

순시치 검출 기법을 이용한 Quasi Z-소스 순간전압 Sag-Swell 보상기

이기택*, 정영국**, 임영철*

전남대학교*, 대불대학교**

Quasi Z-Source Voltage Sag-Swell Compensator by Instantaneous Value Detection Algorithm

(*Ki-Taeg Lee, **Young-Gook Jung, *Young-Choel Lim)

*Chonnam National University, **Daebul University

Abstract

본 논문에서는 새로운 Quasi Z-소스 순간전압 Sag-Swell 보상기를 제안한다. 제안된 시스템은 Quasi Z-소스 교류-교류 컨버터를 기반으로 하며, 입력단과 출력단이 공통 접지이며, 연속적인 입력전류로 동작하는 특징을 가지고 있다. 또한 평균치 제어 기법의 단점을 보완하기 위한 방법으로 실시간 샘플링 검출기법을 이용한 알고리즘을 적용하여 샘플링 구간 동안 평균치 값을 계산해서 순간 전압 변동을 검출해 내는 기법을 적용했다.

1. 서론

반도체 제조공장 자동화와 같은 설비나 디지털 정보기기 및 의료기기 등은 전압 Sag와 Swell의 전압변동과 전압왜형 등의 전압 품질에 매우 민감하다[1]. 이러한 전원에 민감한 기기는 일반적인 정전뿐만 아니라 순간적으로 입력전압의 크기가 작아지는 순간 전압강하에도 영향을 받게 된다. 이러한 현상에 대처하기 위하여 현재까지는 무정전 전원장치(UPS)가 널리 사용되어 왔다. 그러나 무정전 전원 공급장치는 기본적으로 정전에 대비한 장치로 순간 전압강하가 발생하는 경우에도 입력전원을 차단하고 무정전 전원 공급장치가 모든 부하를 담당하게 되므로 효율적이지 못하다. 순간전압강하 보상기는 이러한 문제에 효율적으로 대처하기 위한 기기로서, 입력전압에서 강하된 부분만큼의 부족한 부분만 공급하도록 하는 장치이다. 이렇게 동작하는 순간 전압강하 보상기기의 경우 전압 강하뿐만 보상하기 때문에 무정전 전원 공급장치에 비해 용량이 현격하게 줄어들 수 있다는 장점이 있다[2].

본 연구에서는 Quasi Z-소스 토폴로지를 갖는 교류-교류 컨버터의 동적 전압 보상기를 제안한다. 제안된 Quasi Z-소스 토폴로지의 순간 전압 강하 보상기는 Z-소스 AC-AC 컨버터[3]의 동작원리를 바탕으로 하고 있으며 반주기마다 64회 샘플링을 하여 전압 변동분 만큼의 전압을 보상해 준다. 전원전압에서 Sag와 Swell이 발생하는 경우에 대한 PSIM 시뮬레이션에 의하여 본 연구의 타당성을 검증할 수 있었다.

2. Quasi Z-소스 전압 보상기

2.1 시스템 구성과 원리

그림 1은 제안된 Z-소스 교류-교류 컨버터 토폴로지의 Sag-Swell 보상기를 나타내고 있다. 제안된 시스템에서 Quasi Z-소스 교류-교류 컨버터는 전원 계통에서 발생하는

전압 변동분을 검출하여 결합변압기를 통하여 전압 변동분을 보상한다. 제안된 시스템은 전원 $v(in)$, 양방향 전력용 스위치 IGBT($S1a, S1b$ 와 $S2a, S2b$)[4]의 온 오프 상태에 따라 교류 보상 에너지의 저장과 방출이 이루어지는 교류 qZ-소스 네트워크($L1, L2$ 와 $C1, C2$), L-C 필터회로와 배전계통에 보상전압 $vcom$ 을 주입 하기 위한 결합 변압기(1:1), 부하로 구성된다. 변압기(1:1)로 구성되어 있으며 변압기의 전압 주입방향은 전력계통에서 공급하는 극성과 일치하도록 한다.

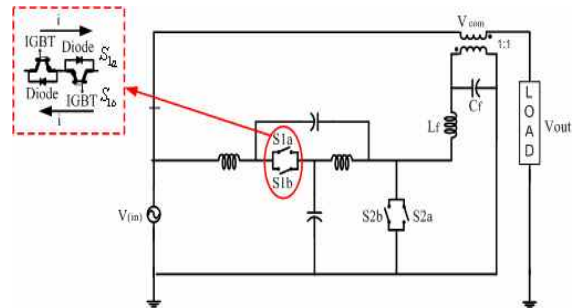


그림 1. 제안된 시스템의 자세한 구조

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.

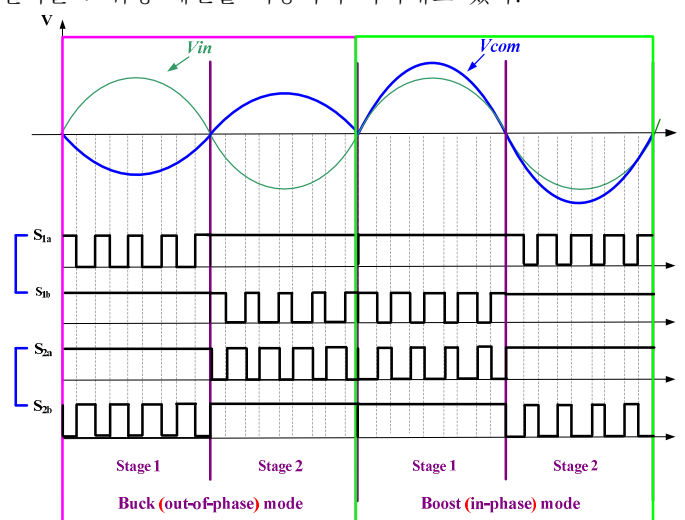


그림 2. Safe-commutation을 고려한 스위칭 방법

Fig 2. Switching strategies considering the safe-commutation

2.2 순간전압 검출 및 제어기 구성

전압 검출은 전압 보상기의 동 특성을 결정하는 매우 중요한 요소이며, 입력(vin) 및 출력(vout) 전압의 크기는 PWM 듀티 사이클과 보상의 시점을 결정한다. 전압 보상을 빠르게 하기 위해서는 가능한 빨리 전압의 순시치를 신속하게 검출하는 것이 중요하다. 순간 전압강하 검출을 위한 종래의 기법은 평균치를 이용한 검출 방법이었다[5]. 평균치를 이용한 검출기법은 매번 반주기마다 샘플링 값을 얻어 계산하는 방식으로, 최소 반주기 이상의 긴 시간을 필요로 하며 그림 3과 같다. 이를 Quasi Z-소스 컨버터에 적용하게 되면 Sag-Swell이 발생 되는 구간을 검출하는데 그림 3과 같이 최소한 반주기가 걸리게 된다. 따라서 정상상태에서도 듀티비에 의해 부족분의 전압 전압이 보상되기 때문에 부하전압을 항상 일정하게 유지 시켜 주지 못하게 된다.

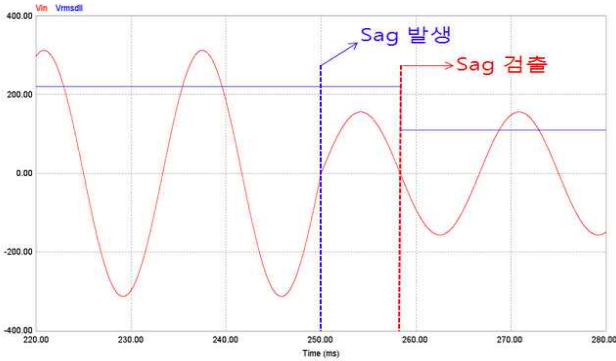


그림3. 평균치 검출기법의 Sag검출
Fig 3. Sag detection by average value method

본 연구에서는 Sag-Swell을 검출하고 제어하기 위해서 평균치 기법이 가지고 있는 단점을 보완하기 위한 방법으로 순시치 알고리즘을 이용한 실시간 샘플링 검출기법을 수행하였다. 그림 4는 본 논문에서 수행한 순시치 알고리즘을 이용한 실시간 샘플링 기법의 개념도를 나타내고 있다. 최초의 반주기 동안에는 Nn에서부터 Nm까지의 64개의 샘플링 데이터 값을 저장하여 계산하게 되고, 그 후 반주기 부터는 종전의 Nn+ 1에서부터 Nm+ 1까지의 샘플링 데이터의 편차를 가지면서 실시간으로 계산이 이루어지는 방식으로 수행하고 있다.

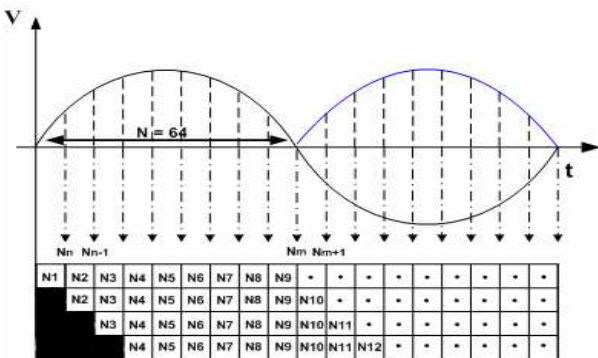


그림4. 순시치 알고리즘을 이용한 검출기법 개념도
Fig 4. Layout diagram of instantaneous value

$$V_1 = \sqrt{\frac{N_1^2 + N_2^2 + N_3^2 + \dots + N_S^2}{S}}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{N_2^2 + N_3^2 + N_4^2 + \dots + N_{S+1}^2}{S}}$$

그림 5는 실시간 샘플링 검출기법을 PSIM으로 수행한 시뮬레이션 과정을 나타내고 있다.

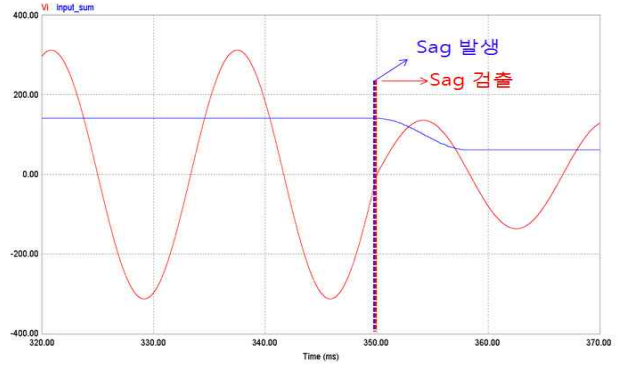


그림5. 순시치 검출기법의 Sag검출
Fig 5. Sag detection by instantaneous value method

그림 6는 전체 시스템 구성도이며, 출력전압을 전압제어하기 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 사이클 D가 계산된다.

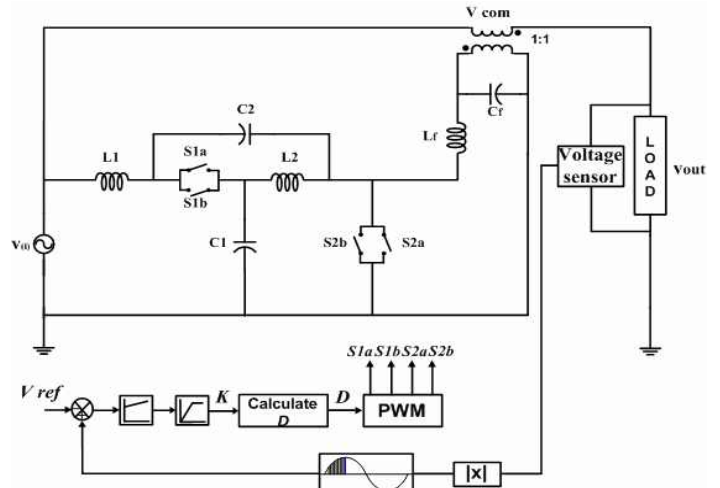


그림6. 전체 시스템 구성도
Fig 6. Configuration of the overall system

3. 시뮬레이션 결과

그림 7과 그림 8은 25% Swell 전압과 55% Sag 전압 발생에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 7과 8에서 첫째 파형은 전압전압(vin), 두번째 파형은 전력계통에 주입되는 변압기의 출력전압(vcom), 세번째 파형은 듀티비 D, 네번째 파형은 출력전압(vout)을 나타낸다. Quasi Z-소스 네트워크와 부하 파라미터는 L1 = L2 = 1mH, C1 = C2 = 3.3uF, Lf = 3mH, Cf = 10uF이며 부하는 50[Ω]이다. 스위칭 주파수는 20[kHz]이며 입력전압은 220 [Vrms]/60[Hz] 이다. 그림 7과 8에서 보는 바와 같이 순시치 알고리즘을 이용한 실시간 샘플링 검출기법에 의해 입력전압의 Swell이나 Sag를 검출

한다. 그리고 출력전압의 1/4주기마다 샘플링 되는 실제 출력 전압과의 차이가 PI 제어기의 입력값에 의해 듀티비 D를 계산한다. 이 D에 의하여 Quasi Z-소스 교류-교류 컨버터는 출력부하에 입력전압을 승압 또는 강압해 주게 되며 이로써 출력전압은 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 그림 9는 부하 변화에 대한 제안된 시스템의 효율을 나타낸 것으로, 부하가 20오옴 일 때 최대 효율을 보이고 있다.

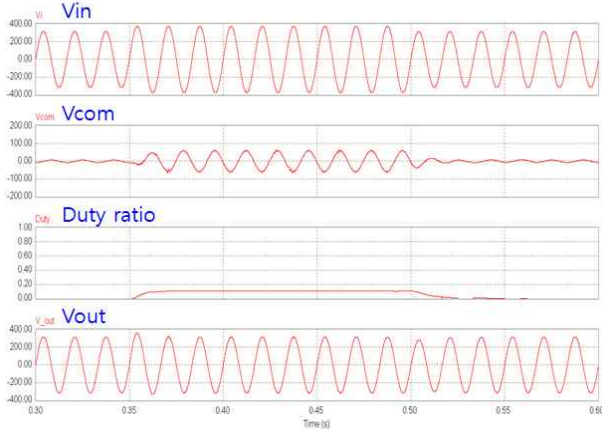


그림7. 25%의 Swell 전압에 대한 시뮬레이션 결과
Fig 7. Simulation results at 25% voltage swell compensation

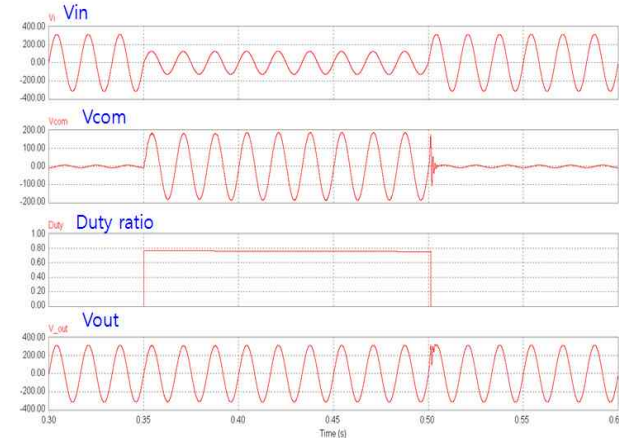


그림8. 55%의 Sag 전압에 대한 시뮬레이션 결과
Fig 8. Simulation results at 55% voltage sag compensation

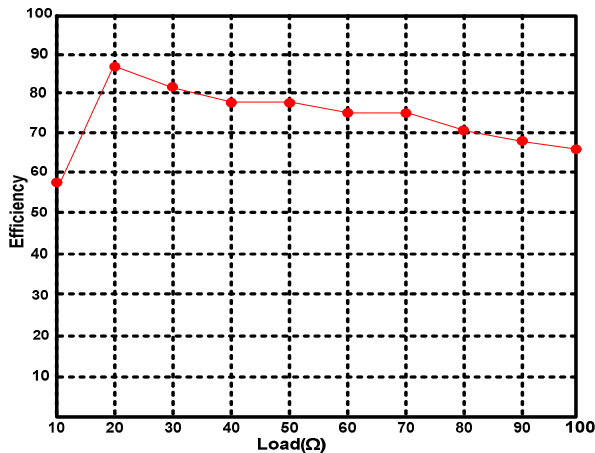


그림 9. 부하변화에 대한 효율
Fig 9. Efficiency versus load change

4. 결론

본 연구에서는 Quasi Z-소스 전압 Sag/Swell 보상기를 제안 하였다. 제안된 시스템은 반주기당 64회 샘플링 되는 순시치 값을 통하여 Sag/Swell을 검출하고, PI제어기의 입력값에 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.

Acknowledgment

이 논문은 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단) 및 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

Reference

- [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.10,10 pp. 41-48,2008.
- [2] 정영환, 김지원, 전진홍 " 직렬 전압주입에 의한 순간전압강하 보상기에 관한 연구" 한국에너지 공학회지(2001), 제10권, 제4호, pp.310-317.
- [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] 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.
- [5] 이재영, 이원선, 한운동, 전희중, "전력품질 보상장치의 순간전압강하에 관한 연구", 전력전자 학술대회 논문집(II), 2004년. 7월, pp.760-763.
- [6] 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.