

간단한 듀티비 제어기법에 의한 3상 Quasi Z-소스 AC/AC 전력 변환기

엄준현*, 정영국**
지에프텍(주)*, 세한대학교**

Three Phase Quasi Z-source AC/AC Power Converter Using a Simple Duty Cycle Control Scheme

Jun-Hyun Eom*, Young-Gook Jung**
GF TEK Co. Ltd.*, Sehan University**

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 Quasi Z-소스 AC/AC 전력변환기를 제안한다. 제안된 전력변환기는 3대의 단상 Quasi Z-소스 AC/AC 컨버터로 구성되어 있으며, 간단한 듀티 비 제어만으로도 동상 및 역상의 백-부스트 출력 전압의 발생이 가능하다. 제안된 방식은 PSIM 시뮬레이션을 통하여 타당성을 확인하였다.

1. 서 론

전력 품질에 민감한 3상 부하 장치들이 증가하면서 일정 주파수 전력 계통에 설치되어 동작되는 순간 전압 보상기, 전자 변압기와 같은 3상 AC-AC 전력변환장치에 대한 관심이 높아지고 있다. Z-소스 AC-AC 컨버터[1]는 최근에 연구된 AC-AC 전력변환장치로서 구조와 제어 방법이 간단하며 입력 전압을 동상으로 승압한 출력 전압과 역상으로 승 강압한 출력 전압을 발생시킬 수 있다. 그러나 이 컨버터는 불연속 전류 모드(DCM)로 동작하므로 연속전류 모드(CCM)보다는 소자의 스트레스가 크며, 과형에 있어서도 불리하다. 이 문제점은 Quasi Z-소스 AC-AC 컨버터[2]에 의하여 쉽게 해결 가능하다. 그러나 이상의 Z-소스 컨버터는 전원 전압과 동상이며 강압된 출력 전압 발생은 불가능하다는 단점이 지적되어 왔다.

본 논문에서는 간단한 듀티비 제어기법만으로도 입력 전압에 대한 출력 전압을 역상 또는 동상으로 모두 승 강압이 가능한 3상 Quasi Z-소스 AC-AC 전력변환기를 제시한다. 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위하여 PSIM 시뮬레이션을 수행하고자 한다.

2. 3상 Quasi Z-소스 AC/AC 전력 변환기

그림 1은 제안된 시스템의 간단한 듀티 비 제어기법으로서, 한 주기T에서 sw1,3,5가 Ds1T만큼 온 되면 sw2,4,6은 (1-Ds1)T 만큼 온 되고, sw1,3,5가 (1-Ds1)T만큼 오프 되면 sw2,4,6은 Ds1T 만큼 오프 되는 교차적 제어를 시행한다.

그림 2는 단상 Quasi Z-소스 AC/AC 컨버터 3대를 이용하여 3상 교류전압을 제어하는 3상 AC/AC 전력변환기를 나타내고 있다. 각 상마다 직렬 연결된 Quasi Z-소스 AC/AC 컨버터는 $R_s - C_s$ 스너버를 병렬 연결한 전력용 스위치와 스위치의 온,

오프 상태에 따라 보상에너지의 저장과 방출이 이루어지는 Quasi Z-소스 네트워크 그리고 출력 Lf-Cf필터로 구성되어 있다.

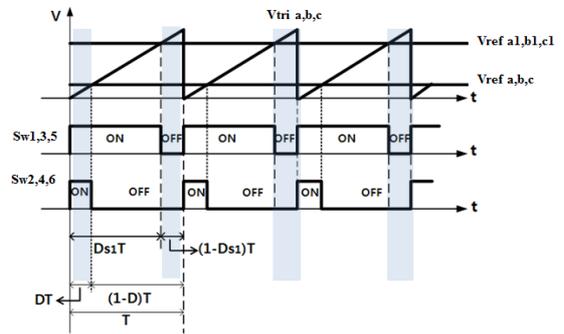


Fig. 1 The proposed PWM duty ratio control

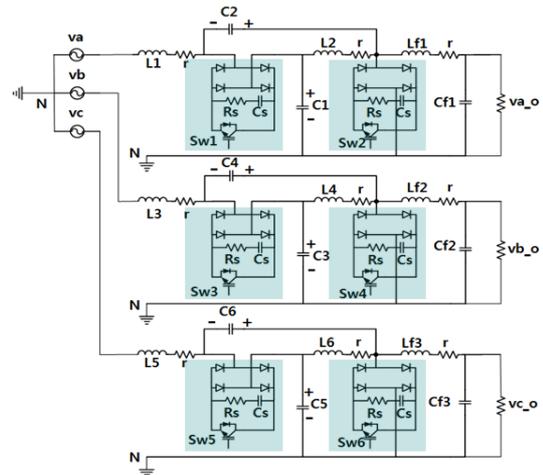


Fig. 2 Three phase Quasi Z source AC/AC power converter

a상에 대한 커패시터의 전압이득 $K_{c1,c2,cf}$ 은 다음 식으로 표현된다.

$$K_{c1} = \frac{V_{c1}}{V_a} = \frac{1-D}{1-2D} \quad (1)$$

$$K_{c2} = \frac{V_{c2}}{V_a} = \frac{D}{1-2D} \quad (2)$$

$$K_{cf1} = \frac{V_{cf1}}{V_a} = \frac{1-D}{1-2D} \quad (3)$$

여기서 V_a 는 a상의 전압이고 D는 듀티비 그리고 K_{c1}, K_{c2} , K_{cf1} 는 a상의 커패시터 C_1, C_2, C_{f1} 의 전압이득을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

본 논문에서 제안된 듀티비 제어로 3상 Quasi Z 소스 AC/AC 전력변환기의 출력전압 특성을 파악하기 위하여 PSIM시뮬레이션을 수행하였다. 표 1은 시뮬레이션 파라미터를 나타낸다.

Table 1. Simulation parameters

Item	Value	
AC input voltage	90[Vpeak]/60[Hz]	
Z-source network	L1 ~ L6	1[mH]
	C1 ~ C6	10[μF]
L-C filter	Lf1=Lf2=Lf3	2[mH]
	Cf1=Cf2=Cf3	10[μF]
Inductor resistance r	0.3[Ω]	
fsw	20[kHz]	
R-C snubber	Rs	0.1[Ω]
	Cs	0.01[μF]
AC load Ra=Rb=Rc	100[Ω]	

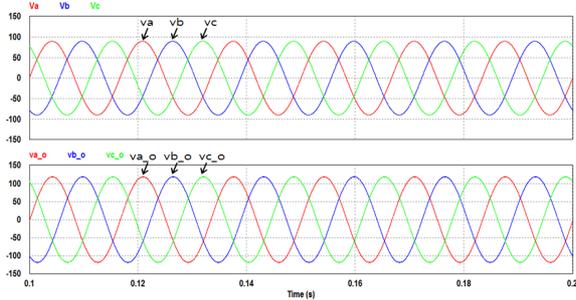


Fig. 3 Input (Vabc) and output(Vabc_o) voltages of the in-phase boost mode (D=0.2)

그림 3은 동상의 승압 모드 출력 특성으로 각상의 Quasi Z-소스 AC-AC컨버터의 듀티비가 D=0.2인 경우의 입/출력 전압 시뮬레이션 결과이고, 그림 4는 동상의 강압 모드 출력 특성으로서 듀티비가 $D_{s1}=0.8, D=0.2$ 인 경우의 입/출력 전압 시뮬레이션 결과를 보인다.

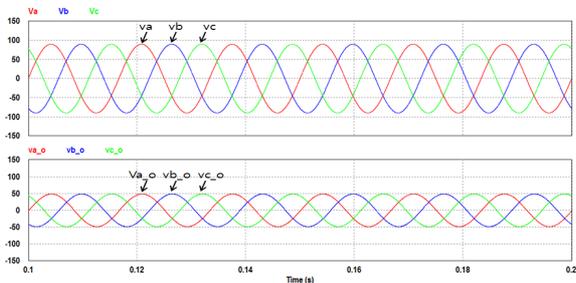


Fig. 4 Input (Vabc) and output(Vabc_o) voltages of the in-phase buck mode($D_{s1}=0.8, D=0.2$)

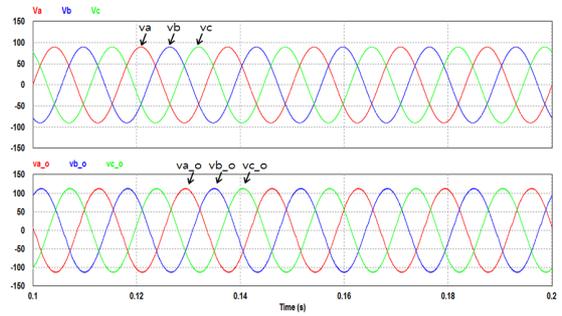


Fig. 5 Input (Vabc) and output(Vabc_o) voltages under the out of phase boost mode(D=0.64)

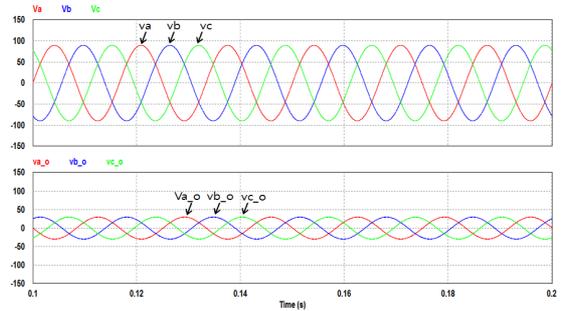


Fig. 6 Input (Vabc) and output(Vabc_o) voltages under the out of phase buck mode(D=0.85)

그림 5는 역상의 승압 모드로서 듀티비가 D=0.64인 경우의 입/출력 전압파형이고, 그림 6은 역상의 강압 모드 출력 특성으로서 듀티비가 D=0.85인 경우의 입/출력 전압 결과를 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 단상 Quasi Z-소스 AC-AC 컨버터 3대를 서로 연결한 3상 AC/AC전력변환기의 출력전압 특성을 고찰하였다. 제안된 시스템은 간단한 듀티 비 제어만으로도 동상 및 역상의 승 강압 출력 전압 발생이 가능하였다. 제안된 시스템은 3상 불평형 및 Sag-Swell전압 보상기와 반도체 변압기 시스템 등 일정 주파수 가변 전압제어가 가능한 모든 전력전자변환시스템에 적용가능하리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] Y. Tang, S. Xie and C. Zhang, "Z-source AC-AC converters solving commutation problem", *IEEE Trans. Power Electron., Letters*, Vol. 22, No. 6, pp. 2146-2154, 2007.
- [2] Minh-Khai Nguyen, Young-Gook Jung, Young-Cheol Lim, "Single-phase AC-AC converter based on quasi-Z-source topology", *IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 25, No. 8, pp. 2200-2210, 2010.