

# 다단 멀티레벨 컨버터 방식의 22.9kV 5MVA STATCOM 개발

김상현<sup>1</sup>, 인동석<sup>1</sup>, 박영민<sup>1</sup>, 박기원<sup>2</sup>, 권병기<sup>1</sup>, 최창호<sup>3</sup>  
포스코 ICT 기술센터 전력전자기술팀<sup>1</sup>, 포스코 ARC팀<sup>2</sup>, 포스코 ICT 기술센터<sup>3</sup>

## Development of 22.9kV 5MVA STATCOM based Cascaded multilevel Converter

Sang Hyun Kim<sup>1</sup>, Dong Seok In<sup>1</sup>, Young Min Park<sup>1</sup>, Kiwon Park<sup>2</sup>, Byung Ki Kwon<sup>1</sup>,  
Chang Ho Choi<sup>3</sup>

POSCO ICT R&D Center Power Electronics Team<sup>1</sup>, POSCO ARC-Team<sup>2</sup>, POSCO ICT R&D Center<sup>3</sup>

### ABSTRACT

전기로와 같은 고압, 대용량의 산업응용분야에서 전원 안정화를 목적으로 하는 변동부하에 의해 발생하는 정상분 및 역상분의 무효전력을 보상하기 위한 고성능의 STATCOM의 개발이 요구되었다. 본 논문에서는 POSCO ICT에서 개발한 22.9kV 5MVA STATCOM(static synchronous compensator)에 대해 기술하였다. 개발된 STATCOM은 다단 멀티레벨 컨버터(Cascaded Multilevel Converter) 방식으로 Delta 구성하였으며, 각상당 12개의 H Bridge Inverter가 직렬로 구성되어 25레벨의 전압을 출력한다.

### 1. 서론

대형 전기로는 유도성 부하로서 많은 무효전력을 발생시켜 전압변동을 초래하고 전원 설비의 운전 역률을 떨어뜨려 시스템의 효율을 저하시키며, 전력품질을 저하시키는 주요 원인으로 동작한다. 아울러 동일 전원을 사용하는 다른 설비에도 나쁜 영향을 미친다. 전기로의 비선형적인 부하 특성은 계통전원의 불균형을 초래하고 특히 전등의 깜박거림을 유발하는 플리커(flicker)는 노동 환경을 저하시키고 이로 인한 생산성 및 품질저하 등을 유발시킬 수 있다. 이에 산업응용분야에서는 전원 안정화를 목적으로 하는 전력기기의 개발이 요구되어왔다. 기존에는 상기된 문제를 해결하기 위해 TCR(Thyristor Controlled Reator) 등의 솔루션이 적용되었지만 이는 저차 고조파를 발생하여 부가적인 필터를 동반하고 용량확장에 있어서 어려운 면이 있다. STATCOM은 일반적으로 TCR보다 훨씬 빠른 응답특성을 가지고 있어 변화가 심한 전기로 같은 부하의 무효전력변화에 빠르게 대처할 수 있으며, TCR이 가지고 있는 대용량 리액터 및 커패시터 뱅크가 필요가 없어 시스템의 크기가 작아지고 용량확장에도 유리한 장점이 있다.

최근 시스템의 대용화 및 고압화, 제작의 용이성, 출력전압의 고품질 등을 고려하여 다단 멀티레벨 컨버터 방식의 STATCOM이 많이 적용되고 있다<sup>[1]</sup>. 본 논문에서는 POSCOICT에서 개발된 22.9kV 5MVA STATCOM에 대하여 기술하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 STATCOM 전력시스템

개발된 22.9kV 5MVA STATCOM은 스위치기어, 승압 변압기, 필터 리액터 및 다단 멀티레벨 컨버터로 구성되어 있다.

STATCOM에 적용된 다단 멀티레벨 컨버터는 단상 풀브릿지 타입의 Cell 인버터가 12개 직렬로 연결되어 하나의 상을 구성하며, 6개의 Cell 인버터가 한 그룹을 이룬다. 각 상의 Cell 인버터들은 필리리액터를 포함하여 Delta 방식으로 결선하였으며, 계통 전원의 역상분 무효전력 보상에 따른 다단 멀티레벨 컨버터의 상 DC전압의 불균형은 영상분 전류(순환전류) 주입을 통해 보상한다. 다단 멀티레벨 컨버터는 20fT High Cubic 표준컨테이너에 구성되었으며, 공랭식으로 25RT의 HVAC를 포함한다. 다단 멀티레벨 컨버터는 Phase Shifted PWM 방법을 통해 전압을 합성하며, 25레벨의 6.6kV를 출력하고 22.9kV/6.6kV 변압기 및 고압 스위치기어를 통해 22.9kV 배전라인에 결선된다. 그림 1은 STATCOM의 구성도, 그림 2는 다단 멀티레벨 컨버터의 구성도이며, 표 1은 STATCOM의 상세 사양이다.

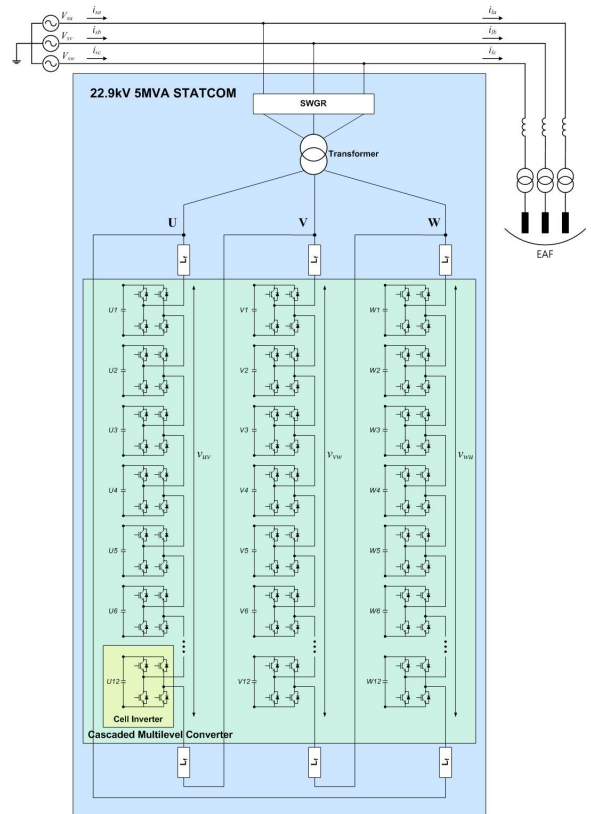


그림 1 22.9kV 5MVA STATCOM 구성도



그림 2 다단 멀티레벨 컨버터의 구성도

표 1 22.9kV 5MVA STATCOM 사양

구성	파라미터	값
SWGR	용량	5MVA
	전압	22.9kV
변압기	용량	5MVA
	결선	D-Y
	변압비	22.9kV/6.6kV
필터 리액터	인덕턴스	0.05pu
	구성	2단 직렬
다단 멀티레벨 컨버터	용량	5MVA
	전압	6.6kV
	전류	303A
	Cell 개수	상당 12개
	구성	Delta
Cell 인버터	용량	200kVA
	DC전압	1000V
DC전원 공급장치	리플전압	10%
	입력전압	1000V
	출력전압	15V, 24V
	용량	50W 듀얼
공조장치 (HVAC)	냉각방식	공냉식
	용량	25RT

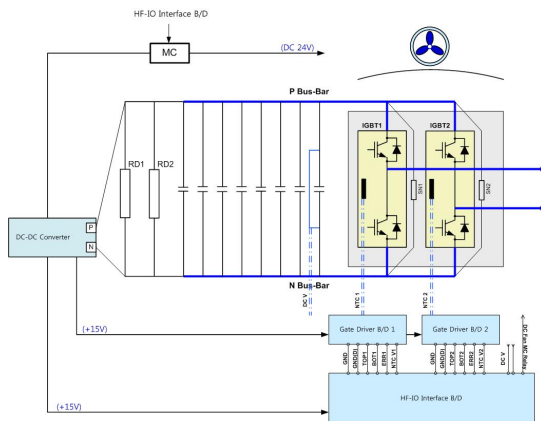


그림 3 Cell 인버터의 구성도

다단 멀티레벨 컨버터에서 직렬로 연결된 Cell 인버터들은 개별의 커패시터 뱅크를 가지고 있으며, 이는 서로 절연이 이루어져야 한다. Cell 인버터들은 각각의 커패시터 뱅크로부터 제어전원 및 냉각전원(FAN)을 DC 전원공급장치로부터 공급받는다. 그림 3는 Cell 인버터의 구성도를 보여준다.

## 2.2 STATCOM 제어시스템

제어시스템의 제어기는 기능별로 Main Controller, Cell Controller로 나눌 수 있으며, 상호간에 eCAN 통신으로 정보를 교환한다. Mail Controller는 시스템 전체의 제어를 담당하고 Cell Controller는 6개 그룹의 Cell 인버터의 제어를 담당한다. Cell Controller는 CF IO B/D(인터페이스보드)를 가지며, 6개의 Cell 인버터는 HF IO B/D(인터페이스보드)를 포함한다. 제어기의 용량 확장의 용이성 및 시스템의 단순화를 위해 Cell 인버터 6개씩 그룹화 하였다. 그림 4는 제어시스템의 개념도이다.

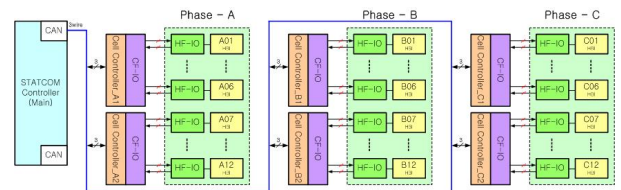


그림 4 제어시스템의 개념도

## 2.3 STATCOM 시험

22.9kV 5MVA STATCOM은 POSCO ICT포항 본사 시물레이션센터 3.3kV 라인에 결선되어 테스트하였다. 시험을 위해 시스템은 임시로 6단 구성을 하였다. 그림 5는 STATCOM의 설치도이며, 그림 6은 출력전압 파형이다.



그림 5 22.9kV 5MVA STATCOM의 설치도

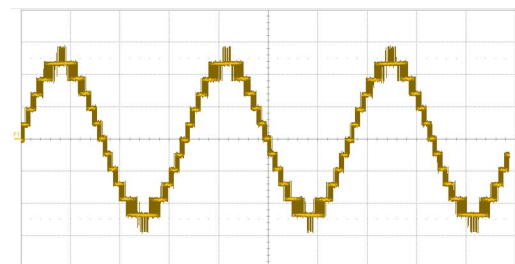


그림 6 STATCOM의 출력전압(2,000/div, 5ms/div)

## 3. 결론

본 논문에서는 POSCO ICT에서 개발된 22.9kV 5MVA STATCOM에 대하여 기술하였다. 개발된 시스템은 성능 검증 후 POSCO 전기로에 연계되어 계통전원안정화를 목적으로 실증할 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] H. Akagi, "Classification, Terminology, and Application of the Modular Multilevel Cascade Converter(MMCC)", IEEE Trans. on Power electronics, Vol. 26, No. 11, 2011.