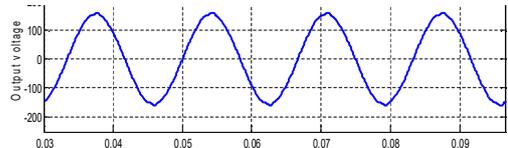


Fig. 6 Simulation waveform obtained

4. 결론

본 논문에서는 단상 UPS의 제어기를 설계 및 개발하였다. 설계된 단상 UPS를 제어하기 위해 제어기의 아웃루프에 전압 제어기를, 내부루프에 전류제어기를 사용하였다. 출력전압은 P R(비례 공진 제어기)를 사용하여 제어하였고. 전류제어기는 PI(비례 적분 제어기)를 사용하여 제어하였다. 이때 제어를 위한 전류 제한 제어방식은 입력전류와 부하전류를 이용하는 방식을 사용하였다.[2] 또한 출력의 응답성을 증가시키기 위해 전향보상을 사용하였다. 시뮬레이션을 통하여 설계한 UPS의 출력이 가진 응답성을 확인할 수 있었다.

이 논문은 중소기업청의 도약기술 개발사업 (No. C0147069) 의 연구수행으로 인한 결과물임.

참고 문헌

- [1] L.P. Chiang, M.J. Newman, D.N. Zmood, and D.G. Holmes, "A comparative analysis of multiloop voltage regulation strategies for single and three-phase UPS systems," *IEEE Trans. on Power Electron.*, vol. 18, no. 5, pp. 1176-1185, Sep. 2003.
- [2] C.D. Manning, "Control of UPS inverters," in *IEE Colloquium on Uninterruptible Power Supplies*, 1994, pp. 1-5.