

# 직류출력과 교류출력을 갖는 단상 Z-소스 전자변압기

유대현\*, 엄준현\*, 정영국\*\*, 임영철\*  
전남대학교\*, 대불대학교\*\*

## Single-Phase Z-Source Electronic Transformer with AC and DC Output Voltages

Dae Hyun Yoo\*, Jun Hyun Eom\*, Young Gook Jung\*\*, Young Cheol Lim\*  
Chonnam National University\*, Daebul University\*\*,

### ABSTRACT

본 논문에서는 직류출력과 교류출력을 갖는 단상 Z 소스 전자변압기를 제안하였다. 제안된 시스템은 입력은 병렬로, 출력은 직렬로 연결된 2대의 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터로 구성되어 있다. 교류 입력 전압에 대하여 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 출력 전압은 동상의 강압과 승압 고정 주파수 가변 전압 VVCF(Variable Voltage Constant Frequency)의 특성을 가지고 있다. 또한 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 Active 스위치 단에 벽 컨버터를 연결하여 48V 직류 전압도 동시에 출력 할 수 있다. 끝으로 PI제어된 직류 벽 컨버터에 의하여 일정한 직류전압을 출력할 수 있음을 PSIM 시뮬레이션과 실험을 통하여 확인하였다.

### 1. 서 론

최근 전기 에너지의 가격 상승과 에너지 소비의 증가로 인해 전기 에너지 절감의 문제가 대두되고 있으며, 그 방안으로 직류 배전 시스템에 대한 방안이 제시되고 있다. 일반적으로 IT 관련 기기와 다수의 전기전자 기기들은 직류를 사용한다. 그런데 교류나 직류로 전력을 변환하는 과정에서 전력 손실이 발생한다. 스마트 직류 배전시스템은 전기전자기기들 마다 전력을 변환 해주는 정류 장치들을 한 개로 일괄 배치하여 전력 변환 손실을 감소하여 효율을 높일 수 있다<sup>[1]</sup>.

한편 출력이 직렬 연결된 2대의 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터<sup>[2]</sup>는 간단한 듀티비 제어에 의해 출력전압을 입력전압에 대하여 동상의 승압 강압과 역상의 강압 승압으로 발생 할 수 있다. 이 방법은 동일 주파수의 입력전압과 동일 주파수의 출력전압이 공통 접지를 가지며, 연속전류(CCM)모드로 동작한다. 이 컨버터를 활용한 반도체 변압기는 종전의 기계식 변압기를 대체할 수 있으며, 물리적 크기와 무게의 감소, 설치 용이, 절연유에 의한 환경 문제 해결, 유지보수 비용의 절감을 할 수 있다.

본 연구에서는 교류출력과 직류출력을 갖는 단상 Z 소스 전자변압기를 제안한다. 제안된 방법은 출력이 직렬 연결된 2대의 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터로 구성된다. 입력 교류 전압에 대하여 동상의 교류 출력전압을 제어 하는 동시에, Active 동작 영역에 있는 컨버터의 정류 단을 이용하여 IT통신장비 등에서 사용되는 48Vdc 저전압을 발생할 수 있다. 제안된 방법의 타당성은 PSIM시뮬레이션과 실험으로 입증하고자 한다.

### 2. 제안된 시스템

그림 1 은 본 연구에서 제안된 시스템을 나타내고 있다. 제안된 시스템의 교류 출력은 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터에 의해 전압 크기가 조절되고, 동시에 저전압 직류 배전은 벽 컨버터에 의해 이루어진다. Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 스위치 (Sw1, Sw2, Sw3, Sw4)와 스위치의 온, 오프 상태에 따라 교류 에너지의 저장과 방출이 이루어지는 Quasi Z 소스 네트워크, Quasi Z 소스 출력 필터  $L_{f1} - C_{f1}$ 로 구성되어 있다. 그리고 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 Active 스위치 Sw3의 양단에 구성된  $L_{f2} - C_{f2}$ 에 의해 제어되지 않은 직류 전압이 출력되고,  $C_{f2}$ 의 양단에 스위치 Sw5와 에너지의 저장과 방출을 하는  $L_{f3} - C_{f3}$  및 프리휠링 다이오드로 구성된 벽 컨버터가 연결되어져 있다.

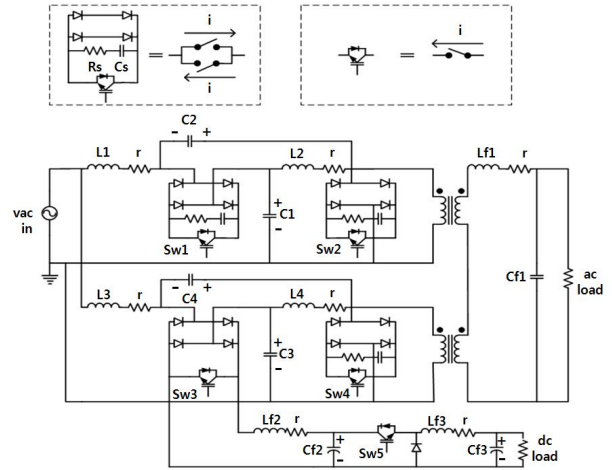


그림 1 제안된 시스템  
Fig. 1 The proposed system

출력이 직렬 연결된 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 Sw1, Sw3가 (1 D)T만큼 온 되고 Sw2, Sw4가 DT 만큼 오프 되는 동안은 Active 동작하고, Sw2, Sw4가 DT만큼 온되고 Sw1, Sw3가 (1 D)T만큼 오프되는 동안은 Shoot through 동작을 한다. 즉, 서로 상보적으로 온, 오프를 반복한다. 그림 2는 벽 컨버터의 직류 전압 제어를 위한 PI제어기를 나타내고 있다. 출력 되어야 할 부하 직류 전압 기준치와 실제 직류 출력전압

의 차이가 PI제어기의 입력으로 사용되며, 이를 이용하여 Sw5가 제어된다.

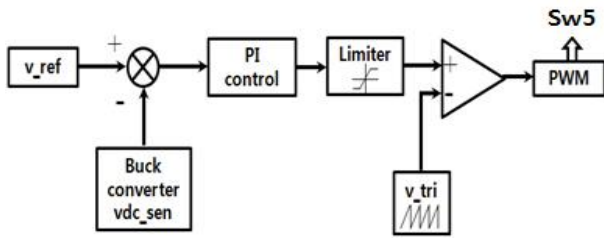


그림 2 직류단 PI제어기  
Fig. 2 DC link PI controller

### 3. 시뮬레이션 및 실험 결과

본 논문에서 직류출력과 교류출력을 갖는 단상 Z 소스 전자 변압기의 특성을 고찰하기 위하여, PSIM 시뮬레이션 및 실험을 하였다. 그림 3은 그림 1에 대한 실제 구성된 시스템 사진이다. 전체적인 시스템은 2대의 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터, 벡 컨버터, 출력 필터 그리고 1:1절연 변압기와 R부하로 구성되어있다.

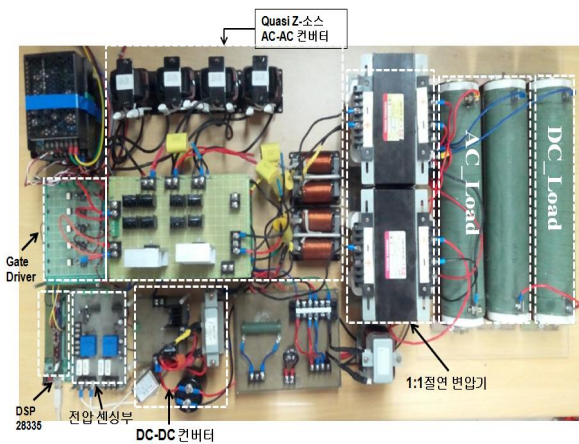


그림 3 단상 Z-소스 전자변압기의 사진  
Fig. 3 Photograph of the single-phase Z-source electronic transformer

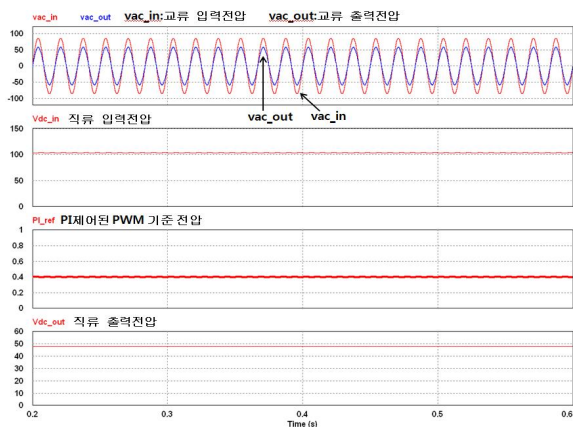


그림 4 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Simulation results

그림 4와 그림 5는 교류 입력에 대하여 동상 강압 출력과 일정 전압 제어된 직류 출력에 대한 시뮬레이션 및 실험 과정을 나타내고 있다. AC AC 컨버터의 스위치 듀티 비 D가 Sw1=(1-D)T (D=0.0), Sw2=DT (D=0.0), Sw3=(1-D)T (D=0.8), Sw4=DT (D=0.8)의 조건으로 동작하는 동상 강압 출력에 대한 결과이다. 시뮬레이션 결과와 실험 결과가 동일함을 확인할 수 있다.

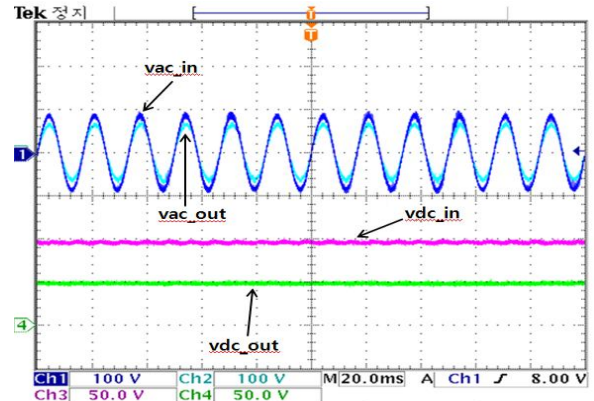


그림 5 실험 결과  
Fig. 5 Experiment results

### 4. 결론

본 연구에서는 직류출력과 교류출력을 갖는 단상 Z 소스 전자 변압기를 제안하였으며, 출력이 직렬 연결된 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터가 전자 변압기로서 동작함과 동시에 직류 출력을 PI제어 하여 일정 전압 48Vdc가 출력됨을 시뮬레이션 및 실험으로 확인하였다. 제안된 방법은 반도체 변압기로 작동함과 동시에 교류 순간 전압 강하 보상기로도 이용이 가능하고, 에너지 충·방전 시스템, 그리고 교류와 직류 배전에 응용이 가능하여 스마트 그리드에 다양하게 적용가능 하리라 사료된다.

본 논문은 전남대학교 전기공학과 BK플러스 사업으로 수행된 결과입니다.

### 참고 문헌

[1] T.F. Wu, C.H. Chang, L.C. Lin, G.R. Yu, and Y.R. Chang, "DC Bus Voltage Control with a Three Phase Bi directional Inverter for DC Distribution Systems," IEEE Trans. Power Electron., vol. 28, no. 4, pp. 1890-1899, Apr. 2013.

[2] 임준현, 정영국, 임영철, "출력이 직렬 결합된 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터", 전력전자학회 논문지 Vol. 16, No. 5, pp. 415-429, 2011