

스위치드 변압기 Quasi Z-소스 인버터의 출력전압 부스트 특성

김세진¹, 정영국², 임영철¹
 전남대학교¹, 대불대학교²

Boost Characteristics of Output Voltage of Switched Trans Quasi Z-Source Inverter

Se Jin Kim¹, Young Gook Jung², Young Cheol Lim¹
 Chonnam National University¹, Daebul University²

ABSTRACT

Z 소스 인버터는 종전의 브리지 인버터와 달리 입력전압에 대하여 높은 전압을 출력할 수 있다. 그러나, 부스트 성능이 높아질수록 전압 및 전류 스트레스가 심해지는 문제가 발생한다. 따라서 최근에 높은 부스트 성능과 낮은 스트레스가 가능한 토폴로지가 연구되고 있다. 본 논문에서는 Switched Trans Quasi Z 소스 인버터를 제안하였다. 제안된 인버터는 인덕터와 변압기를 이용해 임피던스 망을 구성하는 형태로 높은 부스트 성능을 가지면서 스트레스는 낮다. 제안된 토폴로지는 실험으로 타당성을 검증하였다.

1. 서 론

Z 소스 인버터(ZSI)^[1]는 종전의 브리지 형태의 인버터와 달리 승압 기능을 가지고 있다. ZSI의 승압기능은 인덕터, 커패시터로 구성되는 임피던스 망으로 가능하며 종전의 브리지 인버터가 2단으로 구성되는 것과 동일한 성능을 구현할 수 있다. 그러나 입력전압에 비해 높은 전압을 출력하는 경우에 ZSI의 전압, 전류 스트레스가 심해지는 문제가 발생한다.

최근 ZSI는 높은 부스트 성능을 가지면서 스트레스를 낮출 수 있는 토폴로지들이 제안되고 있다. 이러한 토폴로지들은 임피던스 망의 인덕터 또는 커패시터의 수를 증가시키는 방법^[2,3]이 주로 이용되고 있다.

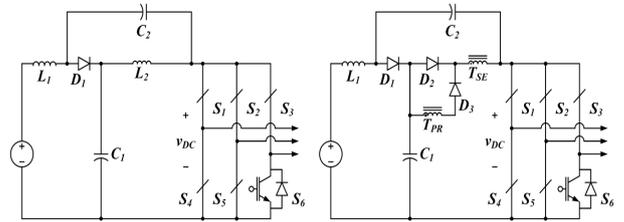
본 논문에서는 Quasi ZSI^[2]를 기본으로 Switched Trans Quasi Z 소스 인버터(STQZSI)를 제안하였다. STQZSI는 임피던스 망의 두 인덕터(L₁, L₂)를 Switched Trans Cell로 변형한 형태이다. 제안된 방식이 높은 부스트 성능의 구현이 가능하면서도 스트레스가 낮은 장점을 Switched Trans 3상 Z 소스 인버터의 실험을 수행하여 입증하였다.

2. 본 론

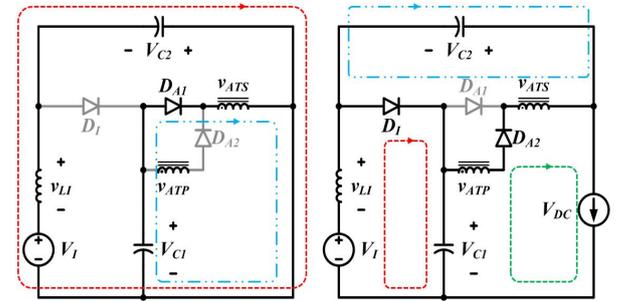
그림 1은 종전의 Quasi Z 소스 인버터와 제안된 Switched Trans Quasi Z 소스 인버터이다. 제안된 인버터는 종전의 L₂ 대신 하나의 변압기와 두 개의 다이오드로 구성된 Switched Trans Cell로 구성되어 있다.

그림 2는 제안된 인버터의 동작 모드를 나타내었다. 그림 2(a)는 단락모드로서 입력 측의 D₁와 Switched Cell의 D_{A2}는 역전압에 의한 차단 상태이다. 입력전압과 인덕터(L₁)는 C₂의 방전

루프가 되고 변압기 2차 측과 D_{A1}은 C₁의 방전 루프가 된다. 이때, 인덕터(L₁)와 Switched Cell의 전압 방정식은 식 (1), (2)와 같다.



(a) Quasi ZSI (b) Proposed ST Quasi ZSI
 Fig. 1 ZSI Topologies



(a) Shoot through state (b) Active state
 Fig. 2 Operation modes of the proposed STQZSI

$$V_{L1} = V_I + V_{C2} \quad (1)$$

$$V_T = \left(1 + \frac{N_{PR}}{N_{SE}}\right) V_{C1} \quad (2)$$

그림 2(b)는 비 단락모드로 Switched Cell의 D_{A1}만 역전압에 의해 차단 상태가 되고 D₁와 변압기는 C₂의 충전루프가 되고 인덕터(L₁), D₁ 및 입력전압은 C₁의 충전루프가 된다. L₁, 변압기의 방정식은 식 (3), (4)와 같다.

$$V_{L1} = V_I - V_{C1} \quad (3)$$

$$V_T = -V_{C2} \quad (4)$$

식 (1) ~ (4)를 이용하면 제안된 인버터의 전압이득(G)은 식

(5)와 같다.

$$G = \frac{(N_{SE} + N_{PR}D)(1-D)}{(1-2D)N_{SE} - N_{PR}D^2} \quad (5)$$

여기서 식 (5)의 D는 제안된 인버터의 단락 비이고 N_{PR} , N_{SE} 는 각각 변압기의 1차 측과 2차 측의 권선 비를 나타내고 있다.

3. 실험

본 논문의 타당성을 증명하기 위해 실험을 수행하였다. 실험은 3상 Switched Trans Quasi ZSI를 이용하였으며 38V의 입력전압(V_I)조건에서 단락 비에 따른 인버터 암의 전압(v_{LEG}), 선간전압(v_{AB}), 상 전압(v_A)을 비교하였다.

표 1 실험 파라미터
Table 1 Experimental Parameters

Input Voltage(V_I)	38V	
duty ratio(D)	0.0 ~ 0.1	
$C_1=C_2$	1,000 μ F	
L_1	1mH	
Transformer (T1, T2)	Turn ratio = 8:4 Leakage = 5 μ H Inductance = 1mH Resistance = 0.2 Ω	
Switching frequency	20kHz	
LC filter	L_f	2mH
	C_f	6.8 μ F
AC Load	50 Ω	

그림 3은 단락 비(D)가 0.0으로 출력전압이 승압이 되지 않는 조건인 Switched Trans Quasi ZSI의 실험 결과이다. 인버터 암의 전압은 입력전압과 동일한 38V인 것을 확인할 수 있으며 선간전압의 최대 전압은 약 31V, 상전압의 최대전압은 약 22V로 완전한 교류전압의 형태로 출력되고 있다.

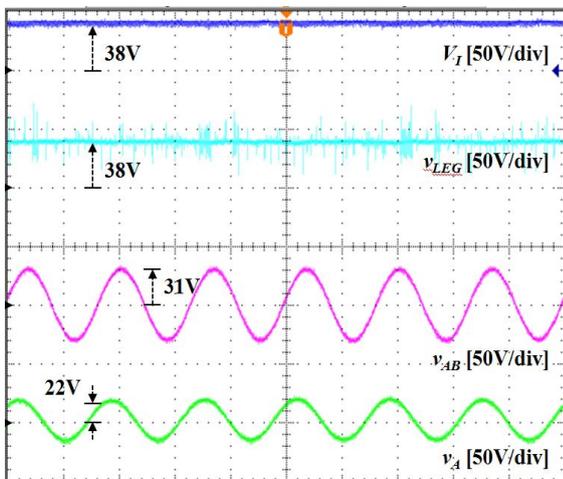


그림 3 제안된 STQZSI의 실험 결과 (D=0.0)
Fig. 3 Experimental result of STQZSI (D=0.0)

그림 4는 그림 3의 동일한 조건에서 단락 비를 0.1로 설정한 실험결과이다. 동일한 38V의 입력전압에서 인버터 암의 전압은 약 56V로 약 1.5배 높게 나타나며 선간전압과 상전압은 각각 약 1.3배 부스트 된 것을 확인할 수 있다. Switched Trans Quasi ZSI는 단락 비 0.1에서 이론상 전압이득이 1.336로 실험결과와 크게 다르지 않으며, 종전의 Quasi ZSI가 1.125인 것과 비교했을 때 상당히 높은 전압이득을 가지는 것을 알 수 있다. 전압 스트레스 측면에서도 단락 비 0.1에서 Quasi ZSI의 경우 인버터 암에 약 100V에 가까운 전압 스트레스가 나타나지만 제안된 방식은 56V로 낮다.

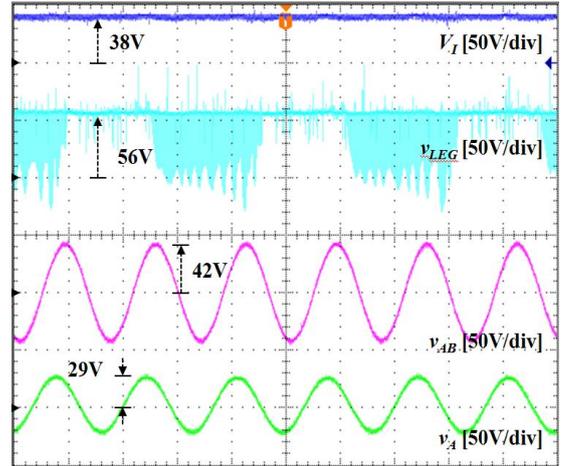


그림 4 제안된 STQZSI의 실험 결과 (D=0.1)
Fig. 4 Experimental result of STQZSI (D=0.1)

4. 결론

본 논문에서는 종전의 Quasi ZSI가 부스트 성능에 비해 높게 나타나는 전압, 전류 스트레스를 저감하면서도 높은 부스트 성능을 유지할 수 있는 Switched Trans Quasi ZSI를 제안하였다. 제안된 방법의 실험을 통해 약 1.3배의 부스트 상태에서 종전의 방법보다 약 50% 감소된 낮은 스트레스를 가지는 것을 실험을 통해 증명하였다. 따라서, 제안된 방식은 종전의 방식에 비해 높은 부스트 성능과 낮은 스트레스로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 지식경제부, "한국산업기술진흥원", "호남광역경제권 선도산업지원단"의 "광역경제권 선도산업 육성사업" 및 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원 인력양성사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] F. Z. Peng, "Z Source Inverter," IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol.39, No.2, pp. 504 510, March/April 2003.
- [2] W. Qian, F. Z. Peng and H. Cha, "Trans Z source inverters", in Proc. IEEE IPEC'10, 2010, pp. 1874 1881.
- [3] Miao Zhu, Kun Yu and Fang Lin Luo, "Switched Inductor Z Source Inverter", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 25, Issue. 8, pp. 2150 2158, June 2010.