

Cascaded-H-bridge 정류기를 사용하는 SST에서의 DC-link 전압 밸런싱을 위한 방법

윤혁진*, 김호성**, 김명호**, 백주원** ,김희제*
 부산대학교*, 한국전기연구원**

The Method of DC-link Balancing on SST using Cascaded H-bridge Rectifier

Hyeok-Jin Yun*, Ho-Sung Kim**, Myung-Ho Kim**, Ju-Won Baek*
 Dept. of Electrical Eng, Pusan National University*
 Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)**

ABSTRACT

본 논문은, Cascaded-H-bridge 정류기를 사용하는 SST 시스템에서의 DC-link 전압 밸런싱을 위한 실용적이고 구성이 용이한 제어기에 관한 것이다. 제안하는 제어기는 DC-DC stage의 Dual active bridge 컨버터의 개별적인 위상 제어를 통해 DC-link의 전압을 개별 조정한다. 기존의 연구된 전압 밸런싱 기법들에 비해, 제안하는 제어기는 별도의 회로 및 장치가 필요 없고, 확장성이 용이 하며, 구성이 용이하면서 실용성을 가지는 장점들이 있다. 제안하는 제어기는 5kW의 7-level SST 시제품을 제작하여 검증하였다.

1. 서 론

Solid-State Transformer (SST)는 기존의 철심 및 구리 변압기를 대체할 수 있는 유용한 전력 시스템이다. 일반적으로 발전소에서 생성된 전력을 산업 현장 및 가정에서 쓰기 위해서는 전압 강하가 필요하다. 현재까지 이를 위해서 50/60Hz의 변압기를 주로 사용했다. 하지만 이런 변압기는 크기 및 무게, 전력 품질에 관한 문제점들을 가지고 있다. 이런 기존의 변압기와 비교 했을 때, SST는 양방향 제어, 무효 전력 및 유효 전력 제어, 고주파 동작으로 인한 변압기의 크기 및 무게 절감등의 장점을 가진다.

본 논문에서는 cascaded 멀티 레벨 타입의 SST 토폴로지가 사용된다[1]. 이 토폴로지는 크게 cascaded H-bridge 정류기로 구성된 AC-DC 파트와, 고주파 변압기로 절연되는 dual active bridge (DAB) 컨버터의 DC-DC 파트로 나뉜다.

멀티 레벨 타입의 SST의 단점 중의 하나는 DC-link 전압의 불균형이다. 이는 파라미터 오차 등 여러 요인으로 인해 발생할 수 있다. DC-link에서 발생하는 전압 불균형은 과전압 및 과전류 문제를 발생시킬 수 있으며 시스템에 심각한 문제를 초래한다. 기존에도 DC-link의 전압 불균형을 해결하기 위한 여러 방법들이 연구되었다[2]-[3]. 하지만 이 방법들은 추가적인 센서 및 회로가 필요한지, 제어가 복잡하든지, 레벨 수를 올렸을 때의 확장성이 떨어진다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이 단점들을 극복하기 위한 간단하지만 실용적인 전압 밸런싱 제어기를 제안한다. 제안하는 제어기는 5kW의 SST 시제품을 통해서 검증되었다.

2. 시스템 구성

이 섹션에서는 수 kV의 전압 레벨을 처리할 수 있는 7-Level SST 시스템을 소개한다. 시스템의 기본 구성은 그림 1에 나와 있다. 정류기 입력에 고전압 AC를 공급하기 위해 승압 변압기 (380V/1250V)가 사용되었다. AC-DC 파트는 3개의 H-bridge 정류기가 cascaded로 연결되어, 역률 제어 및 DC-link 전압을 정류하는 역할을 한다. DC-DC 파트는 3개의 DAB 컨버터가 병렬로 연결되어 있다. 이 컨버터는 고압 DC 전압을 저압 DC 전압으로 변환하는 역할을 한다. 기존의 50/60Hz의 변압기는 DAB 컨버터 내부의 고주파 변압기로 대체되었으며, 이로 인해 무게 및 크기의 절감이 발생한다. 이 시스템에서 DC-link의 전압 밸런싱은 DAB 컨버터의 제어기에서 이루어진다. SST 시스템의 전체적인 동작은 DSP 및 CPLD 프로세서를 통해 이루어진다. 정류기와 컨버터는 각각의 DSP 프로세서를 가지고 있으며 CAN 통신으로 서로의 정보를 주고받는다.

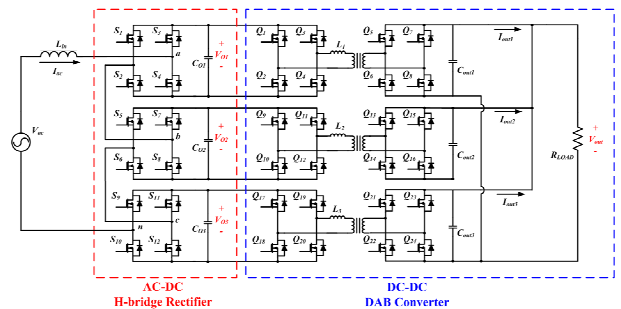


그림. 1 7-Level SST 시스템 회로도

3. 밸런싱 제어기

정류기는 역률 제어 및 전체 DC-link 전압을 정류하는 역할만 하므로 설명을 생략한다. 밸런싱 제어기의 기본적인 컨셉은 DC-link의 전압과 병렬로 연결된 컨버터에 흐르는 파워가 반비례한다는 것이다. 다시 말해, 컨버터에 파워가 많이 흐르면 해당되는 DC-link의 전압이 낮아지고, 반대로 컨버터에 파워가 적게 흐르면 해당되는 DC-link의 전압이 상대적으로 높아질 것이다. 이는 다시 말해, 병렬로 연결된 컨버터의 개별적인 파워

를 조절할 수 있다면 DC-link의 전압 밸런싱을 맞출 수 있다는 결론이 나온다. 그림2는 제안하는 밸런싱 제어기의 블록 다이어그램이다.

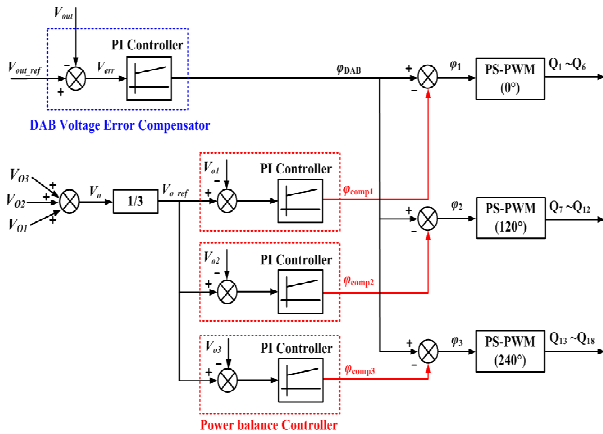


그림. 2 제안하는 밸런싱 제어기의 블록 다이어그램

3. 실험결과

제안된 밸런싱 제어기의 타당성을 입증하기 위해 아래와 같은 사양의 시스템을 설계 및 제작하여 실험 검증하였다.

표 1. 시스템 설계 상수

Parameters	Value	Unit
Maximum Power	5	kW
Input AC Voltage	1.25	kVac
Peak Input AC Voltage	1.77	kV
Each DC-link Voltage	1	kVdc
Total DC-link Voltage	3	kVdc
Line Inductance	5	mH
Capacitor of DC-links	212.7	uF
Switching Frequency of Rectifier	10.8	kHz
Switching Frequency of DAB	50	kHz
Output Voltage of DAB	380	Vdc
Turn ratio	1:0.38	
Leakage Inductance of DAB #1	200	uH
Leakage Inductance of DAB #2	180	uH
Leakage Inductance of DAB #3	220	uH

병렬로 연결된 컨버터의 임의의 파워 언밸런스를 주기 위해 최대 20%의 인덕턴스의 차이를 두었다. 파워 언밸런스로 인해 발생한 DC-link 전압 불균형이 제안하는 제어기를 통해 균형이 맞춰지는 것을 그림 3을 통해 볼 수 있다.

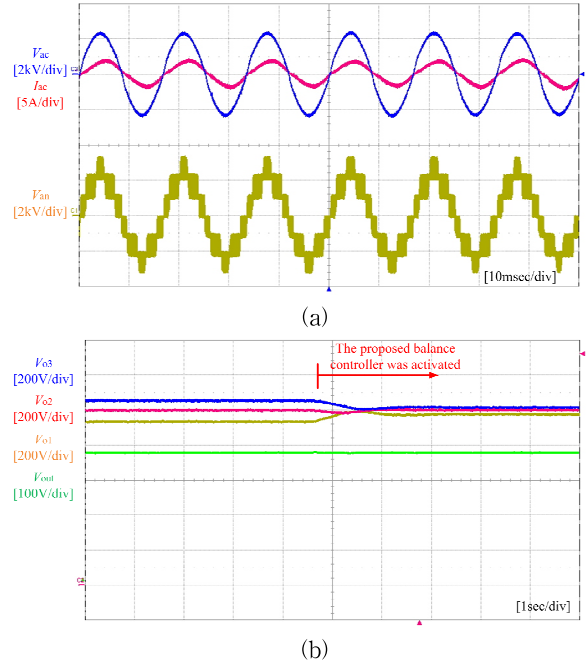


그림. 3 실험 결과 (a) 정류기 정상 상태 파형 (b) DC-link 전압 밸런싱

4. 결론

본 논문에서는 cascaded 멀티레벨 타입의 SST에서의 DC-link 밸런싱을 위한 제어기를 제안하였다. 제어기의 타당성을 검증하기 위해 7-Level의 멀티 레벨 SST 시제품을 제작했으며, 병렬로 연결된 DAB 컨버터의 인덕턴스를 20% 차이를 뒤서 임의의 파워 언밸런스를 발생시켰다. 이로 인해 발생한 DC-link 전압 불균형이 제안하는 제어기를 통해 균형을 맞춰가는 것을 실험 결과를 통해 검증할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] H.I.Eini, J.L.Schanen, S.Farhangi, and J.Roudet, "A modular strategy for control and voltage balancing of cascaded H-bridge rectifiers", IEEE Trans. Power Electron., vol. 23, no. 5, pp. 2428-2442, Sep. 2008 .
- [2] J.A.Barrena, L.Marroyo, M.A.R. Videl, and J.R.T.Apraiz, "Individual voltage balancing strategy for PWM cascaded h-bridge converter-based STATCOM", IEEE Trans. Ind. Electron., vol.55, no.1, pp.21-29, Jan. 2008.
- [3] X.She, A.Q.Hung, and T.F.Zhao, "Coupling effect reduction of a voltage-balancing controller in single-phase cascaded Multilevel converters", IEEE Trans. Power Electron., vol.27, no.8, pp.3530-3543, Aug. 2012.