

전압조절기 응용을 위한 PWM Buck-Boost AC/AC 컨버터에 대한 연구

강정식* · 최남섭*

*여수대학교 전기 및 반도체 공학과

A study on PWM Buck-Boost AC/AC Converter for Voltage Regulator Application

Jeong-Sik Kang** · Nam-Sup Choi**

**Yosu National University

E-mail : 강정식: kanghaha@hanmail.net

최남섭: nschoi@yosu.ac.kr

요 약

산업분야에서 많이 사용되고 있는 컴퓨터나 자동화 제조공정 등은 전압저하나 이상전압에 민감하게 반응한다. 전력품질의 문제가 증가함에 따라 수용가 측에서는 무정전 전원장치(UPS)와 같은 일정전압을 유지할 수 있는 전압조절장치 들을 사용하고 있다. 본 논문에서는 전압조절기 응용을 위한 PWM Buck-Boost AC/AC 컨버터가 제안된다. 제안된 컨버터는 IGBT 스위칭 모듈을 사용하고 입력전압의 저하나 증가시, 그리고 부하의 변동시에 PWM 제어에 의하여 일정한 전압을 유지할 수 있다. 본 논문에서는 제안된 PWM Buck-Boost AC/AC 컨버터의 회로구성과 특징을 설명하고 이를 PSPICE 시뮬레이션을 통하여 동작특성을 보인다.

1. 서 론

일반가정이나 산업현장에서 컨버터에 의해 전원을 공급받는 부하가 증가하면서 전력품질과 신뢰도의 문제가 대두되고 있다. 전력품질의 문제 중 대표적인 것은 전압저하, 이상전압, 고조파, 임펄스, 순간적인 정전 등이 있다.[1] 본 논문에서는 이러한 전력품질의 문제의 대안으로 PWM Buck-Boost AC/AC 컨버터가 제안된다. 기존의 변압기는 중량이 크고 대형이면서 입력전압의 변동이 그대로 출력전압으로 나타나는 등 제어기능이 없다. 반면에 제안된 컨버터는 중량이 적고 소형이며 PWM 기술을 사용하여 입력전압의 증가나 감소시 출력전압을 일정하게 유지하는 것이 가능하다. 또한, 제어기능을 추가하여 무부하시 전원차단기능과 왜곡된 입력전압에 대한 보상기능도 추가할 수 있다.[2] 본 논문에서는 승, 강압용 전압조절장치로서 3상 PWM Buck-Boost AC/ AC 컨버터를 보이고 동작특성을 설명한다.

특히, 입력전압의 저하나 증가시, 그리고 부하의 변동시에 일정한 출력전압을 얻는 기술을 보이고 그것을 PSPICE 시뮬레이션으로 설명한다.[3]

II. 3상 PWM Buck-Boost 컨버터

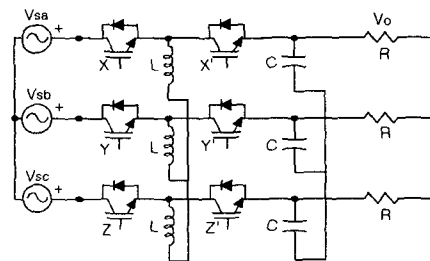


그림 1. 3상 PWM Buck-Boost 컨버터

그림1은 3상 PWM Buck-Boost AC/AC 컨버터의 전체 시스템 구성도이다. 스위칭 소자로서 IGBT를 사용하였고 스너버는 생략하였다. 인덕터와 캐패시터는 출력필터로 사용되었다.[4] 또한 스위칭소자로서 GTO나 MCT와 같은 기타 게이트 턴 오프 전력 반도체 스위치를 사용할 수 있다. 한 주기가 T이고 Duty Ratio(D)가 D일 경우, DT구간 동안에는 X, Y, Z의 스위치가 ON상태를 유지하고 (1-D)T 구간동안에는 X', Y', Z'의 스위치가 ON상태를 유지한다.

출력전압의 식은 다음과 같다.

$$V_o = \frac{D}{1-D} V_s \quad (1)$$

여기서 V_o 와 V_s 는 각각 3상인 출력과 입력측 AC 상전압의 실효값을 나타낸다.

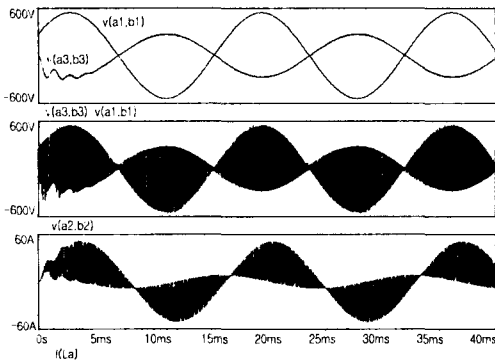


그림 2. 동작 파형: (상) 입력상전압(v(a1,b1)), 출력상전압(v(a3,b3)), (중) 인덕터양단전압 (하) 인덕터 전류

그림 2의 파형은 출력전압을 110V로 유지하기 위하여 D=0.33으로 한 경우, 입출력 선간전압, 인덕터 양단전압, 인덕터 전류의 파형을 각각 보인다.

표 1. 회로구성요소의 심벌 및 값

기호	항목	값
V_s	Input Phase Voltage	220V
L	Filter Inductor	200uH
C	Filter Capacitor	100uF
R	Load	10 Ω
f	Supply Voltage	60Hz
f_s	Switching Frequency	10kHz
D	Duty Ratio	0.33

표 1은 그림 2의 파형을 시뮬레이션 하는데 사용된 회로구성요소의 심벌과 그 값들이다. 그림 2에서 D=0.33일 때 출력전압이 입력전압의 1/2이 됨을 볼 수 있다.

III. 출력전압의 Feedback 제어

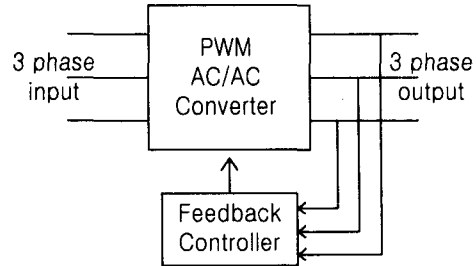


그림 3. 출력전압의 Feedback 제어

그림 1에서 보인 승, 강압용으로 사용된 3상 PWM AC/AC 컨버터의 출력전압은 입력전압의 변동과 부하의 변동, 두 가지 측면에서 영향을 받는다. 입력전압의 변동에는 일시적인 전압저하나 상승, 그리고 impulse, spike 등이 있다. 이 가운데, impulse나 spike는 고주파성분이므로 보통 필터인 인덕터나 커패시터에 의해 차단 또는 흡수된다.[5]

본 논문에서는 입력전압의 저하나 상승에도 불구하고 출력전압을 일정하게 유지할 수 있도록 하는 Feedback 제어기법을 제안한다.

IV. 컨버터 시뮬레이션

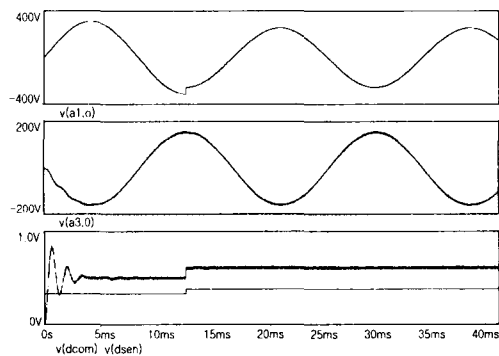


그림 4. 출력전압을 110V로 강압한 시뮬레이션 (입력전압 저하시 (220V ->180V))

(상) 입력 상전압, (중) 출력 상전압, (하) D의 명령값과 실측값

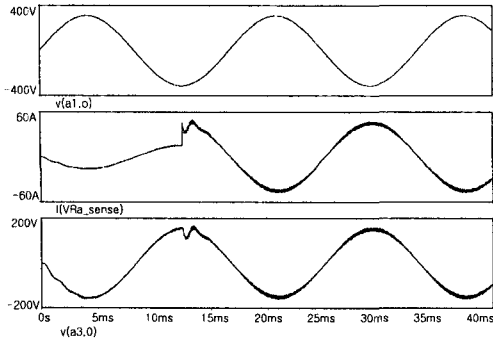


그림 5. 출력전압을 110로 강압한 시뮬레이션
(부하변동시 ($10\ \Omega \rightarrow 3.3\ \Omega$))

(상) 입력 상전압, (중) 부하 상전류
(하) 출력 상전압

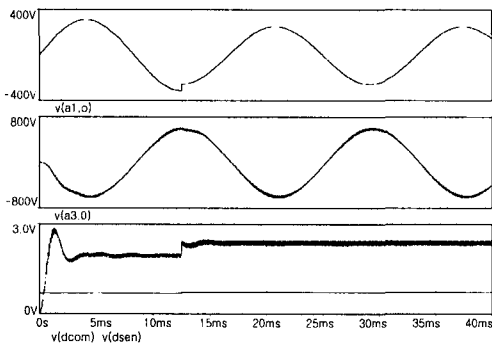


그림 6 출력전압을 440V로 승압한 시뮬레이션
(입력전압 저하시 ($220V \rightarrow 180V$))

(상) 입력 상전압, (중) 출력 상전압
(하) D의 명령값과 실측값

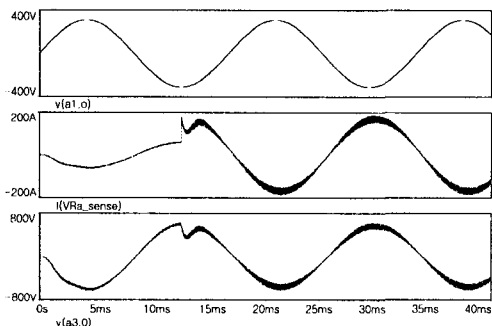


그림 7. 출력전압을 440V로 승압한 시뮬레이션
(부하변동시 ($10\ \Omega \rightarrow 3.3\ \Omega$))

(상) 입력 상전압, (중) 부하 상전류
(하) 출력상전압

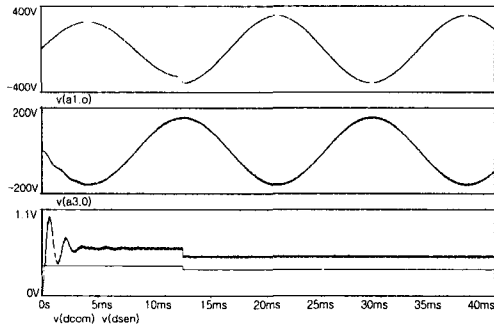


그림 8. 출력전압을 110V로 강압한 시뮬레이션
(입력전압 상승시 ($180V \rightarrow 220V$))

(상) 입력 상전압, (중) 출력 상전압
(하) D의 명령값과 실측값

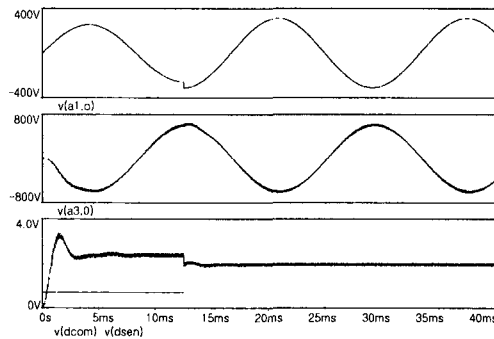


그림 9 출력전압을 440V로 승압한 시뮬레이션

(상) 입력 상전압, (중) 출력 상전압
(하) D의 명령값과 실측값

그림 4 에서 그림 9의 파형은 각각 입력전압저하, 부하변동시 강압 · 승압 그리고 입력전압 상승시 강압 · 승압한 시뮬레이션 파형이다.

그림 4, 6, 8, 9의 볼 수 있듯이 입력전압의 저하나 상승이 발생하였을 때 입력전압에 거의 영향을 받지 않고 원하는 일정한 출력전압을 유지하는 것을 알 수 있다. 각 그림에서 볼 수 있듯이 Feedback 제어를 하여 입력전압의 변동에도 불구하고 D를 변화시킴으로써 원하는 일정한 출력전압을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

V. 일반 변압기와 제안된 전압조절장치 비교

일반 변압기의 적용분야와 비교할 때, 첫째, 제안된 전압조절장치는 1kW기준, 부피는 50% 무게는 30-40%에 지나지 않는다. 이러한 부피와 무게의 감소는 정격용량이 증대할수록 더욱 커진다.[6] 둘째, 제어기능이 없는 일반변압기는 임. 출력 어느쪽에서든지 단락이나 사고가 발생하였을 때를 임. 출력의 다른 쪽으로 전파된다. 제안된 전압조절장치는 비상시에는 회로 차단기로 동작시킬 수 있다. 셋째, 일반변압기는 전원단에 여러가지 이상상황(sag, surge, 부하변동)이 발생하면 부하단에 그대로 전달된다. 반면에 제안된 전압조절장치는 Feedback 제어를 통하여 D를 변화시켜 원하는 일정한 출력전압을 얻을 수 있다.

[5] 강정식, 최남섭 " A Single-Phase Buck AC-AC Power Converter for Custom Power Applications ", Korean Institute of Maritime Information & Communication Science, vol.5 No.1, pp. 427-430, 2001

[6] 최남섭, 강정식 " An Electronic Step-Down Transformer with Voltage Stabilization Characteristics", Korean Institute of Maritime Information & Communication Science, vol.5 No.1, pp. 423-426, 2001

VI. 결론

본 논문에서는 3상 PWM Buck-Boost AC/AC 컨버터에 기초한 승, 강압용 전압조절장치를 보이고 동작특성을 설명하였다. 특히, 입력전압저하, 부하변동시 강압 · 승압 그리고 입력전압 상승시 강압 · 승압을 통하여 일정한 출력전압을 얻는 제어기법을 PSPICE 시뮬레이션으로 수행하였다. 제안된 전압조절장치의 특성은 다음과 같다.

- . 표준 스위칭 모듈의 사용
- . PWM Technology에 기반을 둠
- . 폭넓은 제어범위
- . 무게가 1kW 기준, 일반 변압기의 40% 수준
- . 임, 출력 단락사고시 회로차단기의 기능
- . 입력단에 이상현상(sag, surge)이나 부하변동 발생시 Feedback 제어를하여 D를 변화시켜 원하는 일정한 전압(승압, 강압) 유지 기능

참고문헌

[1] N. G Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities: Role of Power Electronics in Future Power Systems", Proceedings of IEEE, April 1998

[2] A. K. S. Bhat and J. Vithayathil, "A simple multiple pulsewidth modulated AC chopper", IEEE Trans. Industrial Electronics, vol. IE-29, pp.185-189, August 1982.

[3] 최 평, 조용범, 목형수, 백동철, 이승한, "ver 9.xx PSpice 기초와 활용", 복두출판사, 1993.

[4] POWEREX, Power Transistors Reference Guide, 1995.