

3상 Z-소스 인버터를 위한 새로운 전압 제어방법

김세진*, 정영국**, 임영철*

*전남대학교 전기공학과, **대불대학교 융합기술학부

A New Voltage Control method for a Three-Phase Z-Source Inverter

S.J. Kim*, Y.G. Jung**, and Y.C. Lim*

Chonnam National University*, Daebul University**

ABSTRACT

본 논문에서는 전압형 3상 Z-소스 인버터의 전압 안정화를 위한 새로운 제어방법을 제안하였다. 제안된 방법은 전압형 3상 Z-소스 인버터의 입력전압과 Z-임피던스 망의 커패시터 인가전압을 검출하여 제어하는 방식이다. 검출된 두 전압을 이용해 동작중인 시스템의 전압이득 및 변조지수를 유도하였다. 제안된 방법은 전압 안정화를 위한 전압이득 및 변조지수와 비교연산을 통해 출력전압을 안정화 시키는 방법으로 PISM을 이용하여 출력 교류 파형 및 제어방법을 분석하였다.

1. 서론

Z-소스 인버터는 입력 측의 Z-임피던스 망을 이용 출력 전압의 승압이 가능한 구조로서 직류 승압용 전력변환장치 및 제어방법 등이 추가로 요구되지 않는다. 또한 Z-소스 인버터의 승압 원리는 인버터의 동일 암에 위치한 두 스위치를 동시에 동작시켜 단락 시키는 방법으로 데드시간이 고려되지 않는다. 이러한 장점으로 종전의 전력변화 시스템 구성에 비해 높은 효율이나 간단한 구성의 전력변환장치가 가능하다.^[1]

본 연구에서는 DQ변환을 이용한 출력전압 검출, PID제어를 이용한 boost 및 스위칭 인가시간 결정 등의 방법으로 ZSI의 출력전압을 안정화 시키는 종전의 방식^[2]을 대체할 수 있는 새로운 제어 방법을 제시하였다. 먼저 ZSI의 전압이득을 이용해 변조지수를 직접 계산하고 이를 이용하여 출력전압을 간단하게 제어할 수 있는 알고리즘을 제시하였다.

제안한 방법은 출력전압 안정화를 위한 변조지수의 정확한 값을 매우 빠르게 결정하는 방법으로 계산된 변조지수를 이용하여 제어되는 공간벡터 변조방식(SVM)을 함께 제안하였으며, PSIM 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 입증하였다

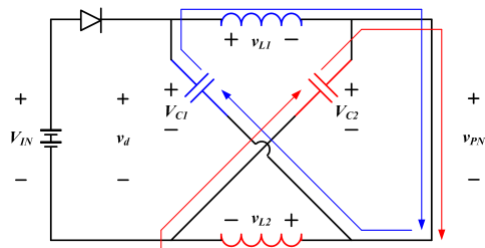
2. 제안된 3상 Z-소스 인버터 시스템

2.1 Z-소스 직류-교류 인버터

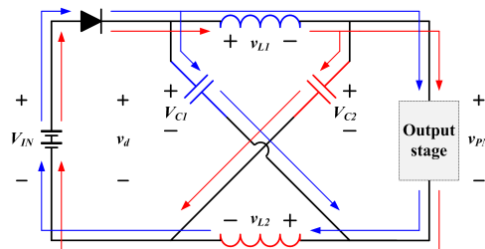
Z-소스 직류-교류 인버터의 Z-임피던스 망의 인덕터 및 커패시터는 동일한 정격으로 구성되며, 두 가지의 동작모드를 가진다. 첫 번째로 인버터의 동일 암에 단락되는 shoot-through (암 단락)모드는 그림 1(a)와 같은 루프를 형성하며 인버터의 암이 단락되어 출력 측에 전달되는 전압은 0이다. 또한 각 인버터와 커패시터는 병렬구성이 되며 임피던스 망의 높은 전압

으로 인해 입력 측의 다이오드는 차단 상태가 된다. 이것을 (1)에 나타내었다.

$$v_L = V_C \quad v_d = 2V_C \quad v_{PN} = 0 \quad (1)$$



(a) Shoot through mode



(b) Non-shoot through mode

그림 1 Z-소스 직류-교류 인버터 동작모드
Fig. 1 Operation mode of Z-Source DC-AC Inverter

두 번째 동작모드는 그림 1(b)와 같은 루프를 형성하며 종전의 전압형 인버터와 동일하게 동작되는 모드로 출력 측에 전달되는 전압이 존재하는 Non-shoot-through모드이다. 입력 측의 다이오드는 임피던스 망의 전압이 입력 전압과 유사해짐에 따라 도통되는 상태로 존재하며 이상의 관계를 (2)에 나타내었다.

$$v_L = V_{IN} - V_C \quad v_d = V_{IN} \quad v_{PN} = 2V_C - V_{IN} \quad (2)$$

또한, 인덕터에 인가되는 평균전압을 이용하여 커패시터에 인가되는 전압 및 전압이득과 입력전압과의 관계를 알 수 있으며 그 관계를 (3)에 나타내었다.^[1]

$$V_L = \frac{1}{v_L} = \frac{T_D V_C + T_R (V_{IN} - V_C)}{T_S} = 0$$

$$V_C = G V_{IN} \quad (3)$$

2.2 변조지수를 이용한 전압안정화 방법

Z-소스 인버터의 암 단락 지수 D, 변조지수 M, 전압이득 G 은 (4)와 같은 관계를 갖는다.

$$M + D = 1, \quad G = \frac{1 - D}{1 - 2D} \quad (4)$$

위의 두 가지 정의를 이용하여 전압이득으로 변조지수를 유도 할 수 있으며 이것을 (5)에 나타내었다.^[3]

$$M = \frac{G}{2G - 1} \quad (5)$$

위의 과정들을 이용하여 동작중인 인버터의 전압이득을 검출하고 전압 안정화를 위한 기준 전압이득을 결정할 수 있으므로 두 값의 비교를 통해 출력 전압을 안정화 시킬 수 있다.

3. 결과 및 고찰

PSIM 시뮬레이션을 이용하여 입력전압 변동(그림 2) 및 부하변동(그림 3)이 발생했을 경우, Z-임피던스 망을 구성하는 커패시터 인가전압과 60Hz 주파수를 갖는 출력전압을 나타내었다.

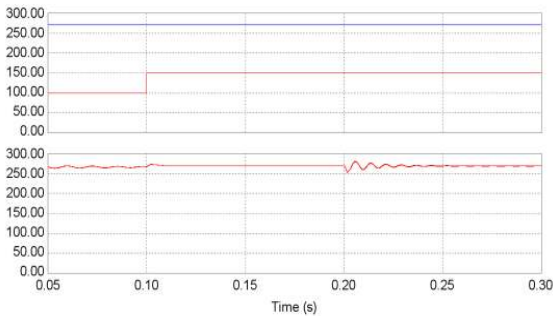


그림 2 입력전압 변동(위) 및 커패시터 전압(아래)
Fig. 2 Input voltage (top) and capacitor voltage(bottom)

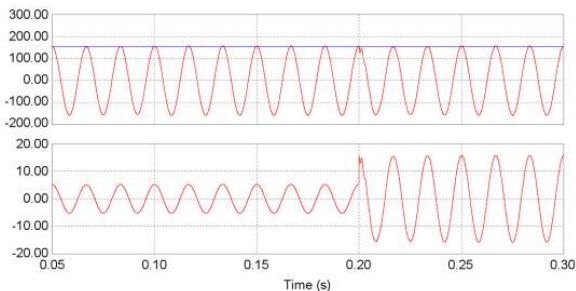


그림 3 출력전압(위) 및 출력전류(아래)
Fig. 3 Output voltage(top) and current(bottom)

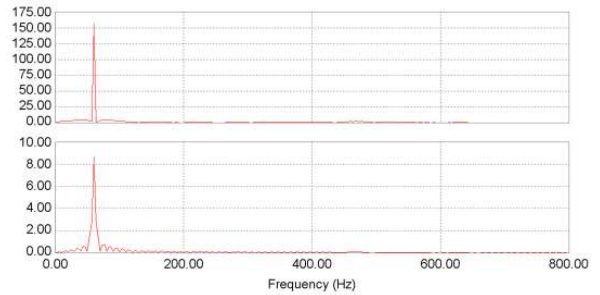


그림 4 출력전압 및 출력전류의 FFT분석결과
Fig.4 FFT analysis result of output voltage and current

먼저 그림 2를 보면 0.10초에서 입력전압은 100.0V에서 150.0V로 변화되었더라도 커패시터 전압은 270V를 유지하고 있다. 또한 그림 3과 같이 0.2초에서 부하가 30.0 ohm에서 10.0 ohm으로 급변하는 경우라도 출력전압은 156Vpeak를 유지함을 알 수 있다.

그림 4에 출력전압과 출력전류의 FFT분석결과를 나타내었다. 전압과 전류의 고조파 함유율은 각각 1.74%와 1.45%로 낮은 고조파 함유율을 가지는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서 제안한 3상 ZSI의 출력전압 안정화를 위한 변조지수 제어 알고리즘을 제시하였다. 제안된 방법은 기준 변조지수와 실제 변조지수의 간단한 연산을 통해 추종하는 간단한 방법이다. 즉 출력전압의 DQ변환이나 PI제어 등을 사용하지 않고 두 변조지수를 비교하는 과정 안에서 변조지수의 최적화된 추종범위가 결정되므로 적정 변조지수로의 추종이 빠르다. 타당성 검증을 위한 PSIM 시뮬레이션을 하였으며, 입력전압 변동과 부하의 급변에서도 출력전압의 강인성을 확인할 수 있었다.

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

참고 문헌

- [1] Fang. Z. Peng, "Z-source inverter" in Proc. of IEEE IAS 2002, pp.775 - 781.
- [2] Y. Shuitao, et al., "Unified control technique for Z-source inverter," in *Proceeding of 2008 IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp.3236-42, 2008
- [3] Fang. Z. Peng, Miaosen Shen, and Zhaoming Qian, "Maximum boost control of the Z-source inverter," in Conf. Rec of IEEE PESC (Aachen), 2004, pp. 255-260.