

Quasi Z-소스 동적 전압 보상기를 사용한 배전계통의 전압변동 보상

엄준현*, 정영국**, 임영철*
 전남대학교*, 대불대학교**

Voltage Variation Compensation of Power Distribution System Using a Quasi Z-Source Dynamic Voltage Restorer

Jun Hyun Oum*, Young Gook Jung**, Young Cheol Lim*
 Chonnam National University*, Daebul University**

ABSTRACT

본 논문에서는 단상 Quasi Z source AC/AC converter 2대의 출력을 직렬로 연결하여 6.6[kV]/60[Hz]의 배전계통의 전압변동을 보상하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 기존의 단상 Quasi Z source AC/AC converter의 전압변동 보상기가 보상 못 하는 구간, 즉 배전계통에서 많이 발생하는 50[%]미만의 전압 sag를 보상할 수 있는 장점이 있다. PSIM시뮬레이션에 의하여, 제안된 방법은 정상전압에 대하여 연속적으로 전압변동이 발생하여도 보상할 수 있었다.

버터가 $R_s - C_s$ 스너버를 포함하는 저압의 양방향 전력용 스위치 IGBT(Sa1, Sb1 및 Sa2, Sb2)와 스위치의 온, 오프 상태에 따라 교류 보상 에너지의 저장과 방출이 이루어지는 Quasi Z 소스 네트워크, 출력 L C필터, 컨버터들의 보상전압을 계통 측으로 주입하기 위한 결합 변압기로 구성되어 있다.

제안된 시스템은 상위 컨버터와 하위 컨버터의 Sa1, Sb1이 (1 DT)만큼 온 되는 동안은 active 동작영역이 되고, 상위 컨버터와 하위 컨버터의 Sa2, Sb2가 DT만큼 오프되는 동안은 압 단락 동작영역이 된다.

1. 서 론

IEEE Standard Coordinating Committee 22에 의하면 전압 크기가 공칭전압의 0.1~0.9[pu]이고 지속시간이 8.3[ms]~1[min]일 경우를 전압 sag라고 정의하며 전압 크기가 공칭전압의 1.1~1.8[pu]이고 지속시간이 8.3[ms]~1[min]일 경우를 전압 swell라고 정의하고 있다.^[1] 이와 같은 IEEE 기준에 의하여 기존의 단상 Quasi Z source AC/AC converter의 전압변동 보상기는 정상전압에 대하여 0.5[pu], 즉 50[%]이상의 전압sag와 전압swell의 전압swell은 보상이 가능하나^{[2][3]}, 실제 많이 발생하는 50[%] 미만의 sag는 보상을 하지 못하는 문제점이 있다.

이상의 문제점을 해결하기 위하여, 본 연구에서는 2대의 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터를 이용하여 입력은 병렬로 연결하고 출력은 직렬로 연결한 Quasi Z 소스 DVR을 제안하였다. 제안된 시스템은 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터의 특징인 연속 전류 모드(CCM)로 동작하며, 듀티비 D에 따른 Buck Boost모드와 Boost모드의 전압을 출력할 수 있다. 각각의 컨버터의 D를 각각 제어하여 Buck Boost모드와 Boost모드에 따른 전압 sag swell을 보상할 수 있었다. 제안된 시스템의 타당성을 검증하기 위하여 계통전압에서 10[%], 20[%], 30[%], 40[%]의 전압 sag가 발생하는 경우와 연속적인 전압 sag swell이 발생하는 경우에 대한 PSIM 시뮬레이션을 수행하였다

2. 제안된 시스템

그림 1은 본 연구에서 제안된 시스템을 나타내고 있다. 계통 전압의 전압 변동이 없는 경우, 릴레이 1과 2는 오프상태가 되고, 릴레이 3은 온 상태가 된다. 하지만 계통 전압에 전압변동이 발생하였을 경우에는 릴레이 1과 2는 온이 되고 릴레이3은 오프 동작이 되도록 구성이 되어 있다. 그리고 출력이 직렬 연결된 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터는 상위 컨버터와 하위 컨

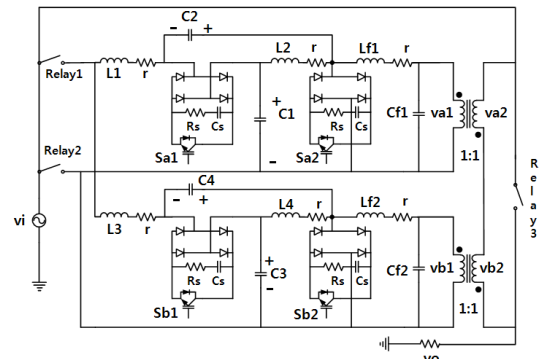


그림 1 제안된 시스템
 Fig. 1 The proposed system

그림 2는 전압 sag의 스위칭 방법을 나타내고 있다. 먼저 50[%]미만의 전압sag 발생에 대한 스위칭 방법은 상위 컨버터의 D는 0으로 고정시켜 놓고 전압sag 발생 시 입력전압이 항상 동상으로 출력 되도록 한다. 또한 하위 컨버터는 기존 전압에서 2배의 입력전압을 뺀 값이 역상의 Buck Boost 모드로 출력되도록 D를 이용한다. 그렇게 되면 상위 컨버터에서 하위 컨버터의 출력 전압을 빼는 결과를 얻게 된다. 그리하여 두 컨버터의 출력전압은 전압sag가 발생하였을 때 보상해야 할 값을 출력하게 되고, 이 출력 전압은 각각의 결합 변압기를 통하여 계통 전압을 보상한다. 그림 2의 50[%]이상의 sag 발생에 대한 스위칭 방법은 상위 컨버터와 하위 컨버터는 전압sag가 발생한 입력 전압 vi를 Boost모드의 D를 이용하여 Sa1, Sb1과 Sa2, Sb2에 상보적으로 동일한 D를 이용하여 온, 오프하면 각각의 결합 변압기를 통하여 계통전압을 보상하게 된다. 즉, 상위 컨버터와 하위 컨버터가 각각 보상해야 할 전압을 절반씩 분담하여 Boost모드의 D를 이용하여 Boost하여 출력하게 되면 결합 변압기를 통하여 계통 전압을 보상하게 된다.

그림 4는 전압 swell 발생에 대한 제안된 방법의 스위칭 방

법이다. 전압 swell이 발생한 입력전압 v_i 의 Buck Boost 모드 D를 Sa1, Sb1과 Sa2, Sb2에 상보적으로 동일한 D를 이용하여 온, 오프하며 각각의 결합 변압기를 통하여 계통전압을 보상하게 된다. 즉, 상위 컨버터와 하위 컨버터가 각각 보상해야 할 전압을 절반 씩 분담하여 Buck Boost모드의 D를 이용하여 Buck Boost하여 출력하게 되면 결합 변압기를 통하여 계통 전압을 보상하게 된다.

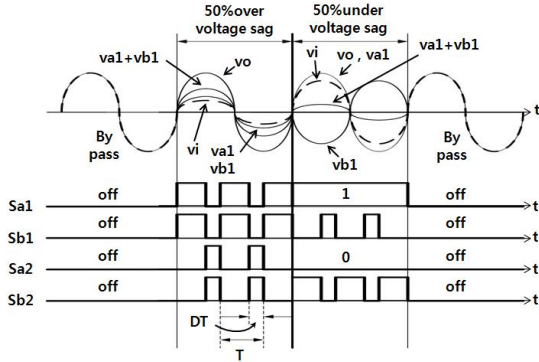


그림 2 전압 sag에 대한 스위칭 방법
Fig. 2 Switching method for voltage sag

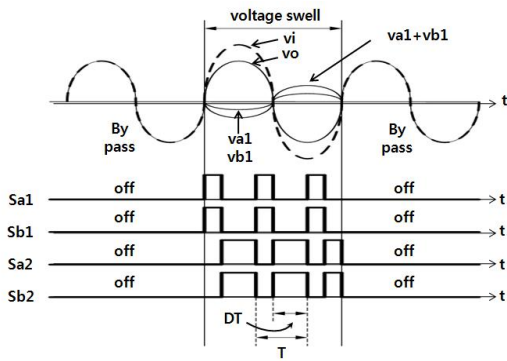


그림 3 전압 swell에 대한 스위칭 방법
Fig. 3 Switching method for voltage swell

3. 시뮬레이션 결과

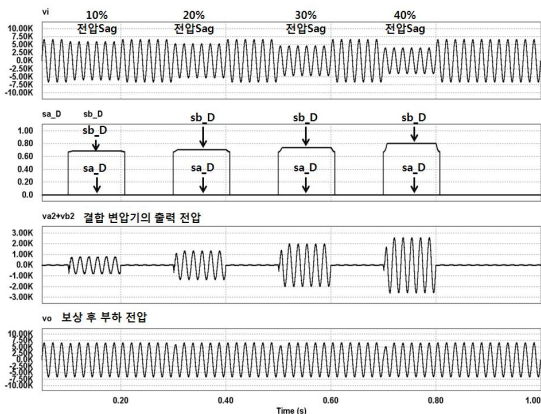


그림 4 50[%]미만의 전압 sag에 대한 보상 결과
Fig. 4 Compensation results for voltage sag under 50[%]

PSIM 시뮬레이션에 사용된 Quasi Z 소스 네트워크는 인덕터 $L1 = L2 = L3 = L4 = 1[mH]$, 커패시터 $C1 = C2 = C3 = C4 = 6.6[\mu F]$ 이며, 부하는 $R = 30[\Omega]$ 이다. 계통 전압은

6.6[kV]/60[Hz]이며 스위칭 주파수는 20[kHz]이다. 상위 하위 컨버터 출력단의 결합 변압기의 변압비는 1:1이고 출력필터는 $L_{f1} = L_{f2} = 2[mH]$, $C_{f1} = C_{f2} = 10[\mu F]$ 이고 각 $L1 \sim L4$ 에 대한 저항 성분은 $0.5[\Omega]$ 로 하였으며 각 스위치의 R C스너버 회로는 $R_s = 0.1[\Omega]$, $C_s = 0.01[\mu F]$ 로 하였다.

그림 4와 5는 50[%]미만의 전압 sag에 대한 보상 결과와 연속적인 전압 sag swell에 대한 보상 결과로서 기존의 단상 보상기의 문제점인 50[%]미만의 전압 sag가 보상이 되었고, 그와 더불어 연속적으로 전압 sag와 swell이 발생하여도 보상을 할 수 있다.

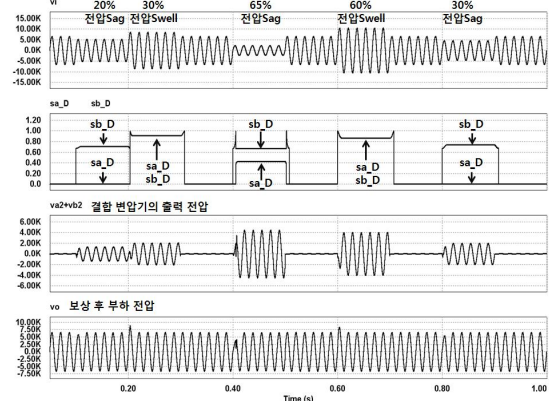


그림 5 동적 전압 sag-swell에 대한 보상 결과
Fig. 5 Compensation results for dynamic voltage sag-swell

4. 결론

본 연구에서는 단상 Quasi Z source AC/AC converter 2대를 이용하여 출력이 직렬로 연결되어 6.6[kV]/60[Hz]의 배전 계통의 전압변동을 보상하는 시스템을 제안하였다. 1대의 Quasi Z 소스 AC AC 컨버터를 이용한 종전의 보상기는 전압 sag가 정상전압의 50[%]미만인 경우에는 보상이 불가능하였다. 그러나 제안된 방법은 Buck Boost모드와 Boost모드의 듀티비 D를 이용하여, 상위 하위 컨버터를 각각 개별 제어하여 이상의 문제점을 해결하였다. 타당성 검증을 위하여 PSIM 시뮬레이션을 하였다. 그 결과, 계통전압의 50[%]미만의 전압sag와 연속적인 전압 sag swell에 대하여 모두 보상 가능함을 확인할 수 있었다.

이 논문 또는 저서는 2011년 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)와 바이오하우징연구소 및 "지식경제부", "한국산업기술진흥원", "호남광역경제권 선도산업지원단"의 "광역경제권 선도산업 육성사업"으로 수행된 연구결과입니다

참고 문헌

- [1] Mark F. McGranaghan et al, "Voltage Sags in Industrial Systems", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol29, No.2, PP.397 403, March/April, 1993
- [2] Minh Khai Nguyen, Young Gook Jung, and Young Cheol Lim, "Single Phase Z Source Voltage Sag/Swell Compensator", in Proc. IEEE ISIE'09, 2009, 24 28
- [3] 이기택, 정영국, 임영철, "단상 Quasi Z 소스 동적 전압 보상기", 전력전자학회 논문지, Vol. 15, No. 4, pp.327 334, 2010.