

내장형 스위치드 커패시터 Quasi-Z-소스 인버터

이재원, 현지석*, 전태원*, 이흥희*, 김흥근**
 울산대학교*, 경북대학교**

Embedded switched-capacitor quasi-Z-source inverter topology

J.W.Lee, J.S.Hyun*, T.W.Chun*, H.H.Lee*, H.G.Kim**
 Ulsan University*, Kyungpook University**

ABSTRACT

This paper proposes an active switched capacitor embedded quasi Z source inverter (ASC EqZSI) topology. In order to improve boost ability, One diode and one switch device are added in the qZSI impedance network, and a single dc source is shifted in series with the inductor in the impedance network. The performances of the proposed topology are verified with simulation and experimental results.

1. 서론

기존의 인버터는 교류 출력 전압이 직류 입력 전압보다 낮아 입력 전압을 승압하는 회로가 필요하다. 이러한 단점을 극복하기 위해, 압단락 상태를 적용한 Quasi Z 소스 인버터 (qZSI)를 도입하였다^[1]. qZSI는 입력 전류가 연속적이고, 커패시터의 전압 스트레스가 낮기 때문에 태양광 발전 시스템에 적용할 수 있다^{[2] [3]}. 그러나 qZSI의 현실적인 전압 부스트율이 제한되어 있기 때문에 높은 전압 이득을 필요로 하는 응용분야에 적용하기 어렵다.

전력 변환기의 크기와 비용절감을 위해 Active Switched Capacitor qZSI(ASC qZSI)가 제시되었다^[4]. 이 방법은 임피던스 네트워크의 추가 구성 요소 없이 높은 부스트율을 제공할 수 있다.

본 논문에서 임베디드 기술은 ASC qZSI에 적용된다^[5]. Active Switched Capacitor Embedded qZSI (ASC EqZSI)로 명명된 스위치드 커패시터 구조를 기반으로 한 내장형 Quasi Z 소스 인버터를 제시한다. ASC EqZSI에서 DC 전원은 ASC qZSI 임피던스 네트워크내로 이동시킨 구조를 가지고 있다. 이로 인해 추가 구성요소 없이 임베디드 기술을 이용하여 부스트율을 올릴 수 있다. PSIM을 이용한 시뮬레이션과 DSP를 사용한 실험을 통해 제안된 방법의 타당성을 검증한다.

2. 제안하는 ASC-EqZSI

제안하는 ASC EqZSI는 q소스 임피던스 네트워크 내에 한 개의 다이오드와 스위칭 소자가 추가 되어있고, 직류전원이 임피던스 네트워크 내에 인덕터와 직렬로 내장되어 있는 구조를 가지고 있다. 그림 1은 제안하는 ASC EqZSI의 등가회로이다.

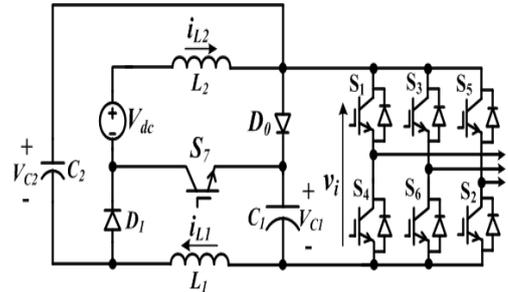


그림 1. ASC EqZSI의 등가회로
 Fig. 1 Equivalent circuits of ASC EqZSI

제안하는 ASC EqZSI의 동작모드는 압단락 모드, 활성 모드 2개의 모드로 구성된다. 이 절에서는 각 모드별 등가회로를 해석하고 두 커패시터 전압과 인덕터 전류식을 유도한다.

2.1 압단락 상태 모드

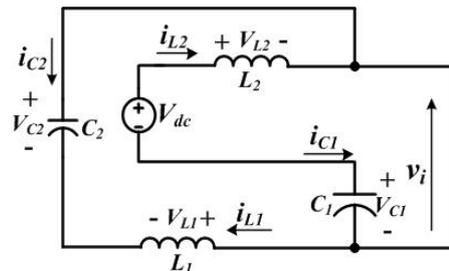


그림 2. 압단락 상태모드에서의 등가회로
 Fig. 2 Equivalent circuits for shoot through state

그림 2은 압단락 상태모드에서의 ASC EqZSI 등가회로이다. 이때 임피던스 네트워크 내의 스위치 소자 S_7 이 오프가 되고, 두 개의 다이오드 D_0, D_1 가 도통된다. 인버터의 스위치가 압단락되어 $V_i = 0$ 이 된다. 인덕터 L_1 은 커패시터 C_2 으로부터 에너지를 저장을 하고, 인덕터 L_2 는 커패시터 C_1 와 직류 입력전압으로부터 에너지를 저장을 한다. 이 모드에서는 두 개의 커패시터 C_1, C_2 는 방전이 되고, 이때 커패시터 C_1, C_2 의 전압식과 인덕터 L_1, L_2 의 전류식은 다음과 같이 유도된다.

$$V_{L1} = V_{L2}, v_{L2} = V_{C1} + V_{dc} \quad (1)$$

$$V_i = 0 \quad (2)$$

$$i_{C1} = -i_{L2}, i_{C2} = -i_{L1} \quad (3)$$

2.2 활성 상태 모드

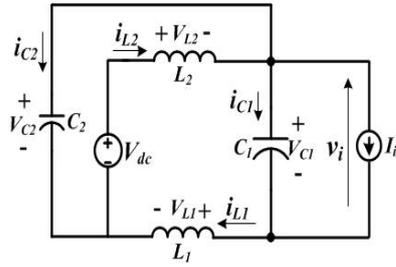


그림 3. 활성상태모드에서의 등가회로
Fig. 3 Equivalent circuits for non shoot through state

그림 3은 활성 상태모드에서의 ASC EqZSI 등가회로이다. 이때 임피던스 네트워크 내의 스위치 소자 S_7 은 도통이 되고, 두 개의 다이오드 D_0, D_1 는 오프가 된다. 이 상태모드에서는 두 개의 인덕터 L_1, L_2 에 저장된 에너지와 직류입력전압이 부하로 전달이 된다. 두 개의 커패시터 C_1, C_2 는 충전을 하고, 이때 커패시터 C_1, C_2 의 전압식과 인덕터 L_1, L_2 의 전류식은 다음과 같이 유도 된다.

$$V_{L1} = V_{C2} - V_{C1}, v_{L2} = V_{dc} - V_{C2} \quad (4)$$

$$V_i = V_{C1} \quad (5)$$

$$i_{C1} = i_{L1} - I_i, i_{C2} = i_{L2} - i_{L1} \quad (6)$$

식(1), (4)로부터 한주기 동안의 평균 인덕터 전압이 0이기 때문에 두 커패시터 전압은 다음과 같이 유도된다.

$$V_{C1} = \frac{1}{1-3D+D^2} V_{dc} \quad (7)$$

$$V_{C2} = \frac{1-D}{1-3D+D^2} V_{dc} \quad (8)$$

식(5)로부터 커패시터 전압 V_{C1} 는 최대 DC링크전압과 같기 때문에 부스트 팩터는 다음과 같이 유도된다.

$$B = \frac{\hat{v}}{V_{dc}} = \frac{1}{1-3D+D^2} \quad (9)$$

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

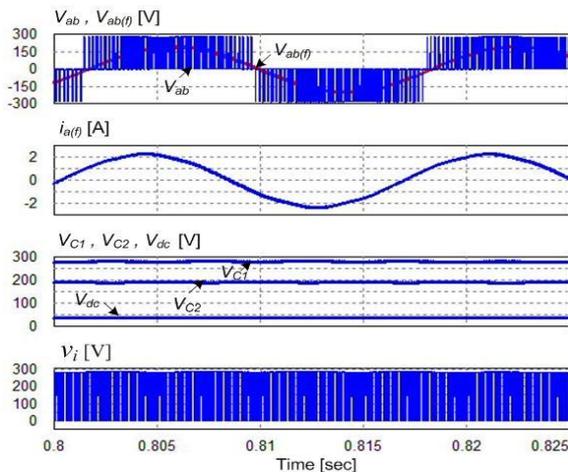


그림 4. $M=0.785, D=0.32$ 일 때 ASC EqZSI의 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation results of ASC EqZSI when $M=0.785, D=0.32$

시뮬레이션은 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 파라미터로 직류입력전압은 40V, 인버터 스위칭 주

파수는 5kHz, 부하저항 50Ω로 설정하였다. 회로 파라미터로 임피던스 네트워크 : $C_f=C_2=1000\mu\text{F}$; $L_f=L_2=1\text{mH}$, LC필터: $L_f=0.6\text{mH}$, $C_f=100\mu\text{F}$ 로 설정하였다.

그림 4은 $M=0.785, D=0.32$ 일때의 시뮬레이션 결과이다. 두 개의 커패시터 전압은 직류입력전압 40V로부터 280V, 190V로 전압이 승압이 된다. 최대 DC링크전압은 커패시터 전압 V_{C1} 과 동일함을 보여준다.

그림 5은 $V_{dc}=40\text{V}, M=0.785, D=0.32$ 로 시뮬레이션과 동일한 조건일 때의 실험 결과이다. 커패시터 전압 V_{C1} 는 직류입력전압 40V로부터 7.2배 증폭이 된 290V로 승압이 되고, 순간전압은 141Vrms가 나옴을 확인할 수 있다.

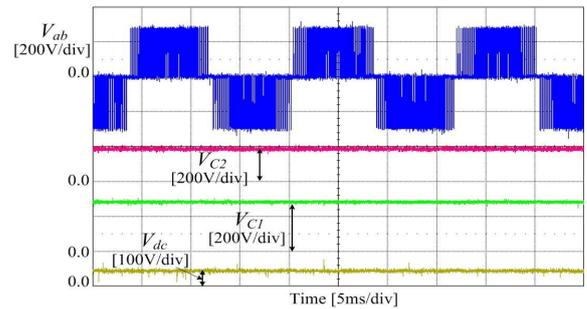


그림 5. $M=0.785, D=0.32$ 일 때 ASC EqZSI의 실험 결과
Fig. 5 Experimental results of ASC EqZSI when $M=0.785, D=0.32$

4. 결론

본 논문에서는 ASC qZSI 구조에 임베디드 기술을 적용한 ASC EqZSI를 제안한다. 제안된 인버터는 높은 승압 성능을 가지는 것을 시뮬레이션과 실험 결과를 통해 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] J. Anderson and F. Z. peng, "A class of quasi Z source inverters," in Conf.Rec. IEEE IAS Annu. Meeting, pp.1 7, Oct. 2008.
- [2] H. Abu Rub, A. Iqbal, S. M. Ahmed, F. Z. Peng, Y. Li, and B. Ge, "Quasi Z source inverter based photovoltaic generation system with maximum power tracking control using ANFIS," IEEE Trans.Sustainable Energy, vol. 4,no 1, pp. 11 20, Jan 2013.
- [3] Y. Li and F. z. peng, "Controller design for quasi Z source inverter in photovoltaic systems," in Conf. Rec. IEEE ECCE, 2010,pp. 3187 3194.
- [4] A. V. Ho, T. W. Chun, H. H. Lee, and H. G. Kim, "Active switched quasi Z source inverter with high boost ability for low voltage renewable energy sources," in Conf. Rec. ICCEP, 2015,pp. 1 6.
- [5] H. Itozakura and H. Koizumi, "Embedded Z source inverter with switched inductor," in Conf. Rec. IEEE IECON, 2011,pp 1342 1347.