Z-소스 DC-DC 컨버터에 의한 단상 부스트 DC-AC 인버터 시스템

김세진*, 정영국**, 임영철*
*전남대학교 전기공학과, **대불대학교 융합기술학부

Single-Phase Boost DC-AC Inverter System by Z-Source DC-DC Converters

S.J. Kim*, Y.G. Jung**, and Y.C. Lim*
Chonnam National University*, Daebul University**

ABSTRACT

본 논문에서는 양방향성 Z-소스 DC-DC 컨버터 2대를 이용한 단상 Z-소스 부스트 인버터를 설계하고 분석하였다. 두 대의 컨버터를 이용한 인버터 시스템은 종전의 PWM 인버터 시스템과 달리 두 컨버터에서 출력되는 두 교류 출력을 이용한 것으로 전체 시스템의 교류 출력전압에 포함된 고조파가 낮다. 또한, 컨버터 내부를 구성하는 L-C로 인해 추가적인 출력필터 설계가 불필요 하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 종전의 부스트 컨버터 또는 벅-부스트 컨버터 방식이 아닌 두 대의 Z-소스 DC-DC 컨버터를 입력 DC전원과 출력 부하를 공통으로 하는 단상 인버터 시스템을 구성하고, 교류 출력파형 및 제어 방법과 동작특성을 분석하였다.

1. 서론

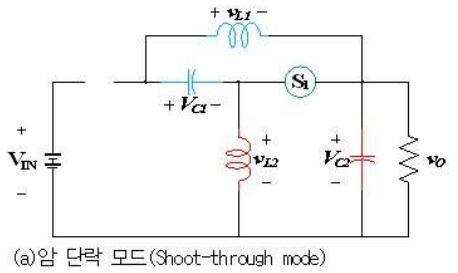
종전의 DC-DC 전력변환기는 대부분 PWM 인버터가 사용되어 왔으나 보다 높은 교류 출력전압을 얻기 위해 입력 측에 부스트 장치를 추가로 구성해야한다. 또한, 출력 측에 고조파 제거를 위한 L-C를 구성해야 하는 단점을 가지고 있다.

위와 같은 단점을 보완 하기위해 2대의 양방향성 DC-DC 컨버터를 이용한 DC-AC 인버터가 제안되었다.[1] 컨버터를 이용한 DC-AC 인버터 시스템은 각 컨버터의 교류 출력을 이용해 전체 시스템의 교류 출력전압을 얻을 수 있으며 이렇게 얻어진 교류 출력전압은 고조파 함유율이 매우 낮다. 따라서 추가적인 출력 필터 회로의 설계가 필요 없고 입력 측의 부스트 장치가 불필요하게 되는 장점을 갖는다. 본 논문에서는 종전에 제안된 부스트 컨버터 또는 벅-부스트 컨버터를 이용하는 종전의 방식 대신 Z-소스 DC-DC 컨버터[2]를 이용한 단상 부스트 DC-AC 인버터를 구성하고 PSIM 시뮬레이션을 이용해 타당성을 입증하였다.

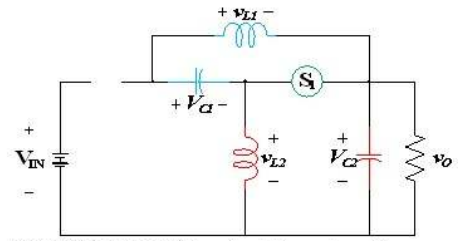
2. 단상 Z-소스 DC-AC 인버터

2.1 Z-소스 DC-DC 컨버터

Z-소스 DC-DC 컨버터는 8가지 형태로 제안되었으며 본 논문에서 소개하는 형태는 Z-소스 임피던스를 기본으로 구성된 형태를 이용해 구성하였다. Z-소스 DC-DC 컨버터의 두 가지 동작 모드를 그림 1에 나타내었으며 그림 1(a)는 암 단락 모드 그림 1(b)는 비 암 단락모드를 나타낸다



(a)암 단락 모드(Shoot-through mode)



(b)비 암 단락 모드(Non-shoot-through mode)

그림 1 Z-소스 DC-DC 컨버터 동작 모드
Fig. 1 Operation mode of Z-Source DC-DC Converter

$$V_o = \frac{1-D}{1-2D} V_{IN} \quad (1)$$

2.2 슬라이딩 모드 제어

두 대의 Z-소스 컨버터가 동일한 입력전원과 교류부하를 가지는 Z-소스 DC-DC 인버터를 제어하기 위해 슬라이딩 모드 제어를 사용 하였다.[2]

상태변수는 컨버터의 커패시터 인가전압(v_C)과 인덕터에 흐르는 전류(i_L)로 정의 하였다. 또한 상태 표면($e(x)$)은 지령전압(v_{ref}) 및 지령전류(i_{ref})와 실제 검출된 전압(v_c), 전류(i_L)의 오차를 이용하여 (2)와 같이 정의하였다.

$$e(x) = K_1(i_L - i_{ref}) + K_2(v_C - v_{ref}) \quad (2)$$

2.3 제안된 Z-소스 DC-AC 인버터

그림 2로 제안된 Z-소스 DC-AC 인버터의 입력전압과 출력전압의 관계는 (3)과 같이 나타 낼 수 있다.

$$V_o = \frac{V_{IN}(D_1 - D_2)}{(1-2D_1)(1-2D_2)} \quad (3)$$

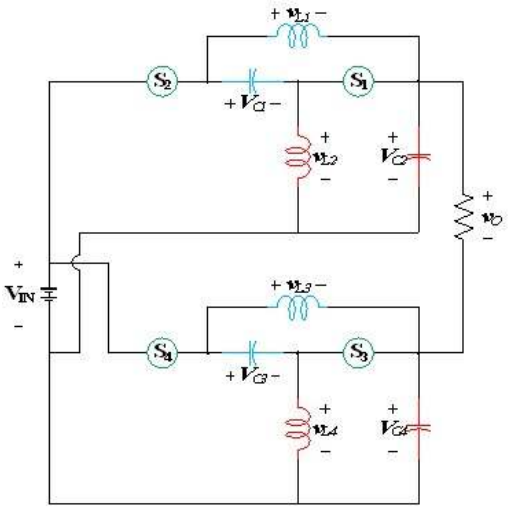


그림 2 제안된 Z-소스 DC-AC 인버터
Fig. 2 The proposed Z-Source DC-AC Inverter

(3)의 D_1과 D_2는 Z-소스 DC-AC 인버터를 구성하는 각 칸 버터의 암 단락 비이며 종전의 부스트 컨버터 및 벅-부스트 컨버터 종류와는 다른 관계를 가진다.

3. 시뮬레이션 결과

PSIM 시뮬레이션을 위한 파라미터를 표 1에 나타내었으며 인버터의 출력전압은 156.0V(110Vrms)으로 설정 하였다.

표 1 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Simulation parameter

V_{IN}	100.0V	V_{OP}	156.0V
Inductor	800.0uH	*Capacitor*	40.0uF
ac-Load	40	f_{s-max}	30KHz
D_{max}	0.390	D_{min}	0.153

PSIM 시뮬레이션을 위한 파라미터를 표 1에 나타내었으며 인버터의 출력전압은 156.0V(110Vrms)으로 설정 하였다.

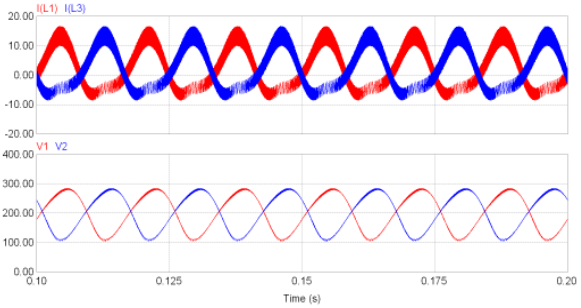


그림 3 각 컨버터의 인덕터 전류(L1,L3)및 커패시터 전압(Vc2,Vc4)
Fig. 3 Inductor currents and capacitor voltages of each converters

그림 3은 각 컨버터의 인덕터에 흐르는 전류와 각 커패시터에 인가되는 전압을 나타 내었다. 그림 4는 출력전압 및 출력전류의 파형으로 그림 3의 각 커패시터 인가전압이 고조파로 인한 왜곡된 형태이지만 전체 시스템의 출력은 고조파 함유율이 매우 낮은 60Hz의 교류출력을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

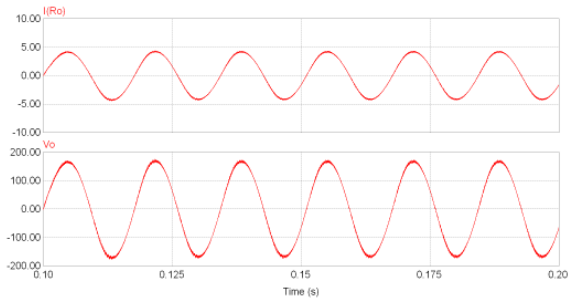


그림 4 출력전류(위) 및 출력전압(아래) (60Hz)
Fig. 4 Output current(Top) and voltage(Bottom)(60Hz)

4. 결론

본 논문에서는 직류-직류 컨버터와 PWM인버터로 구성되는 종전의 2단 인버터 시스템을 교체할 수 있는 단상 Z-소스 직류-교류 인버터를 소개하고 그 동작 및 특성을 PSIM을 이용하여 분석하였다. 소개된 인버터는 2대의 직류-직류 컨버터만으로 1단 구조의 인버터의 기능을 대신하며 입력 직류전압에 대한 출력교류 전압의 한계가 없이 비교적 넓은 범위의 교류 출력전압을 만들 수 있다. 끝으로 신재생 에너지 분야 및 계통연계 시스템으로 그 활용 범위가 넓을 것으로 기대된다.

본 논문은 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단) 및 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.(No.2007-P-EP-HM-E-09-0000)

참 고 문 헌

[1] C!aceres, R.O., and Barbi, I. "A boost DC-C converter: analysis,design and experimentation", IEEE Trans. Power Electron., vol.14, no.1, pp. 134-141, 1999.

[2] Dong Cao ; Peng, F.Z, "A Family of Z-source and Quasi-Z-source DC-DC Converters", in Proc. IEEE APEC 2009. Twenty-Fourth Annual , pp. 1097 - 1101.