

# MMC HVDC AC 전류 제어기 성능 비교 분석

박승희  
LS산전

## Performance Evaluation of AC Controllers

Park Seung Hee  
LS Industrial System

### ABSTRACT

MMC HVDC(Multi level Modular Converter High Voltage Direct Current)는 현재 차세대 전력망으로써 각광을 받고 있고 그에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다. 본 논문에서는 모듈형 멀티레벨 컨버터를 이용한 전압형 HVDC 시스템의 AC 전류제어기에 대하여 기술하고자 한다. 일반적으로 사용되는 회전변환을 통한 DQ전류제어와 PR제어를 사용하여 응답특성을 PSCAD/EMTDC를 통하여 비교 검증하고자 한다.

### 1. 서 론

MMC HVDC는 그 특성상, 일반적으로 매우 많은 전압 레벨을 가지므로 낮은 스위칭 주파수로 시스템을 구동하여도 출력 교류 파형이 정현적(sinusoidal)이 되므로 매우 낮은 전 고조파 왜율을 가진다. 따라서, 스위칭 손실 최소화가 가능하므로 전류형 HVDC에 비하여 전압원 HVDC의 단점으로 인식되던 손실 과다 문제도 MMC의 기술 개발과 함께 꾸준히 개선되고 있다. 한편, MMC는 분산된 DC link를 가지고, 각 셀의 고장 시 해당 고장 셀을 우회(bypass)시킴으로써 동작의 연속성을 기대할 수 있으며, 암 인덕터에 의한 급격한 사고 전류의 증가를 막는 등 사고에 대한 유연한 대처가 가능하다. 이와 같은 회로 방식의 HVDC송전 기술은 현재 ABB, Siemens, Alstom 등의 기업에서 상용화 되어 현장 적용 중에 있다. MMC는 크게 계통 전류제어, DC전압제어, MMC balance제어로 나눌수 있는데 본 논문에서는 계통 전류제어기를 일반적인 회전변환을 이용한 DQ제어기와 PR제어기를 사용하여 응답특성을 PSCAD/EMTDC를 통하여 비교 검증하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 MMC HVDC 구성

그림 1 은 하나의 직류 입력으로부터 3상 교류 출력을 갖는 MMC 시스템에 대한 개략도 이다. 여기서 셀(Cell)이라고 불리는 최소 단위 모듈(module)은 그림 3.2와 그림 3.3과 같이 하프 브릿지 (Half bridge)회로나 풀 브릿지(Full bridge) 회로와 직류단 커패시터의 병렬 연결로 이루어져 있으며, 셀 모듈은 손실이 가장 낮은 Half Bridge 컨버터를 일반적으로 사용한다. N개의 셀이 직렬 연결되어 하나의 암(Arm)을 구성하는데, 각

암에는 사고 시 전류의 급격한 증가를 막기 위한 암 인덕터가 하나씩 존재한다. 그림 3.1에서는 암 인덕터가 교류 출력 부에 모여 있는 형태이지만, 그 위치는 직류 입력 부에 존재해도 관계 없다. 상단 암과 하단 암이 하나의 레그(Leg)를 구성하며, 레그의 양끝은 직류 입력 부에, 상단 암과 하단 암이 만나는 레그의 중점은 교류 출력 부에 연결된다 계통전압과 계통 전류를  $V_{xs}$ 와  $I_{xs}$ 로 나타내고 각 Arm의 전압 전류를  $V_{xu}, V_{xl}, I_{xu}, I_{xl}$ 로 나타낸다. 또한  $L_s$ 는 교류측의 인덕턴스를 나타낸다.

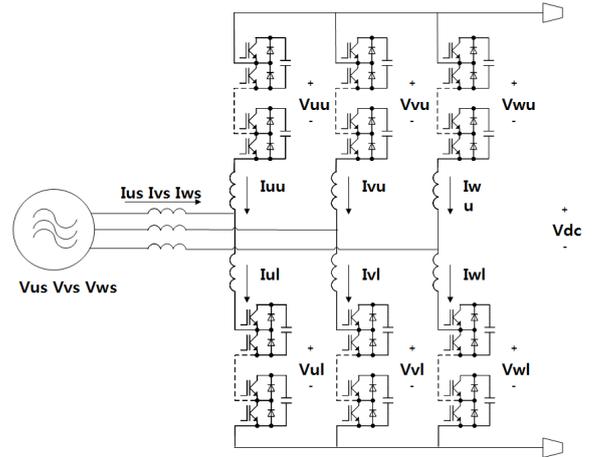


그림 1. MMC 구성도

Fig. 1 Circuit of Voltage Source HVDC

#### 2.2 계통전류 제어 방법

HVDC의 AC 계통 단의 유효전력과 무효전력을 독립하여 제어하기 위하여 일반적으로 회전변환을 통한 DQ 전류제어를 채택하여 사용한다. 이 때 회전변환을 위한 위상은 AC 계통의 정상분 전압을 이용하는데, 단상 지락사고나 계통의 불평형 시에도 정상운전을 위하여 역상분에 해당하는 전류제어를 사용하여 제어한다. 역상분 전압에 해당하는 전류제어는 일반적으로 영전류 제어를 사용하며, 이를 통해 계통 불균형 시에도 해당 AC 전류는 평형을 유지함을 확인할 수 있다. 하지만, 기존의 DQ 전류제어는 회전변환을 통한 PI 제어기를 사용하기 때문에, 계통 주파수에 해당하는 지점에서 무한한 제어 이득 값을 얻지 못한다. 따라서 본 논문에서는 계통 주파수에서 무한 이득을 가지는 PR 제어기를 사용하여 모듈형 멀티 레벨 컨버터

를 이용한 전압형 HVDC 시스템의 AC 전류제어기를 구성하였다. 본 제어기는 계통주파수를 제어에 사용한다. 정상분과 역상분의 주파수가 같기 때문에 PR제어기를 사용하면 하나의 제어기만을 사용하여 정상분과 역상분 전류를 동시에 제어할 수 있는 장점이 있다. 식 (1)은 일반적인 공진제어기의 전달함수이다.

$$G_r(s) = \frac{k_r s}{s^2 + w^2} \quad (1)$$

### 2.3 시뮬레이션

시뮬레이션은 PSCAD/EMTDC를 이용하였고 10MW 11level ±10kV 시스템을 구현하여 실험하였다.

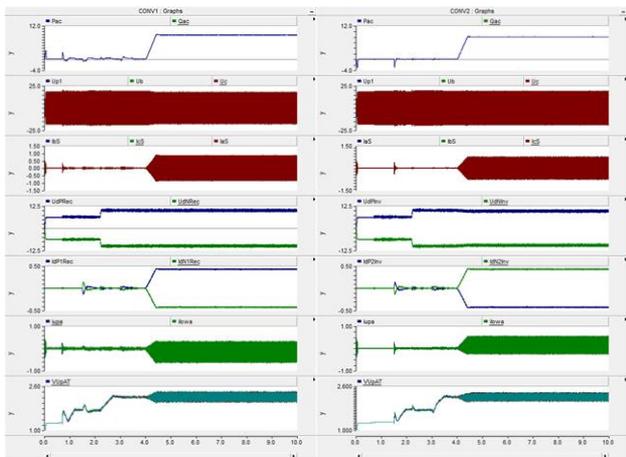


그림 4. MMC HVDC 시스템 정상상태 동작 파형 왼쪽 rec 오른쪽 inv

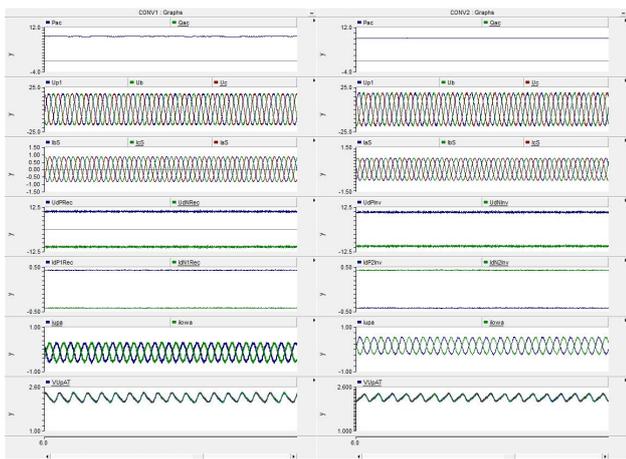


그림 4. MMC HVDC 시스템 정상상태 동작 파형 왼쪽 rec 오른쪽 inv

파형은 위에서부터 Active Power Reactive Power, 계통전압, 2차측 AC 전류, DC전압, DC전류, A상 Arm 전류, A상 SM전압이다. AC 전류제어기에 PR제어기를 사용하여 MMC HVDC 시스템의 동작 성능을 검증하였다.

### 3. 결론

본 논문에서는 MMC HVDC 시스템의 AC 전류제어기를 PR제어기로 구성하여 MMC HVDC 시스템의 동작성능을 검증하였다. 추후 기존의 PI제어기와 PR제어기의 정상상태 응답특성 및 고장시 응답성능을 비교 검증 할 예정이다.

### 참고 문헌

[1] 이경빈, "60MW급 HVDC 시스템 제어 알고리즘 개발", 전력전자학회, 전력전자학회 2012년도 추계학술대회 논문집 2012.11, page(s): 183 184