

Quasi Z-소스 토폴로지를 갖는 단상 동적 전압 보상기

이기택*, 정영국**, 임영철*, 김광현*
전남대학교*, 대불대학교**

Single-Phase Dynamic Voltage Restorer with a Quasi Z-source Topology

Ki-Taeg Lee*, Young-Gook Jung**, Young-Cheol Lim*, Kwang-Heon Kim*
Chonnam National University*, Daebul University**

ABSTRACT

본 논문에서는 Quasi Z-소스 토폴로지의 동적 전압 보상기를 제안한다. 제안된 시스템은 Quasi Z-소스 PWM 교류-교류 컨버터를 기반으로 하고 있고 기존의 Z-소스 교류-교류 컨버터의 장점 역시 가지고 있으면서, 또한 입력 단과 출력 단이 공통 접지이며 연속적인 입력전류(CCM)로 동작하는 특징이 있다. 전원의 Sag와 Swell을 검출하기 위하여 피크치 검출기법이 사용되었으며, 출력전압의 총고조파왜형률 %THD를 분석하였다. 제안된 시스템은 65% 전압 Sag와 30% 전압 Swell이 발생하여도 부족전압과 과전압에 대한 보상을 하였으며, 또한 부하전압을 정격전압의 정현파로 유지 할 수 있었다. 실험결과를 통하여 본 연구의 타당성을 입증하였다.

1. 서론

전력계통에서 발생하는 전력 품질을 저하시키는 여러 문제들 중에서 가장 빈도가 높고 민감한 부하를 가지고 있는 수용가에 많은 영향을 주고 있는 것은 순시적 전압강하 뿐 만 아니라 고조파 등의 문제가 상당한 부분을 차지하고 있으며 이중 순시적 전압강하는 49%, 고조파 문제는 22%를 차지하고 있다^[1]. 이러한 현상에 대처하기 위하여 현재까지는 무정전 전원장치(UPS)가 널리 사용되어 왔다. 그러나 무정전 전원공급장치는 기본적으로 정전에 대비한 장치로 순간전압강하가 발생하는 경우에도 입력전원을 차단하고 무정전 전원공급장치가 모든 부하를 담당하게 되므로 효율적이지 못하다^[2].

본 연구에서는 별도의 에너지 저장장치가 필요하지 않는 Quasi Z-소스 토폴로지를 갖는 동적 전압 보상기를 제안한다. 제안된 Quasi Z-소스 토폴로지의 DVR은 Z-소스 교류-교류 컨버터^[3,4]의 동작원리를 바탕으로 하고 있으며 스위치의 온, 오프 상태에 따라 Quasi Z-소스 네트워크의 인덕터와 커패시터의 교류 보상 에너지의 저장과 방출의 조절이 가능하다. 또한 전원 전압과 같은 주파수를 갖는 동상의 전압 또는 역상의 전압이 발생 가능하며, 이를 승압할 수 있다. 제안된 시스템의 타당성을 검증하기 위하여 전원전압에서 65% Sag가 발생하는 경우와 30% Swell이 발생하는 경우에 대한 실험을 수행하였다. 그 결과 전원전압 Sag와 Swell이 발생한 경우에 해당되는 보상전압을 제안된 시스템은 잘 보상하였으며, 정현파의 정격 전압을 부하에 공급 할 수 있었다.

2. 제안된 Quasi Z-소스 보상기

그림 1은 제안된 시스템의 동적 전압 보상기를 나타내고 있다. 제안된 시스템은 입력전원 $V(i)$, 전력용 스위치의 온 오프 상태에 따라 교류 보상 에너지의 저장과 방출이 이루어지는 교류 qZ-소스 네트워크(L1, L2와 C1, C2), L-C 필터회로와 배전계통에 보상전압을 주입하기 위한 결합 변압기(1:1)로 구성되어 있으며, 전원계통에서 발생하는 전압 변동분을 검출하여 결합변압기를 통하여 전압 변동분을 보상한다. 또한 전압 변동분 검출은 전압 보상기의 동 특성을 결정하는 매우 중요한 요소이며, PWM 사이클과 보상의 시점을 결정한다. 전압 변동분을 검출하기 위하여 입력전압의 피크치를 필요로 하는 간단한 피크치 검출법^[5]을 사용하였다.

$$V_{i(peak)} = \sqrt{V_i^2 \sin^2(ut) + V_i^2 \cos^2(ut)} \quad (1)$$

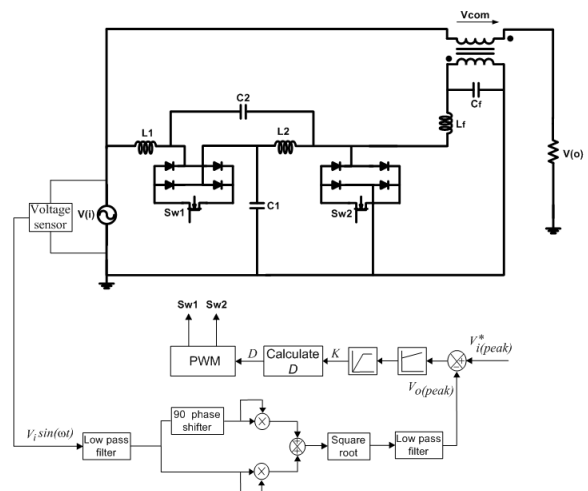


그림 1 제안된 시스템의 전체 구조도.
Fig. 1 The detail configuration of the proposed system.

3. 실험 결과

그림2와 그림3은 65% Sag 전압과 30% Swell 전압 발생에 대한 실험 결과이다. 그림 2와 그림 3에서 첫 번째 파형은 전

원전압 $V(i)$, 두 번째 파형은 Quasi Z-소스 PWM AC-AC Converter의 파형, 세 번째 파형은 변압기를 통하여 보상되는 전압, 네 번째 파형은 부하전압을 나타낸다.

실험에 사용된 Quasi Z-소스 네트워크와 부하 파라미터는 $L_1=L_2=1[mH]$, $C_1=C_2= 6.6[\mu F]$, $L_f=3[mH]$, $C_f=10[\mu F]$ 이며, 부하는 R-L부하로써 $R=100[\Omega]$, $L=2[mH]$ 를 사용하였다. 스위칭 주파수는 $20[kHz]$ 이며 입력전압은 $110[V]/60[Hz]$ 이다.

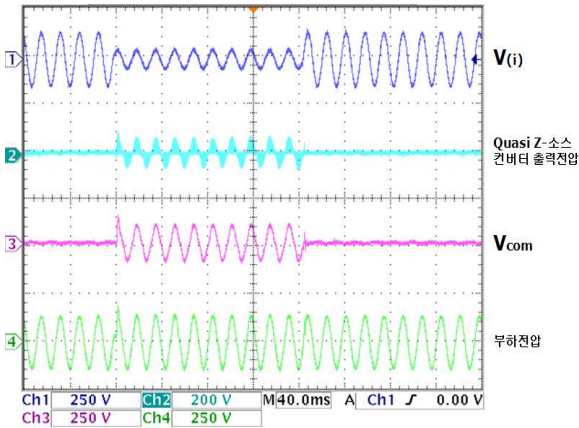


그림 2 65%의 Sag 전압에 대한 실험 결과.
Fig. 2 Experimental results at 65% voltage sag compensation.

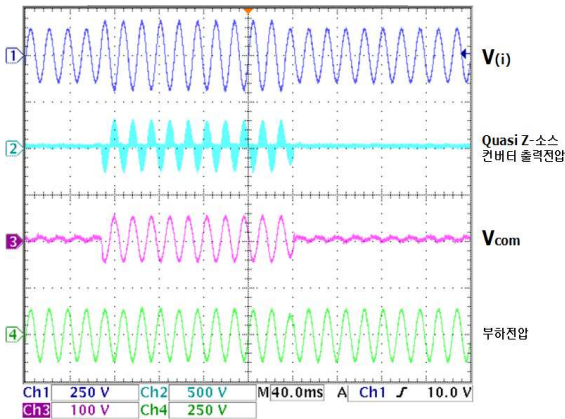


그림 3 30%의 Swell 전압에 대한 실험 결과.
Fig. 3 Experimental results at 30% voltage swell compensation.

표 1 출력전압, 출력전류 %THD 분석

Table 1 %THD Analysis of output voltage, output current

State	$V(i)$	Duty Ratio	%THD(i)	%THD(v)
Normal	110V	-	2.07%	1.07%
Voltage Sag	110 → 49.5	0.8	4.25	2.06
	110 → 38.5	0.64	9.02	4.52
Voltage Swell	110 → 143	0.17	1.99	1.37
	110 → 176	0.23	2.54	2

표 1은 Sag나 Swell등의 전압 변동이 발생하는 경우, 보상된 부하전압의 총고조파 왜형률(%THD)를 측정된 결과이다. %THD를 측정하기 위해 YOKOGAWA의 WT1600의 Digital

Power Meter를 사용하였으며, 측정된 결과 보상된 부하전압의 %THD는 대략 5% 이하 범위의 양호한 %THD를 유지하고 있다. 그러나 전원전압 Sag의 크기가 큰 경우 %THD가 악화됨을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 Quasi Z-소스 토폴로지를 갖는 동적 보상을 제한하였다. 제한된 시스템은 배터리 스택과 큰 용량의 커패시터와 같은 에너지 저장 장치를 사용하지 않으며, 입력 전압의 피크치를 통하여 Sag-Swell을 검출하고 PI제어기의 입력 값에 의해 계산된 듀티비에 의해 Quasi Z-소스 PWM 컨버터를 보상기로 사용하였다. 실험에 의하여 65% 전압 Sag와 30% 전압 Swell이 발생한 상태에서 제한된 시스템은 부하전압을 정격전압의 정현파로 유지 할 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] S.Sasitharan, K. Mashesh and Mishra, "Adaptive Band Controller for Dynamic Voltage Restorer", in Proc. IEEE APEC'09(Washington, DC), 2009, pp.882 ~ 888.
- [2] Y. H. Chun, J. W. Kim, J. H Jeon, "A Study on the Instantaneous Voltage Drop Compensator Through the Series Voltage Injection", The Korea Society for Energy Engineering, Vol. 10, No. 4, pp.310 ~ 317, 2001.
- [3] Y. Tang, C. Zhang, and S. Xie, "Single-Phase Four Switches Z-Source AC-AC Converter", in Proc. IEEE APEC'07, 2007, pp. 621 ~ 625
- [4] Xu Peng Fang, Zhao ming Qian, and Fang Zheng Peng, "Single-Phase Z-Source PWM AC-AC Converters", IEEE Trans. Power Electron., Letters, Vol. 3, No. 4, pp.121 ~ 124, 2005.
- [5] H. Y. Chu, H. L. Jou, and C. L. Huang, "Transient Response of a Peak Voltage Detector for Sinusoidal Signals", IEEE Trans. Ind. Electron, Vol. 39, No. 1, pp. 74 ~ 79. 1992.