

수용가 전원 응용을 위한 단상 Buck AC-AC 전력 변환기

강정식^{*} · 최남섭^{*}

^{*}여수대학교 전기 및 반도체 공학과

A Single-Phase Buck AC-AC Power Converter for Custom Power Applications

Jeong-Sik Kang^{*} · Nam-Sup Choi^{**}

Yosu National University

E-mail : kanghaha@hanmail.net^{*}, nschoi@yosu.ac.kr^{**}

요 약

산업분야에서 많이 사용되고 있는 컴퓨터나 자동화 제조공정 등은 순간적인 전압저하나 이상전압에 매우 민감하게 반응한다. 부하에 공급되는 전력의 신뢰도의 문제가 증가함에 따라 수용가 측에서는 무정전 전원장치(UPS)와 같은 일정전압을 유지할 수 있는 전력 조절장치들을 사용하고 있다. 본 논문에서는 수용가 전원의 안정화를 위한 제어장치로서 단상 Buck AC-AC 전력변환기를 제안한다. 제안된 전력변환기는 IGBT스위칭 모듈을 사용하고 전압의 저하가 발생했을 때 펄스폭 변조(PWM) 제어에 의하여 일정한 전압을 유지할 수 있다. 본 논문에서는 정상상태에서의 동작특성을 해석하고 PSPICE 시뮬레이션으로 동작특성을 확인한다.

ABSTRACT

Computers and automated manufacturing processes in industry are very susceptible to voltage sags and surges. The need for greater power reliability makes the end-users to use the uninterruptible power supply and other electronic power conditioning means to maintain the stable voltage. In this paper, a single-phase buck ac-ac converter for Custom Power Applications is presented. The presented converter uses IGBT's as switching module and maintains the stable voltage through PWM technology in spite of the input voltage sags and load rejections. In this paper, the operation characteristics of the power converter at steady state are illustrated using PSPICE simulations.

1. 서 론

컴퓨터나 자동화 제조공정 등은 전압저하나 짧은 정전 등에 매우 민감하게 반응한다. 정밀한 장치들을 안전하게 운전하기 위해서 전압을 일정하게 유지하는 수단으로서 무정전 전원장치(UPS)나 기타 다른 전력 조절장치 등을 사용하고 있다. 또한 전력반도체 디바이스의 성능이 향상되면서 전력의 신뢰도를 높이는 다양한 전력 제어 장치의 사용이 가능하게 되었다.[1] 본 논문에서는 수용가에 공급되는 전력의 품질을 높일 수 있는 수용가 전원 응용을 위한 단상 Buck AC-AC 컨버터를 제안한다. 제안된 컨버터는 표준 스위칭 모듈인 IGBT를 사용한다. 또한 IGBT

의 스위칭 주파수를 높이면 고조파가 저감되어 필터요소의 정격값을 줄일 수 있다. 제안된 컨버터의 동작특성은 PSPICE 시뮬레이션으로 증명한다[2]. 특히 시스템에 입력전압의 저하나 부하 변동이 발생했을 경우 부하전류와 부하전압의 파형을 관찰한다.

II. 단상 Buck AC-AC 전력 변환기

그림 1은 입/출력 필터를 갖는 단상 Buck AC-AC 컨버터의 전체 시스템 구성도이다. 그림 1에서 스너버는 생략하였다. 그림 1에서 스위칭 소자로서 IGBT를 사용하였지만 GTO나 MCT와

같은 기타 게이트 턴 오프 전력 반도체 스위치를 사용할 수 있다. 단상 Buck AC-AC 컨버터는 한 주기가 T이고 통류율(duty ratio)이 D일 경우 DT구간에는 S₁, S₂의 스위치가 온 상태, (1-D)T 구간에는 S₃, S₄의 스위치가 온 상태이다.

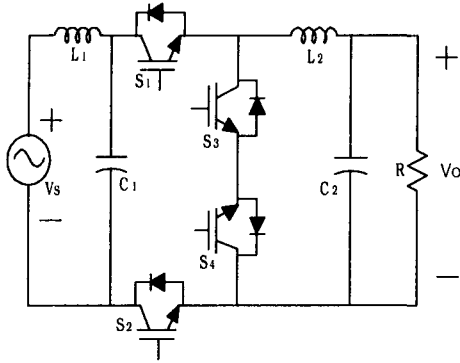


그림 1. Power circuit schematic of a single-phase Buck ac-ac converter

정상상태에서 컨버터의 동작특성은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$V_o = DV_s \quad (1)$$

L₁과 C₁은 입력전류의 불연속성에 의해 발생하는 고조파를 필터링하기 위하여 사용하고 L₂와 C₂는 PWM에 의해 발생한 전압 고조파를 필터링하기 위하여 사용한다.[3]

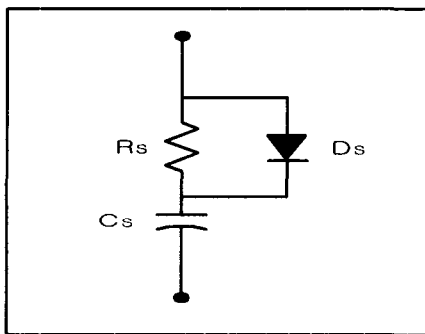


그림 2. Schematic of snubber circuit across IGBT's

그림 2는 스위칭 소자인 IGBT에 사용된 스너버이다.

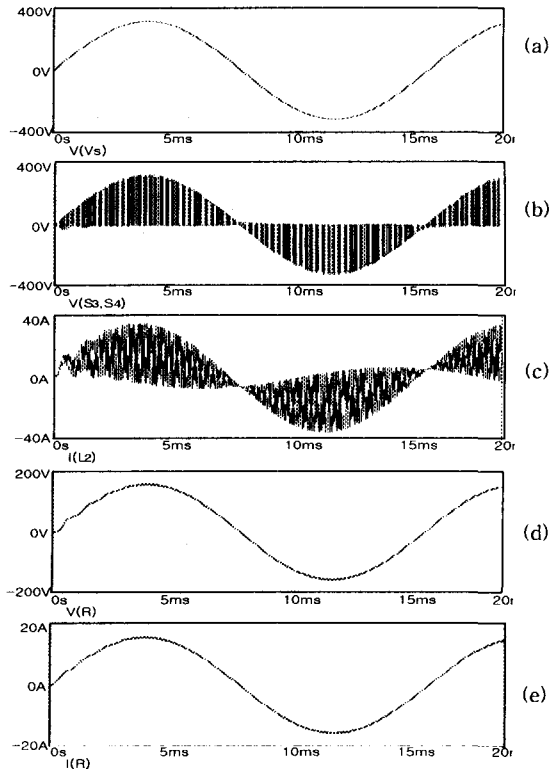


그림 3. Voltage and current waveforms obtained from the simulation of the converter operating at 50% duty ratio

- (a) Input voltage
- (b) Input voltage into output filter
- (c) Inductor current
- (d) Output voltage
- (e) Output current

그림 3은 입력전압이 220V일 때 D는 0.5인 경우 컨버터 각부의 파형을 나타낸다.

컨버터의 동작은 연속적으로 변화하는 변환비율을 가지는 기존의 탭 변환 변환기와 기능적으로 동일하다. 본 논문에서 제안된 컨버터는 D를 변화시켜 출력전압을 조절할 수 있다. 또한 전압 저하나 부하변동, 그리고 다른 비정상적인 상태에서 전압을 정밀하게 조절하고 이로써 전력의 품질을 향상시킨다. 그리고 본 논문에서의 컨버터는 전력의 품질을 높이기 위해 전압과 전류 스트레스를 견딜 수 있도록 컨버터 요소들을 적당하게 디자인 해야한다. 예를 들면, 컨버터에 20%의 전압 서지가 발생했을 때 출력전압을 조절해야 한다면 컨버터의 스위치나 입, 출력 필터는 20%의 추가 전압 스트레스를 견딜 수 있어야 한다. 이러한 전압서지나 다른 비정상적인 상태

는 컨버터의 스위치나 필터요소에 직접적인 영향을 미치므로 예상되는 전압서지를 고려하여 스위치나 필터요소의 정격값들을 정해야 한다. 따라서 큰 전압제어를 하기 위해서는 보다 큰 용량의 컨버터를 사용해야 한다.

표 1은 컨버터 시뮬레이션에 사용된 각 구성 요소의 심벌과 그 값들이다.

표 1

심 별	항 목	값
Vs(rms)	Input voltage	220V
f	Supply frequency	60Hz
fs	Switching frequency	10KHz
L1	Input filter inductor	200uH
C1	Input filter capacitor	100uF
L2	Output filter inductor	200uH
C2	Output filter capacitor	100uF
Cs	Snubber capacitor	10nF
Rs	Snubber resistor	25Ω
R	Load resistor	10Ω
D	Duty ratio	0.5

III. 컨버터 시뮬레이션

컨버터의 동작특성을 증명하기 위해 PSPICE 프로그램을 사용하여 컨버터의 동작 시뮬레이션을 하였다. 입력전원은 220V, 60Hz를 사용하였고 부하로는 10 Ω의 저항부하를 사용한다.(이는 부하전력 4.84Kw에 해당한다) 스위칭 주파수는 10KHz이고 통류율(D)은 0.5로 하였다. 그림 4와 그림 5의 시뮬레이션은 시스템의 상태가 개루프, 통류율(D)은 고정시킨 상태에서 입력전압을 저하시켰을 경우와 부하를 증가시켰을 경우의 정상상태에서의 시스템 응답을 나타낸다. 실제 수용가 전원 응용은 시스템에 여러 장애요인 발생시에 미리 세트한 값으로 전압을 조절하기 위해 페루프제어를 한다.

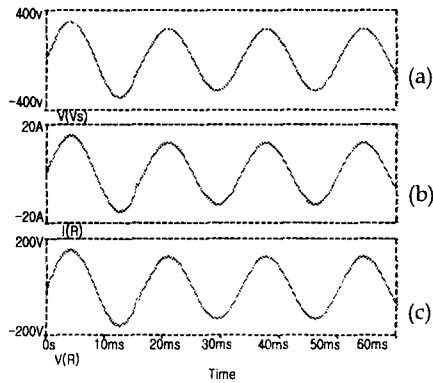


그림 4. Waveforms response to input voltage sags with duty ratio fixed

- (a) Input voltage
- (b) load current
- (c) Output voltage

그림 4는 15ms에서 입력전압을 220V에서 180V로 저하된 경우 부하전류와 출력전압의 파형을 나타낸다. 전압이 저하된 지점에서 약 0.7ms동안 출력전압과 부하전류는 각각 41V, 4.16A의 맥동이 발생한다. 이 맥동은 PI제어기를 이용한 Feedback제어로 보상이 가능하다.[4]

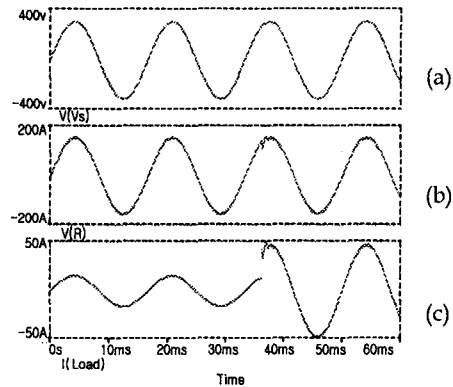
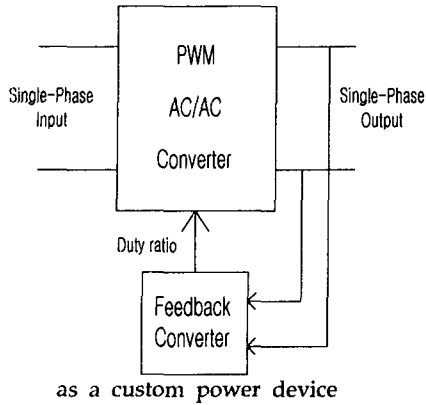


그림 5. Waveforms response to increase load with duty ratio fixed

- (a) Input voltage
- (b) Output voltage
- (c) Load current

그림 5는 36.25ms의 지점에서 부하전력이 4.84kw에서 14.52kw로 변화할 때의 출력전압과 전류의 파형을 보여주고 있다. 부하전력이 변화할 경우에 출력전압이 일정하나 부하전력이 변화한 지점에서 출력전압과 부하전류가 각각 0.445ms동안 51.36V, 34.67A의 맥동을 보인다. 이러한 진동도 Feedback제어를 하여 보상할 수 있다. 그림 1에서 그림 5의 시뮬레이션에서 시스템에 아무 장애요인이 없을 때에는 통류율(D)을 제어하여 출력전압을 원하는 값으로 할 수 있었다. 그러나 입력전압의 저하나 기타 장애요인이 발생했을 때 출력전압이 순간적으로 맥동하는 것을 볼 수 있었다. 이러한 맥동전압은 그림 6의 시스템 컨트롤 회로인 Feedback회로를 이용하여 이러한 맥동을 보상할 수 있다.

그림 6. Schematic of a ac-ac power converter



[4] Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, "Modern Control System", 1998

IV. 결론

단상 Buck ac-ac 컨버터가 수용가 전원응용을 위하여 제안되었다. 제안된 시스템의 특성은 다음과 같다.

- . 표준 스위칭 모델의 사용
- . 간단한 제어기술
- . PWM Technology에 기반을 둠
- . 작은 필터요소의 사이즈
- . 저 고조파를 위한 디자인
- . 폭넓은 제어범위

본 논문에서 컨버터의 동작은 PSPICE 시뮬레이션을 사용하여 증명하였다. 이 컨버터를 송배전 시스템에서 사용하기 위해서는 큰 전압과 전류의 정격을 가지는 게이트 턴 오프 스위치가 필요하다. 전압저하나 부하변동이 발생했을 경우에 PI제어기를 사용한 Feedback제어 회로를 꾸며 출력전압을 일정하게 유지시킬 수 있는 연구가 진행중이며 후에 발표될 것이다.

참고문헌

- [1] N. G Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities: Role of Power Electronics in Future Power Systems", Proceedings of IEEE, April 1998
- [2] 최 평, 조용범, 목형수, 백동철, 이승환, "ver 9 .xx PSpice 기초와 활용", 복두출판사, 1993.
- [3] IEEE Standard 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, New York, IEEE, 1993.