

# PSIM을 이용한 3상 Quasi Z-소스 DVR 시스템

오승열\*, 정영국\*\*, 임영철\*\*\*, 김광현\*\*\*  
전자부품연구원\*, 대불대학교\*\*, 전남대학교\*\*\*

## Three-Phase Quasi Z-Source DVR System using PSIM

\*Seung-Yeol Oh, \*\*Young-Gook Jung, \*\*\*Young-Choel Lim, \*\*\*Kwang-Heon Kim  
\*KETI, \*\*Daebul University, \*\*\*Chonnam National University,

### ABSTRACT

일반적으로 전력 품질을 저하시키는 여러 문제들 중에서 가장 빈도가 높고 민감한 부하를 가지고 있는 수용가에 많은 영향을 주고 있는 것이 순간적인 전압상승(voltage swell)과 전압 강하(voltage sag)인데, 순간 전압 강하는 짧은 시간 동안 공급 전압의 크기가 줄어드는 것으로 대부분 인접한 배전 선로에서의 사고가 그 원인으로 작용한다. 이러한 순간 전압 강하는 제조공정의 제어를 위한 자동화 기기 등의 오동작이나 작업정지 등의 문제를 유발하여 경제적으로 큰 손실을 일으키게 되는데 이러한 순간 전압 강하의 문제를 해결하기 위한 대표적인 전력 전자 기기로는 일반적으로 동적 전압 보상기(Dynamic Voltage Restore: DVR)가 있다. 본 논문에서는 새로운 3상 Quasi Z-소스 DVR을 제안하였다.

### 1. 서 론

반도체 제조공장 자동화와 같은 설비나 디지털 정보기기 및 의료기기 등은 전압 Sag와 Swell의 전압변동과 전압왜형 등의 전압 품질에 매우 민감하다[1]. 전력계통에서 발생하는 전력 품질의 저하문제는 순시전압강하 (Voltage Sag)뿐만 아니라 고조파 등의 문제가 상당부분 차지하고 있으며, 이중 순시전압강하 (Voltage Sag)는 49%, 고조파 문제는 22%를 차지하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 새로운 3상 Quasi Z-소스 DVR을 제안하였다. 제안된 시스템은 Quasi Z-소스 PWM 교류-교류 컨버터를 기반으로 하고 있으며, 기존의 Z-소스 교류-교류 컨버터의 장점을 가지고 있으면서 입력 단과 출력 단이 공통 접지이며, 연속적인 입력전류(CCM)로 동작하는 특징을 가지고 있다. 전원의 Sag와 Swell을 검출하기 위하여 순시치 검출기법이 사용되었다. 제안된 시스템은 PSIM 시뮬레이션을 통하여 본 연구의 타당성을 입증하였으며, 그 결과 60% Sag와 40% Swell 가 발생 시 부족전압과 과전압에 대하여 정격전압의 정현파로 유지 할 수 있음을 확인 하였다.

## 2. 3상 Quasi Z-소스 DVR

### 2.1 시스템 구성과 원리

그림 1은 제안된 Z-소스 교류-교류 컨버터 토폴로지의 DVR을 나타내고 있다. 제안된 시스템에서 Quasi Z-소스 교류-교류 컨버터는 전원 계통에서 발생하는 전압 변동분을 검출하여 결합 변압기를 통하여 전압 변동분을 보상한다. 제안된 시스템은

전원  $v(in)$ , 양방향전력용 스위치 IGBT(S1a, S1b와 S2a, S2b)[2]의 온 오프상태에 따라 교류 보상 에너지의 저장과 방출이 이루어지는 교류 qZ-소스 네트워크(L1, L2와 C1, C2), L-C 필터회로와 배전계통에 보상전압  $vcom$ 을 주입하기 위한 결합 변압기(1:1), 부하로 구성된다. 변압기(1:1)로 구성되어 있으며 변압기의 전압 주입방향은 전력 계통에서 공급하는 극성과 일치하도록 한다.

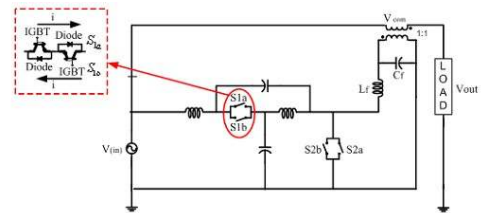


그림 1. 제안된 시스템의 자세한 구조  
Fig. 1. The detail configuration of the proposed system

그림 2는 제안된 시스템에 의하여 전원전압  $v(in)$ 을 이용하여  $v(in)$ 과 동상의 전압을 승압 또는 강압하는 원리를 스위칭 패턴을 이용하여 나타내고 있다.

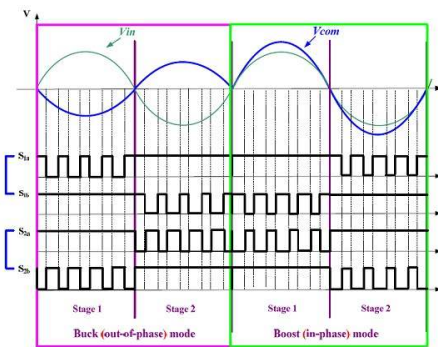


그림 2. Safe-commutation을 고려한 스위칭 방법  
Fig. 2. Switching strategies considering the safe-commutation

### 2.2 순간전압 검출 및 제어기 구성

본 연구에서는 3상 Sag-Swell을 검출하고 제어하기 위해서 평균치 기법이 가지고 있는 단점을 보완하기 위한 방법으로 순시치 알고리즘을 이용한 실시간 샘플링 검출기법을 수행하였다.

그림 3은 본 논문에서 수행한 순시치 알고리즘을 이용한 실시간 샘플링 기법의 개념도를 나타내고 있다. 최초의 반주기 동안에는  $N_n$ 에서부터  $N_m$ 까지의 64개의 샘플링 데이터 값을

저장하여 계산하게 되고, 그 후 반주기부터는 종전의  $Nn+1$ 에서부터  $Nm+1$ 까지의 샘플링데이터의 편차를 가지면서 실시간으로 계산이 이루어지는 방식으로 수행하고 있다.

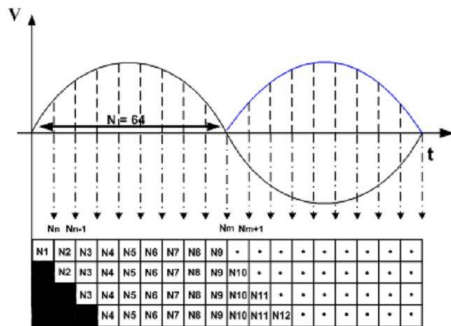


그림 4. 순시치 알고리즘을 이용한 검출기법 개념도  
Fig 4. Layout diagram of instantaneous value detection algorithm

### 3. 시뮬레이션 결과

그림 5는 전체 시스템 구성도이며, 3상 출력전압을 제어하기 위한 PI제어기를 나타내며, 항상 유지하여야 할 출력전압 기준치와 출력전압의 1/4주기마다 샘플링 되는 실제 출력전압과의 차이가 PI제어기의 입력으로 사용된다. PI제어기의 출력은 K이며 이를 이용하여 듀티 비 D가 계산된다.

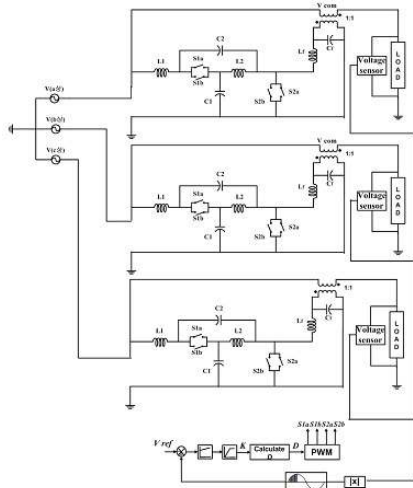


그림 5. 전체 시스템 구성도  
Fig 5. Configuration of the overall system

그림 6과 그림 7은 25% Swell 전압과 55% Sag 전압 발생에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 6과 7에서 첫째 파형은 전원 전압( $v_{in}$ ), 두번째 파형은 보상된 출력전압( $v_{out}$ )을 나타낸다. Quasi Z-소스 네트워크와 부하 파라미터는  $L1 = L2 = 1mH$ ,  $C1 = C2 = 3.3\mu F$ ,  $L_f = 3mH$ ,  $C_f = 10\mu F$ 이며 부하는  $50[\Omega]$ 이다. 스위칭 주파수는  $20[kHz]$ 이며 입력전압은  $60[Hz]$  주파수의  $380[V]$ 이다. 그림에서 보는 바와 같이 순시치 알고리즘을 이용한 실시간 샘플링 검출기법에 의해 입력전압의 Swell이나 Sag 발생시 출력전압이 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 3상 Quasi Z-소스 DVR 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 반주기당 64회 샘플링 되는 순시치

값을 통하여 Sag-Swell을 검출하고, PI제어기의 입력 값에 의해 계산된 듀티비에 의해 Quasi Z-소스 컨버터를 보상기로 사용하였다. 제안된 시스템은 순시치 샘플링 기법에 의해 Sag-Swell이 발생하는 구간을 순시적으로 검출할 수 있으나 Sag-Swell이 종료되는 시점을 최소 반주기가 걸리는 단점을 가지고 있다. PSIM 시뮬레이션에 의해 Sag 55%, Swell 25%이 발생한 상태에서 제안된 시스템이 실시간 적으로 잘 보상함을 확인하였다

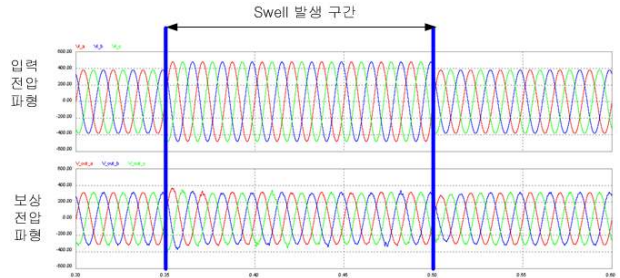


그림 6. 25%의 Swell 전압에 대한 시뮬레이션 결과  
Fig 6. Simulation results at 25% voltage swell compensation

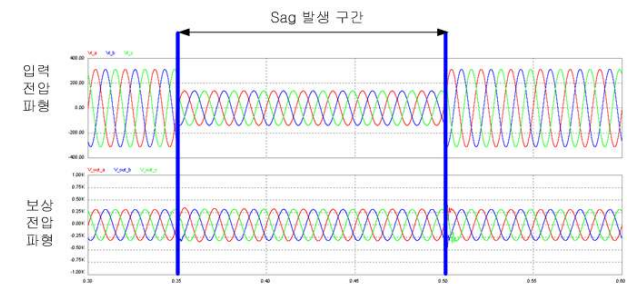


그림 7. 55%의 Sag 전압에 대한 시뮬레이션 결과  
Fig 7. Simulation results at 55% voltage sag compensation

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] Young-Gook Jung, "Three-Phase Z-Source Dynamic Voltage Restorer with a Fuel Cells Source", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.22, No.10, pp. 41-48, 2008.
- [2] B. H. Kwon, B.D Mim, and J .H kim, "Novel Commutation Technique of AC-AC Converters" IEE Proc. Electr. Power Appl., vol. 145, no 4, July 1998, pp.295-300.
- [3] Y. Tang, C. Zhang, and S. Xie, "Single-Phase Four Switches Z-Source AC-AC Converters," in Proc. IEEE APEC'07,2007, pp. 621-625.
- [4] 이재영, 이원선, 한운동, 전희중, "3상 전력품질 보상장치의 순간전압강하에 관한 연구", 전력전자학술대회 논문집 (II), 2004년. 7월, pp.760-763.
- [5] X. P. Fang, Z. M Qian, and F. Z. Peng, "Single-Phase Z-Source PWM AC-AC Converter," IEEE Power Electronics Letters, vol. 3, no. 4, pp. 121-124, 2005.