

2-1 / GW급 MMC-HVDC 제어 플랫폼 기술

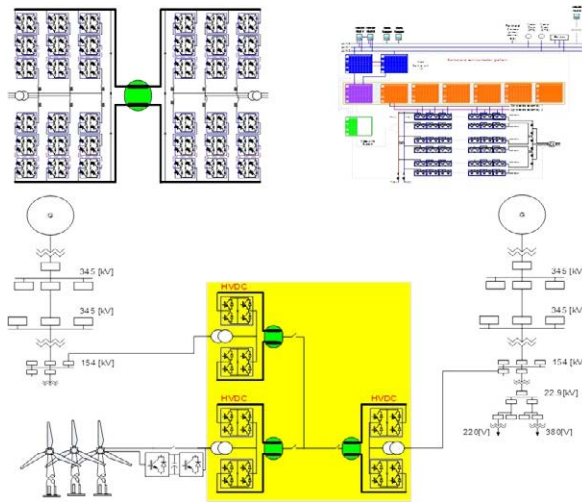
전력변환연구센터 박정우

본 기술은 모듈형 멀티레벨 컨버터를 갖는 전압형 고압직류 송전시스템에 대한 것으로, 각 밸브 마다 432개 SM를 갖는 GW급 시스템을 제어할 수 있는 계층 구조의 제어플랫폼을 개발하는 것임. FPGA기반 디지털보드 및 통신 네트워크, 제어알고리즘, 동작체계, 풍력발전시스템 연동기술 등을 통합하여 대용량의 고압직류 변전소를 개발하는 기술임.

기술개념 및 기술규격

■ 기술의 구성도

- 모듈형 멀티레벨 컨버터를 갖는 전압형 고압직류 송전시스템은 다수의 서브모듈(SM)로 구성된 모듈형 멀티레벨 컨버터로 구성되어 있음. 기술의 핵심은 1000개에서 2000개 SM로 분산되어 있는 컨버터를 10 μ s 준위로 고속으로 제어하면서, 모든 위치에서 시각 동기화가 되도록 구동시키며, 에너지 수수 기능을 구현할 수 있는 계층형 제어플랫폼을 개발하는 것이 기술의 핵심임



〈모듈형 멀티레벨 컨버터를 갖는 HVDC 송전시스템〉

1. 기술 개요

◆ 기술개발의 필요성

- 해상풍력 발전단지과 같이 전압과 주파수가 크게 변동되는 열악한 계통이면서 해저케이블을 이용해야 하는 단거리 송전, 열악한 계통을 연계하면서 600km 이상의 원거리를 송전해야 하는 경우는 전압형 고압직류(HVDC) 송전 시스템이 필수적임
- 신재생에너지원을 멀티터미널 구조로 연계함으로써 전력계통을 용이하게 확장시키는 것이 필요한 경우, 전압과 주파수가 크게 변동되는 AC-계통을 분할함으로써 안정화시키고자 하는 경우는 전압형 고압직류(HVDC) 송전 시스템이 필수적임
- 또한, 국가와 국가 사이에서 전력계통을 연계하여 운용하면 침투부하가 발생하거나 발전소 일부를 유지보수를 진행하는 기간에도, 국가 간 전력거래를 통해, 전력계통을 안정적으로 운용할 수 있는 장점을 가질 수 있는데 이를 구현하기 위해서는 전압과 주파수가 서로 다른 AC-계통을 연계할 수 있는 고압직류 기술이 필수적임

◆ 기술개념 및 기술규격

■ 기술개념

- 본 기술은 양방향(bi-direction)으로 에너지를 수수할 수 있으며, 수백레벨을 가지는 계통전압을 생성시킬 수 있고, 유효전력과 무효전력을 독립

적으로 제어할 수 있으며, 유효전력과 무효전력을 "0" 으로 제어할 수 있으며, 저압컨버터를 이용하여 고압컨버터를 만들 수 있는 전압형 고압직류 송전시스템에 대한 기술임

2. 기술 내용

◆ 기술의 특징

■ 기술의 특징점

- STATCOM 없이 해상풍력발전단지를 연계할 수 있으며, 고압직류 형태의 에너지로 송전할 수 있음
- 유효전력과 무효전력을 독립적으로 제어할 수 있으며, 무효전력과 유효전력을 각각 "0" 제어가 가능함
- 2-레벨 저압 컨버터를 직렬로 연결하는 수단을 통해, 수백kV 사양을 갖는 임의의 고압 컨버터를 쉽게 제작할 수 있음.
- 수심에서 수백레벨을 갖는 전압을 만들 수 있어서 전압왜형률이 매우 낮으며, 품질개선용 필터를 필요로 하지 않음
- 전압과 주파수 변동이 큰 신재생에너지원을 기존 고압AC 전력계통과 연계하거나, 전압과 주파수가 서로 다른 국가 간 전력계통을 서로 연계할 수 있음.
- 90km 이상의 해저케이블을 이용하여 전기를 송전해야 하는 경우, 또는

600km 이상의 육상케이블을 이용하여 전기를 송전해야 하는 경우는 고압 AC 송전 방식 보다 경제성 측면에서도 유리함

■ 기술의 상세 규격

- 한 개의 밸브(valve)에서 432개 SM을 갖는 1GW급 전압형 고압직류 송전 시스템을 제어할 수 있는 계층형 제어 플랫폼으로,
- 계층형 제어플랫폼에서 수행하는 전류제어기는 10us 주기, 혹은 그 이내로 구현이 가능하며,
- 계층형 제어플랫폼은 밸브 마다 독립적으로 제어를 수행할 수 있으며, 감시 기능을 가지며, 확장성이 있으며, 알고리즘 종류에 관계없이 구현이 가능함

■ 경쟁기술과 차별성

■ 국내외 유사 · 경쟁기술 현황

- 모듈형 멀티레벨 컨버터를 갖는 고압직류 송전시스템

국내	기술명	20MW급 전압형 HVDC 연계기술 개발
	기술 내용	한 개 밸브(valve)에 서브모듈(SM)이 10개 밖에 되지 않는 시스템을 제어하는 제어플랫폼으로, GW급 적용에 한계
국내	기술명	HVDC 전력계통 최적화 운용기반 알고리즘 개발
	기술 내용	모듈형 멀티레벨 컨버터를 개발하는 내용이 아님
국외	기술명	INELFE project (Spain ↔ France, SIEMENS)
	기술 내용	400SM/valve, +/-320kV_DC, 1GW X 2 set, 최대용량 제품화 측면에서 6년 이상 격차가 있고, 제어플랫폼 측면에서 3년 정도의 격차가 있음

■ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
MMC-HVDC 제어플랫폼 기술	· KERI에서 개발한 고성능의 밸브기반 제어알고리즘 보유 · 세계 최대용량인 1GW급 MMC-HVDC 시스템을 개발할 수 있는 계층형 제어플랫폼에 대한 고유기술 보유

3. 기술의 시장성

■ 기술 적용 가능분야

■ 기술이 적용되는 사업분야 및 제품(시스템)

- 본 기술은 모듈형 멀티레벨 컨버터를 갖는 고압직류 송전 시스템을 제어할 수 있는 제어 플랫폼 기술로, HVDC 전압형 컨버터 시스템에 적용이 가능함



〈HVDC 컨버터 스테이션〉

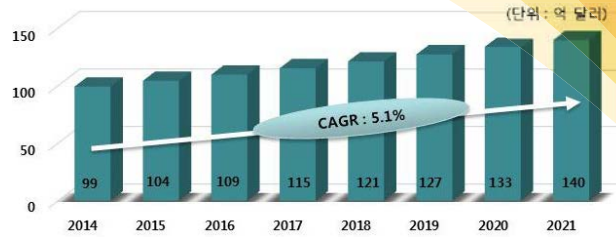
■ 시장 현황 및 규모

■ 관련기술 시장현황 및 특성

- 세계 HVDC 컨버터 스테이션 시장규모는 2014년 99억 달러에서 연평균 5.1%로 성장하여 2021년에는 140억 달러에 이를 것으로 전망함
- 세계에서는 해상풍력 등 대규모 전력을 안정적이고 경제적으로 전송하기 위해서는 HVDC에 의한 수요가 증가할 것으로 예상되며, 이를 제어하는 플랫폼도 동반 성장할 것으로 예상됨
- 국내에서는 모듈형 멀티레벨 컨버터를 이용한 고압직류 송전시스템을 제주, 북당진, 동해안 원자력 발전소에 설치할 예정이며, 향후 육상 송전분야에서도 수요가 확대될 것으로 전망됨

■ 국내외 시장 규모

〈세계 HVDC 컨버터 스테이션 시장규모〉



자료 : Markets and Markets(2014), The Global HVDC Converter Station Market

4. 주요 연구 성과

■ 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	Method for suppressing circulating current in modular multilevel converter for high voltage direct current transmission	미국 독일 중국	14/ 063,696US 외 2	2016
등록	Driving apparatus and method for modular multilevel converter	미국 독일 중국	14/ 323,380US 외 2	2016
등록	모듈형 멀티레벨 컨버터의 구동방법 및 구동 장치	한국	10-1512188	2015
등록	고압 직류 송전용 모듈형 멀티레벨 컨버터의 순환전류 억제 방법	한국	10-1410731	2014
등록	모듈러 멀티 레벨 컨버터의 변조 방법	한국	102014 0162436	2014

■ 기술의 완성도

- TRL 4 수준의 기술완성도 단계 : 실험용 시제품 개발 단계
- 개발 기술 범위 : GW급 MMC-HVDC 제어플랫폼 (432SM/valve)
 - 20us 주기 구현용 MMC-HVDC 제어플랫폼 시제품(2015)
 - 10us 주기 구현용 MMC-HVDC 제어플랫폼 시제품(2016)
 - 10us 이내 구현용 MMC-HVDC 제어플랫폼 시제품(2017)
- 기술개발 완료 시기
 - 2017년 12월 : 제어플랫폼 시제품 및 검증완료

5. 기대 효과

■ 기술 도입 효과

■ 경제적인 효과

- 고압직류 송전시스템을 국산화 함으로써 고압 직류송전 시스템에 대한 국내 수요에 대응하고, 국외 시장을 개척하는데 크게 기여할 것으로 판단 됨 (출처:HVDC 계통계획 로드맵, KEPCO, 2014)

■ 기술 · 산업적 파급 효과

■ 기술적 파급 효과

- 자연에너지로부터 전기를 생산하는 신재생에너지원은 조건에 따라 출력전압과 주파수가 크게 변동되는 속성을 가지기 때문에, 전류형 HVDC 시스템과 STATCOM을 결합하여 연계해 왔지만, 본 기술을 개발하게 되면 단독으로 연계가 가능해지며, 멀티터미널 구조를 갖는 전력계통 구성이 가능해져 서로 다른 에너지를 통합하는 것이 가능해지며, 국가 간 전력계통 연계가 가능함

적용수요	적용시기	용량
북당진 ↔ 고덕(I)	2014~2018	1.5GW
북당진 ↔ 고덕(II)	2017~2021	1.5GW
서남해 해상풍력	2017~2022	2.0GW
제주 #3	2021~2025	200MW
동해안 ↔ 수도권	2015~2021	6.0GW
동해안 ↔ 수도권2	2019~2025	6.0GW