

효성 MVDC R&D 현황

효성중공업 연구소는 안양연구소와 창원연구소 이원 체제로 운영되고 있으며, 안양연구소(경기도 안양시 동안구 소재)에서는 차세대 전력기술 실험센터에 실험실 인프라를 구축하여 HVDC/MVDC/LVDC, STATCOM, ESS, PCS 등의 제품 개발 및 기반기술 연구를 수행하고 있다.

창원연구소(경상남도 창원시 성산구 소재)에서는 대지 500평 규모의 신뢰성 평가센터를 건립하여 시험 데이터베이스 축적, 품질 확보 및 제품의 신뢰성 확보를 위한 선진화된 제품 개발 프로세스를 구축하여, Asset Management System과 변압기, 차단기 제품의 신뢰성 확보 기술 및 관련 기반기술 연구를 수행하고 있다.

1. 효성중공업 연구소 MVDC 연구 개발

MVDC(Medium Voltage Direct Current) 기술은 송전 계통에 적용되는 HVDC(High Voltage Direct Current, 100kV 이상)와 배전 계통에 적용되는 LVDC(Low Voltage Direct Current, 1.5kV 미만) 사이의 전압 레벨과 송전 용량을 가진

고압 DC 배전기술이다. 이러한 MVDC 기술은 선로 이용율을 향상시켜 신재생에너지원의 급격한 도입으로 인한 계통 접속 지연 문제를 해결하거나, 전력 조류 제어를 통해 최대 허용 부하율을 향상시켜 전기차 충전소, ESS(Energy Storage System), IDC(Internet Data Center) 등과 같은 늘어나는 도심의 대규모 전력 부하 수요를 보다 효율적으로 충족시킬 수 있기 때문에 그 필요성이 부각되고 있다.



그림 1 효성중공업 안양연구소 및 차세대 전력기술 실험센터 전경



그림 2 효성중공업 창원연구소 및 신뢰성 평가센터 전경

효성은 이러한 흐름에 맞춰, 2017년에 20MW급 MMC (Modular Multilevel Converter) HVDC를 연구개발하여 제주 실증단지에서 실증을 완료하였다. 이를 통해 개발된 MMC 기술로 STATCOM 사업화에 성공하여 국내 및 해외에 설치/납품하여 운영중이다. 또한 MVDC 영역으로 기술을 확대하여 녹색에너지연구원에서 추진한 국내 최초의 $\pm 35kV/30MW$ 급 MVDC 스테이션 개발 프로젝트*에 참여하여 설치를 완료하였고 시운전 예정이다.

본 프로젝트로 변전소 직류 접속선로(MVDC급)의 전력전송용량 규정을 기존 AC 20MW에서 DC 30MW로 개정하고, 직류 전선로 설치 높이 규정을 기존 AC 20m를 DC 6~7m로 완화를 위한 실증연구를 진행중이다. 이를 통해 MVDC 시스템의 구축 및 시험 평가하는 기술을 축적함과 더불어 MVDC 시스템의 기동/정지 시퀀스 동작에 따른 접속 계통의 영향 평가와 정상 상태 및 과도 상태 시 MVDC 시스템의 계통에

미치는 영향에 대한 평가가 가능할 것으로 사료된다.

※ $\pm 35kV/30MW$ 급 MVDC 스테이션 개발 프로젝트 : “ $\pm 35kV$ 급 MVDC 접속 선로의 최적 전송 용량 산정과 직류 전선로 최적 설치 높이 산정”을 목적으로 하는 「대용량 분산전원 연계 MVDC 실증사업」

2. 국내외 MVDC 동향 및 전망

국내의 경우, 정부의 재생에너지 확대 정책에 따라 기존 전력망에 신재생 에너지원의 연계를 위한 MVDC 필요성이 커지고 있다. 특히, 제 4차 에너지 기술 개발 계획에 따르면 정부는 신재생 수용성 확보를 위해 MVDC 직류 배전 운영 시스템 기술 확보 및 AC/DC 혼용 운전을 목표로 제시하고 있고, 제 9차 전력수급기본계획에서는 분산전원 확대에 따른 배전망 문제 해결을 위하여 MVDC를 적용하고 마이크로그리드 전력망 등을 단계적으로 도입 추진하는 것을 언급하고 있다. 현재 MVDC 국내 시장은 도입단계이지만 향후 확대될 것으로 전망된다.

해외의 경우, 영국 ANGLE DC 프로젝트(2016 ~ 2020), 중국 WENCHANG 프로젝트(2010 ~ 2013)와 같이 상용화 이전의 Pilot Project가 추진되고 있고 2030년 약 \$16억의 시장 규모가 전망된다. 이중 45%는 재생에너지 연계 분야, 40kV 이하의 MVDC가 40%를 차지할 것으로 예상된다. (Navigant Research)

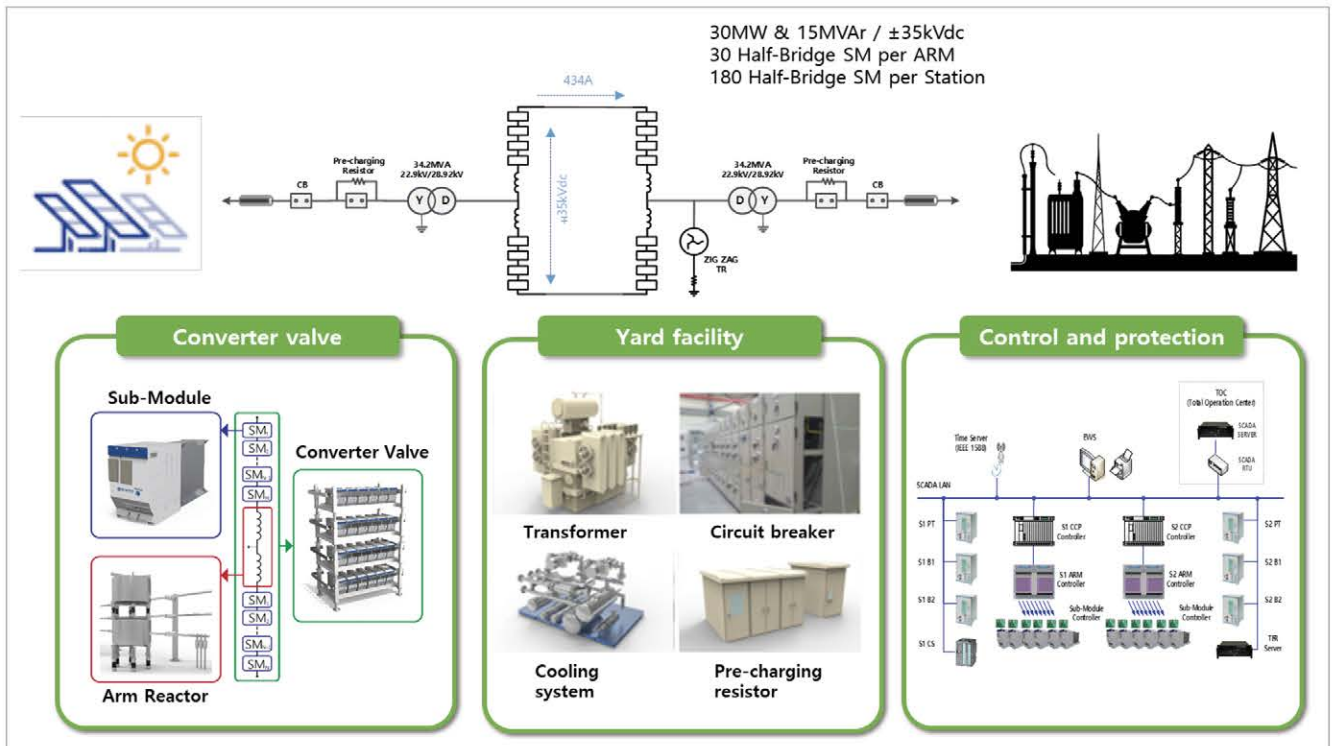


그림 3 나주 $\pm 35kV/30MW$ 급 MVDC 시스템 구성도

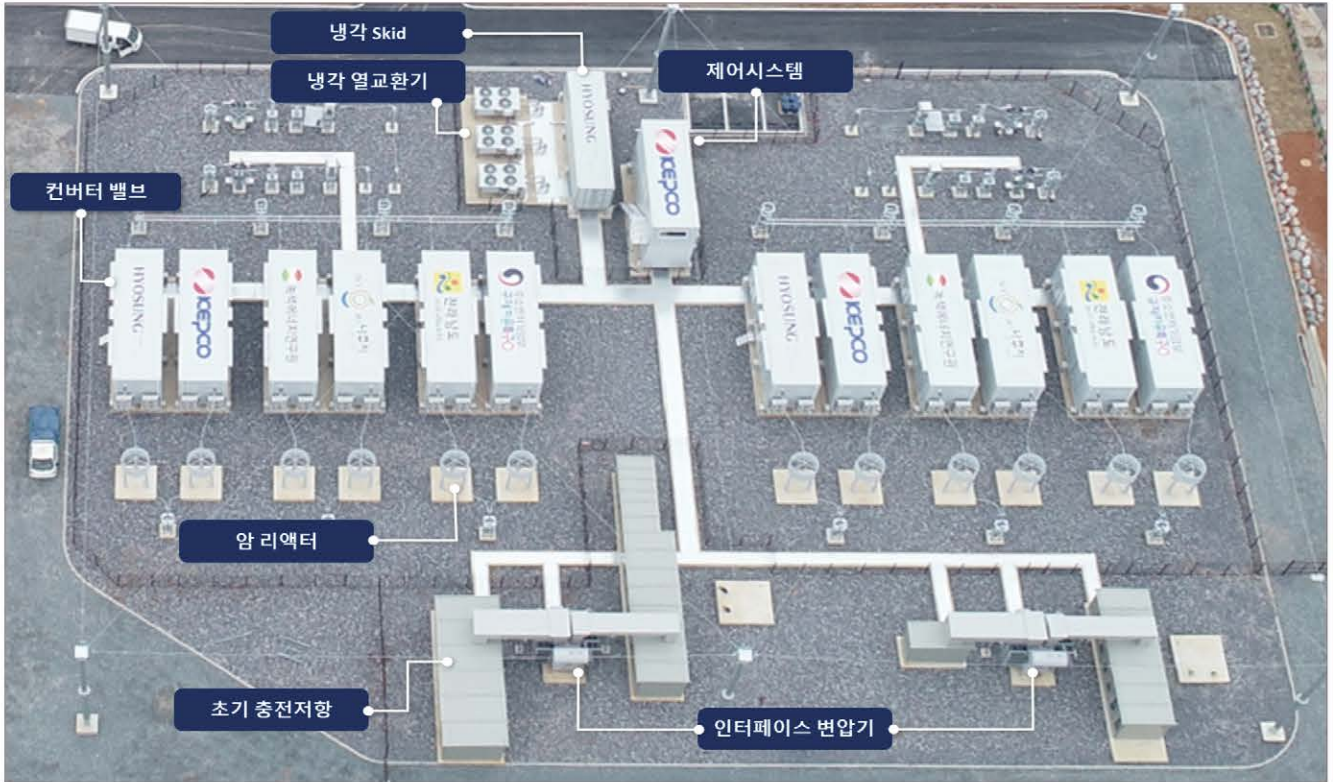


그림 4 나주 ±35kV/30MW급 MVDC Station 항공 사진

3. 나주 ±35kV 30MW MVDC STATION

MVDC 시스템은 접속 선로 구성에 따라 PTP(Point to Point) 방식과 MT(Multi Terminal) 방식으로 나누어질 수 있는데, 본 프로젝트(나주 ±35kV/30MW급 MVDC 스테이션

개발)는 2개의 Station(AC를 DC로 변환하기 위한 Rectifier용 Station과 DC를 AC로 변환하기 위한 Inverter용 Station)으로 구성된 PTP방식의 MVDC 시스템이다.

MVDC의 Station은 크게 전력 변환을 위한 컨버터 밸브와 컨버터 제어 및 보호기능을 수행하기 위한 C&P System(Control and Protection System) 그리고 변압기, 냉각

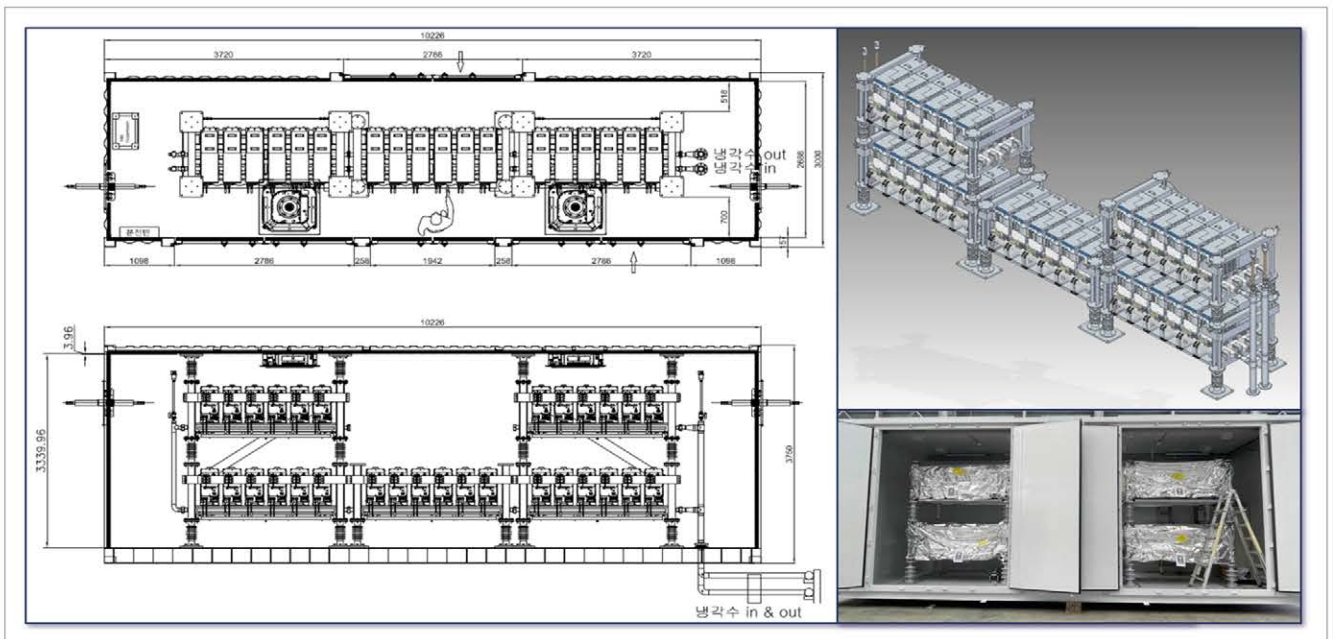


그림 5 나주 ±35kV/30MW급 MVDC 컨버터 밸브

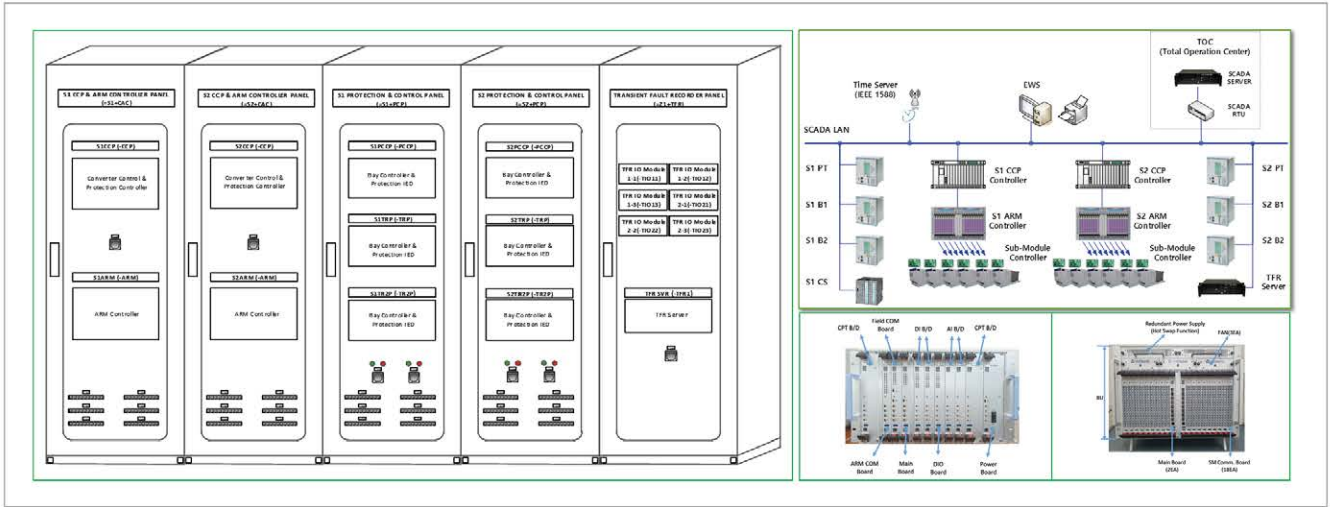


그림 6 C&P(Control and Protection) 시스템

시스템을 포함한 다양한 종류의 야드 기기들로 구성된다(그림 3). 나주 $\pm 35kV$ 30MW MVDC Station의 중 주요 장비인 컨버터 밸브와 C&P시스템 그리고 냉각시스템은 총 14대의 컨테이너(컨버터 밸브용 컨테이너 12대, C&P시스템용 컨테이너 1대, 냉각시스템용 컨테이너 1대)에 탑재되도록 설계되어, 별도의 전용 건축물 없이 시스템을 빠르게 구축될 수 있도록 하였다(그림 4).

컨버터 밸브는 총 30개의 서브 모듈로 구성된 ARM을 하나의 컨테이너로 구성하여, Station 당 6대의 컨테이너로 이루어져 있다. 각 컨테이너 내부 구성은 그림 5에서와 같이 총 6개의 서브 모듈로 구성된 Valve Section 5개를 적재하는 방식을 채택하였다.

MVDC Station의 제어 및 보호 기능을 수행하는 C&P System은 그림 6과 같이 크게 Operator와 Interface 기능을 수행하는 운영시스템, Operator의 운전 지령에 따라 Converter를 제어하고, 보호기능을 수행하는 Converter 제어시스템 그리고 AC선로 보호 및 CB/DS/ES 조작을 수행하는 보호시스템으로 구성된다.

MVDC 시스템을 모의하기 위한 HILS(Hardware in the Loop Simulation)는 RTDS사의 제품 중 최신형 모델인 Nova Core 제품을 적용하였고, 시뮬레이션 Tool인 RSCAD로 전력계통과 컨버터 모듈, 그리고 Station 내의 스위치류(CB, DS, ES 등), 초기 충전 저항, Phase Reactor 및 Interface Transformer (I.Tr)를 포함한 야드 기기 등을 모델링하였다.

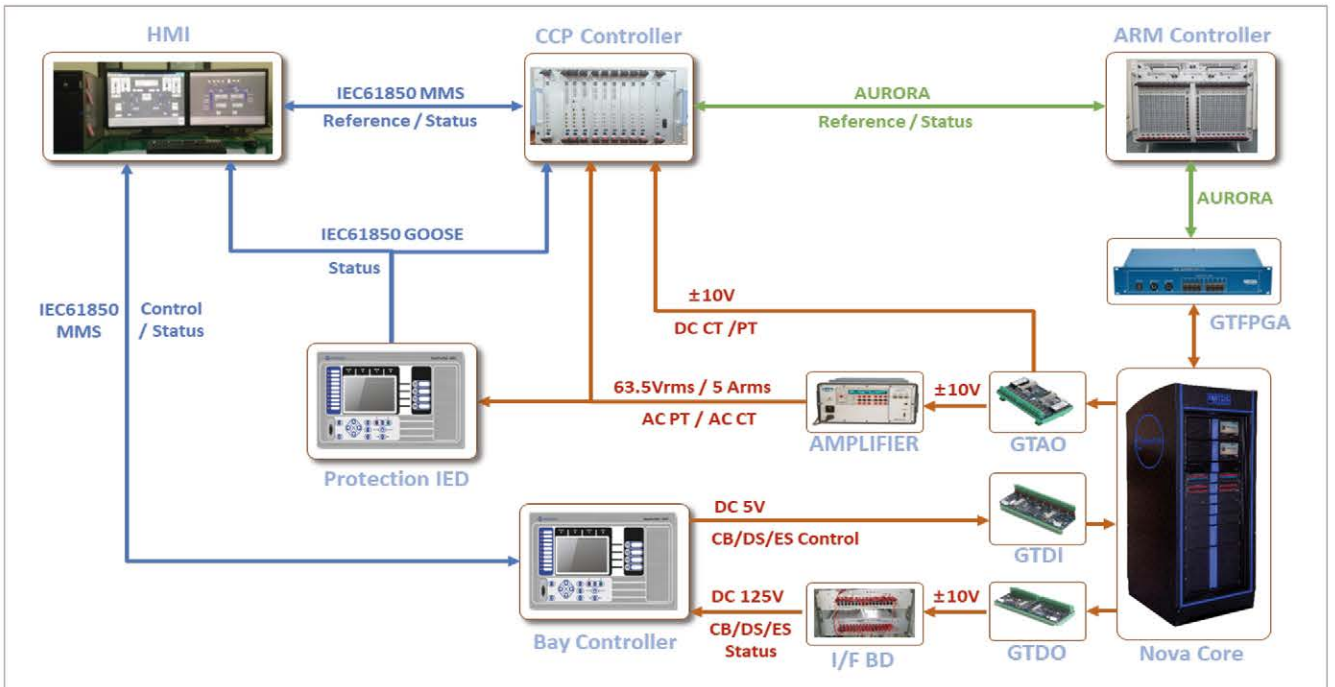


그림 7 TDS HILS 시스템 연결 구성도

RTDS HILS 시스템 연결 구성은 그림 7과 같다.

4. 연구개발 방향

효성중공업은 MVDC 뿐만 아니라 HVDC와 LVDC의 DC 사업 전반의 영역에서 전력기기 및 기술을 연구/개발하고 있다.

HVDC 경우 실증 완료한 제주 20MW HVDC 프로젝트와 '23년 설치 예정인 양주 200MW HVDC 프로젝트를 바탕으로 향후 대용량 기술 개발을 추진중이며, 경쟁력 확보를 위해 구성 기기의 Compact 화 개발도 병행 추진중이다. 또한, STATCOM 사업의 경험을 바탕으로 해외 인프라를 적극 활용하여 해외 시장에 진출할 계획이다.

MVDC 경우, 나주 $\pm 35\text{kV}/30\text{MW}$ MVDC 프로젝트를 바탕으로 국내 시장의 다양한 프로젝트를 발굴하여 시장을 선도할 계획이고, 차세대 AC/DC Hybrid 배전 네트워크 기술개발 사업의 국가과제에 참여하여 Compact 제어기 개발을 추진하고자 한다.

LVDC는 국내 산악지역의 기설 AC고압선로를 활용하여 LVDC(750V) 배전망을 실증 완료하였다. 기설 선로를 활용함으로써, 설비 구축비용을 절감하며 기존 배전 시스템에 대한 문제를 해결하였고 향후 지속적으로 배전용 전력변환기 개발과 실증을 추진할 계획이다.

5. 결론

수용가에 효과적인 배전을 위한 LVDC, 재생발전원 증가에 따른 계통 접속을 위한 MVDC, 지역간 장거리 송전, 권역별 계통 연계를 위한 HVDC와 같이 전력계통에서 DC의 필요성이 점점 커지고 있다.

특히, MVDC는 LVDC와 HVDC 간 연계가 가능하고 증가하는 재생에너지를 기존 계통에 연계하는 중요한 시스템이 될 것으로 사료된다. 이를 위해 현재 정부에서 추진중인 차세대 AC/DC Hybrid 배전 네트워크 기술개발 사업을 성공적으로 진행하여 경쟁력 있는 MVDC 기술을 확보하고 이를 바탕으로 국내/외 시장에 진출하고자 한다. ■■

정홍주 효성중공업 연구소 HVDC 연구팀 팀장

2000년 광운대 전기공학과 졸업(석사).
2015년 한양대 전기공학과 졸업(공학박).
2000년~현재 효성중공업 연구소 HVDC 연구팀 팀장.

