

저전압 스마트 배전시스템을 위한 Quasi Z-소스 AC-AC 컨버터

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

A Quasi Z-Source AC-AC Converter for Low Voltage Smart Distribution System

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

ABSTRACT

본 논문에서는 저전압 스마트 배전시스템을 위한 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터를 제안하였다. 제안된 시스템은 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 교류 입력 전압에 대하여, 동상의 출력 전압을 부스트 하고, 역상의 출력 전압을 벅 부스트하는 고정 주파수 가변 전압 VVCF(Variable Voltage Constant Frequency)의 출력특성을 가지고 있다. 또한 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 shoot-through 스위치 단에 벅 컨버터를 연결하여 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 동작과 함께 저압의 직류 전압을 출력 할 수 있다. PSIM 시뮬레이션과 실험에 의하여, 제안된 시스템이 동상 부스트 모드로 동작하는 경우, PI 제어된 벅 컨버터에 의하여 직류 전압을 출력할 수 있음을 확인하였다.

1. 서 론

현재 IT관련 기기와 다수의 전기 기기들은 교류를 직류로 전력 변환하거나 또는 교류를 직류로 변환하고 다시 교류로 전력 변환하는 과정에서 전력 손실이 발생한다. 스마트 직류 배전시스템은 전기기기들마다 교류를 직류로 전력변환 해주는 정류 장치들을 한 개로 일괄 배치하여 효율적인 정류 및 변환 손실을 감소하여 전력사용의 효율을 높일 수 있다^[1].

한편 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 간단한 듀티비 제어에 의해 출력전압을 입력전압에 대하여 동상의 부스트와 역상의 벅 부스트로 출력 할 수 있다. 또한 동일 주파수의 입력전압과 동일 주파수의 출력전압이 공통 접지를 가지며, 연속전류(CCM)모드로 동작하는 특징이 있다. Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 기존의 코일과 철심으로 구성된 변압기를 대체 가능한 반도체 변압기로 응용이 가능하다. 기존 변압기를 반도체 변압기로 대체하면 물리적 크기와 무게의 감소, 설치가 용이하며, 유지보수 비용이 절감된다. 그리고 절연유에 의한 환경 문제를 해결할 수 있다^[2].

본 연구에서는 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터가 반도체 변압기로 동작함과 동시에 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 shoot through 동작 영역에 있는 정류단을 이용하여 통신장비에서 사용되는 48Vdc 저전압 직류 배전 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 기본적인 동작특성에 영향을 주지 않으며, PI제어된 벅 컨버터를 통하여 일정한 48Vdc 직류 전압을 출력 하는 경우에 대하여 PSIM시

뮬레이션과 실험을 수행하였다.

2. 제안된 시스템

그림 1은 본 연구에서 제안된 시스템을 나타내고 있다. 제안된 시스템에서 교류 출력은 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터에 의해 전압 크기가 조절되고, 동시에 저전압 직류 배전은 벅 컨버터에 의해 이루어진다. Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 스위치(Sw1, Sw2)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 shoot through 스위치 Sw2의 양단에 구성된 $L_{f2} - C_{f2}$ 에 의해 제어되지 않은 직류 전압이 출력되고, C_{f2} 의 양단에 스위치(Sw3)와 에너지의 저장과 방출을 하는 $L_{f3} - C_{f3}$ 및 프리휠링 다이오드로 구성된 벅 컨버터가 연결되어져 있다. 제안된 시스템을 구성하는 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 Z 소스 토폴로지가 갖는 전형적인 active 모드와 shoot through 모드로 동작된다.

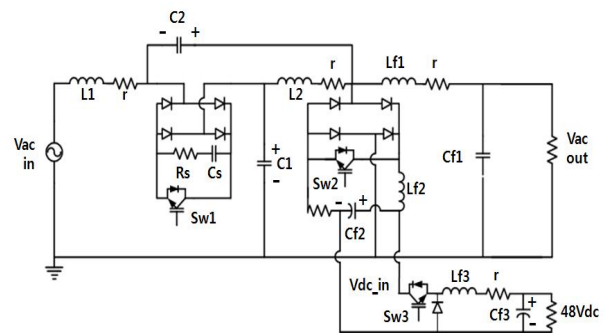


그림 1 제안된 시스템
Fig. 1 The proposed system

Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 Sw1이 $(1 - D_{qz})T$ 만큼 온되고 Sw2가 오프 되는 동안은 active 동작하고, Sw2가 $D_{qz}T$ 만큼 온되고 Sw1이 오프되는 동안은 shoot through 동작을 한다. 즉, 서로 상보적으로 온, 오프를 반복한다. 그림 2는 벅 컨버터의 직류 전압 제어를 위한 PI제어기를 나타내고 있다. 일정하게 출력 되어야 할 부하 직류 전압 기준치와 실제 직류 출력전압의 차이가 PI제어기의 입력으로 사용되며, 이를 이용하

여 Sw3의 제어가 이루어진다.

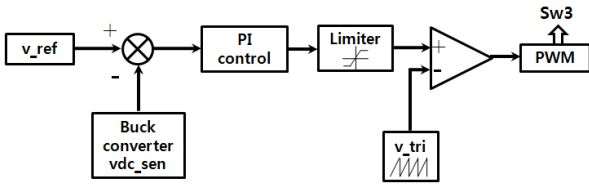


그림 2 직류단 PI제어기
Fig.2 DC link PI controller

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

본 논문에서 제안한 저전압 스마트 배전시스템에 적용된 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 출력 특성을 고찰하기 위하여 PSIM 시뮬레이션과 실험을 하였다. 그림 3을 살펴보면, Quasi Z 소스 AC/AC 컨버터, 교류 출력필터 그리고 벽 컨버터, 직류 출력필터와 2개의 R 부하로 구성되어있다. 시뮬레이션 파라미터는 $L1 = L2 = 1[mH]$, $C1 = C2 = 6.8[uF]$, $Lf1 = 3[mH]$, $Cf1 = 10[uF]$, $Lf2 = 1[mH]$, $Cf2 = 100[uF]$, $Lf3 = 1[mH]$, $Cf3 = 1000[uF]$ 이며 교류와 직류부하는 각각 $R=100[\Omega]$ 이다. Sw1, Sw2, Sw3의 스위칭 주파수는 $20[kHz]$ 이며 교류입력전압은 $80[V_{rms}]/60[Hz]$ 이다.

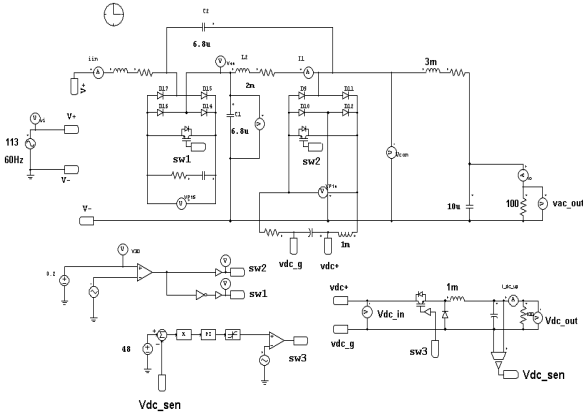


그림 3 PSIM 시뮬레이션 모델
Fig. 3 PSIM simulation model

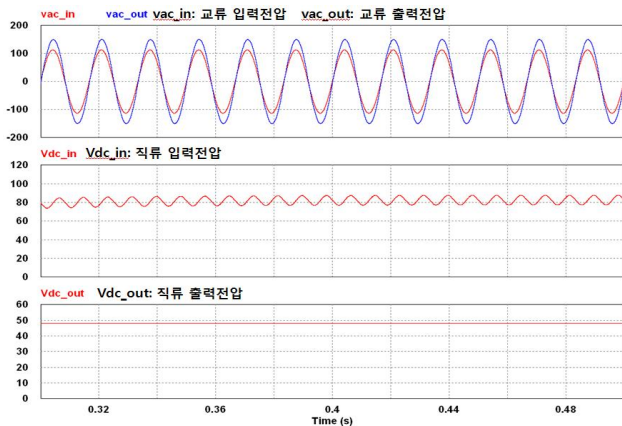


그림 4 $D_{qz}=0.2$ 일 때, Quasi Z 소스 AC/AC 컨버터의 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation results of Quasi Z-source AC/AC converter in case of $D_{qz}=0.2$

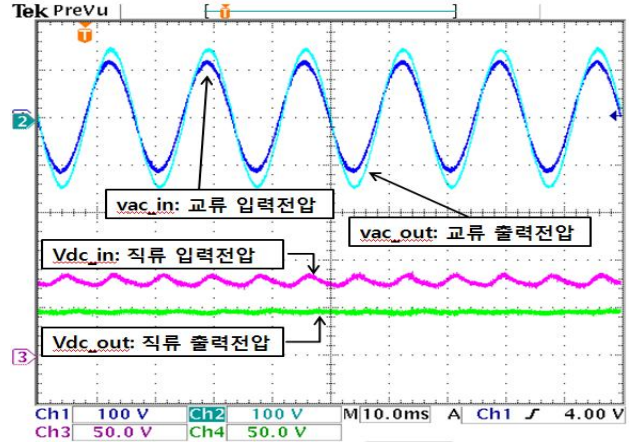


그림 5 $D_{qz}=0.2$ 일 때, Quasi Z 소스 AC/AC 컨버터의 실험 결과
Fig. 5 Experiment results of Quasi Z-source AC/AC converter in case of $D_{qz}=0.2$

그림 4는 Quasi Z 소스 AC AC컨버터의 듀티비 $D_{qz}=0.2$ 인 경우에 대한 결과로서, 직류 입/출력 전압 시뮬레이션과 실험 결과를 살펴보면, 두 결과가 거의 유사함을 확인할 수 있다.

Quasi Z 소스 AC AC컨버터는 듀티비 D_{qz} 를 간단하게 제어하여 VVCF특성을 갖는 교류출력을 할 수 있으며, 벽 컨버터는 C_p 를 통하여 제어되지 않은 직류입력을 받아서 벽 컨버터를 PI 제어하여 일정한 $48V_{dc}$ 의 직류를 출력하게 된다. 제안된 시스템은 간단한 듀티비 제어만으로 입력 교류전압을 동상과 역상으로 승·강압 출력하는 반도체 변압기로서 동작할 수 있고, 동시에 직류전압을 출력하여 저전압 직류 배전에도 응용 가능하였다.

4. 결론

본 연구에서는 저전압 스마트 배전을 위한 Quasi Z 소스 AC AC컨버터의 교류 및 직류 출력 특성을 고찰하였다. 제안된 시스템은 간단한 듀티비 제어를 통하여 입력전압에 동상과 역상인 벽 부스트 된 교류전압을 발생하고 동시에 직류전압도 출력 가능하였으며, 이는 반도체 변압기와 저전압 직류 배전시스템으로 적용 가능하다. 제안된 시스템의 응용분야로는 교류 계통의 순간 전압강하 보상장치와 부스트 직류 컨버터를 연결하면 $380V_{dc}$ 이상의 배전시스템에도 적용 가능하리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] F. Blaabjerg, Zhe Chen, and S.B Kjaer, "Power Electronics as Efficient Interface in Dispersed Power Generation Systems", IEEE Trans Power Electron., Vol. 19, No. 5, pp. 1184-1194, September 2004.
- [2] Xu She, A.Q Huang, S. Lukic, and M.F. Baran, "On Integration of Solid State Transformer With Zonal DC Microgrid", IEEE Trans Smart Grid, Vol. 3, No. 2, pp.975-985, 2012.