



HVDC(High Voltage Direct Current) 사업추진 전략



이철휴
KEPCO 엔지니어링처 HVDC팀장

1. 개요

HVDC 시스템의 송전전압과 송전전력은 1954년 ASEA에 의해 세계 최초로 스웨덴 본토와 고틀란드(Gotland) 섬 사이에 HVDC시스템($\pm 100\text{kV}$, 20MW)을

건설하고 상업운전을 실시한 것을 시작으로, 이후 많은 연구와 기술개발을 바탕으로 크게 발전하여 왔다. 특히, 최근에는 대용량, 장거리 전력전송과 신재생 전원단지의 증가로 HVDC 시장이 급속하게 성장하고 있다. 최근 조사에 의하면 앞으로 2020년까지 전 세계적으로 75조

원 규모의 HVDC 시장이 형성될 것으로 예상되고 있다. 기존의 HVDC 시장은 약 50년간 유럽의 ABB, Siemens, Alstom 3개사가 과점해 왔다고 할 수 있다. 그러나 최근 일본의 해외 프로젝트 진출과 중국의 기술개발 및 사업추진 등 아시아지역의 HVDC 신규사업자 등장으로 HVDC 시장은 새로운 국면에 접어들고 있다.

국내의 경우 1998년부터 제주~해남 간 #1 HVDC를 운전하고 있고, 2013년 3월 준공예정인 제주~진도 간 #2 HVDC가 건설 중에 있어 일부 기술축적이 이루어졌으나 HVDC 상용화를 위한 핵심 기술개발은 부족한 실정이다. 또한 서해안의 대규모 발전력을 수도권으로 유통하기 위한 프로젝트와 서해안 대규모 해상풍력단지 전력계통 연결에도 HVDC가 사용될 예정이며, 신규로 육지~제주 간 #3 HVDC도 건설될 예정이다.

이와 관련하여 한전에서는 국내외 HVDC 시장을 분석하여 HVDC 기술을 미래 전력산업 분야의 신성장 동력으로 선정하여 관련 기술 확보를 위해 노력하고 있다. 2009년부터 8대 녹색기술 중 하나로 HVDC를 지정하고 기술자립 및 사업화를 달성하고자 노력하였으며, 최근에는 HVDC 사업화 기술의 조기 확보를 위해 해외 HVDC 기술보유 업체와 HVDC Joint Venture를 설립하였다.

본 기고에서는 국내외 HVDC 시장 및 기술현황을 알아보고, 한전에서 추진 중인 HVDC 사업화 추진현황 및 기술전략에 대해 살펴보고자 한다.

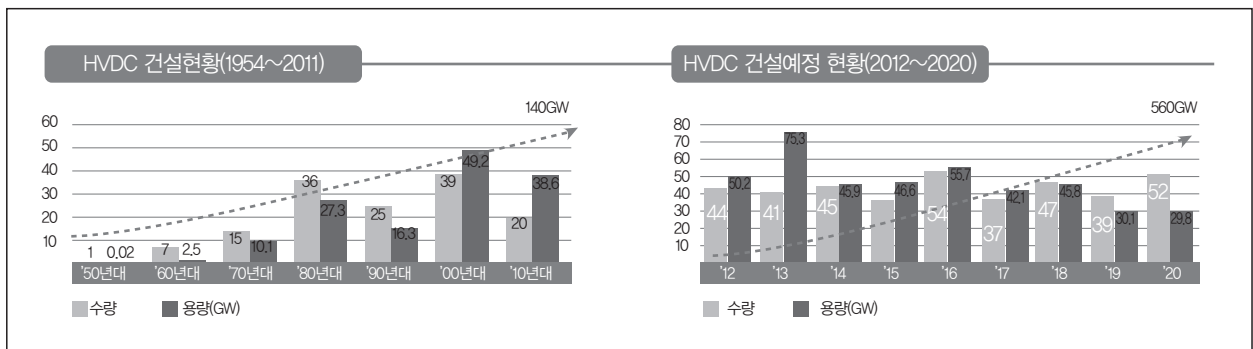
2. 현황

가. HVDC 시장현황

■ 해외의 HVDC 시장현황

앞서 언급했듯이 최초의 HVDC는 1954년 ASEA에 의해 스웨덴 본토와 고틀랜드(Gotland)섬 사이를 해저케이블로 연결하여 HVDC 시스템(±100kV, 20MW)을 상업 운전한 사례이다. 그러나 이 사업에는 스위칭소자로 수은 정류기 밸브(Mercury Arc Valve)를 사용하였다. 현재 사용하고 있는 Thyristor Valve를 사용한 최초의 전류형 HVDC 프로젝트는 1972년 캐나다에 설치된 Eel River Back To Back 프로젝트(±80kV, 320MW)이다. 이후 수많은 HVDC 프로젝트들이 이루어져 2011년 기준 140여개의 프로젝트, 140GW의 용량이 운전되고 있다.

이들 가운데 2000년 이후의 HVDC 프로젝트 중 약 40%가 중국, 인도 등의 아시아 지역에 집중되어 있으며, 전 세계 프로젝트의 약 25%인 15개(47GW)의 프로젝트가 중국에서 이루어지고 있다. 특히, 전력수요의 급증으로 발전단지와 수요지역간 장거리 대용량 HVDC 기술이 개발되어 중국에서는 800kV, 6.4GW급 HVDC도 건설되어 운전 중이다. 또한 향후에도 Super Grid 추진, 계통확장에 따른 고장전류 억제, 전력제어에 의한 안정도 향상, 신재생에너지 계통연계 등의 다양한 부분에 HVDC의 수요가 증가할 전망이다.



[그림 1] HVDC 건설 및 예정 현황

[표 1] HVDC 변환분야 사업자 주요 특징

ABB	(스웨덴)	세계 최초 HVDC 건설(1954년), 세계최초 전압형(VSC) HVDC 건설
SIEMENS	(독일)	ABB와 함께 중국시장 선점, 세계 최초 800kV급 기술개발
ALSTOM	(프랑스)	600kV급 전류형 HVDC 기술 보유, 800kV 사업 수주
TOSHIBA	(일본)	자국내 주파수변환 전력망 연계 위주 사업, 해외사업 추진 중
CEPRI	(중국)	1996년 HVDC 사업을 바탕으로 해외 기술도입

HVDC 변환분야에서 90% 이상의 시장을 유럽 국가들이 점유하고 있으며, 공급자 주도의 시장으로 스웨덴의 ABB, 독일 SIEMENS, 프랑스 ALSTOM (AREVA) 순으로 시장이 형성되고 있다. 표 1에서는 HVDC 변환분야 주요 업체의 특징을 설명하고 있다

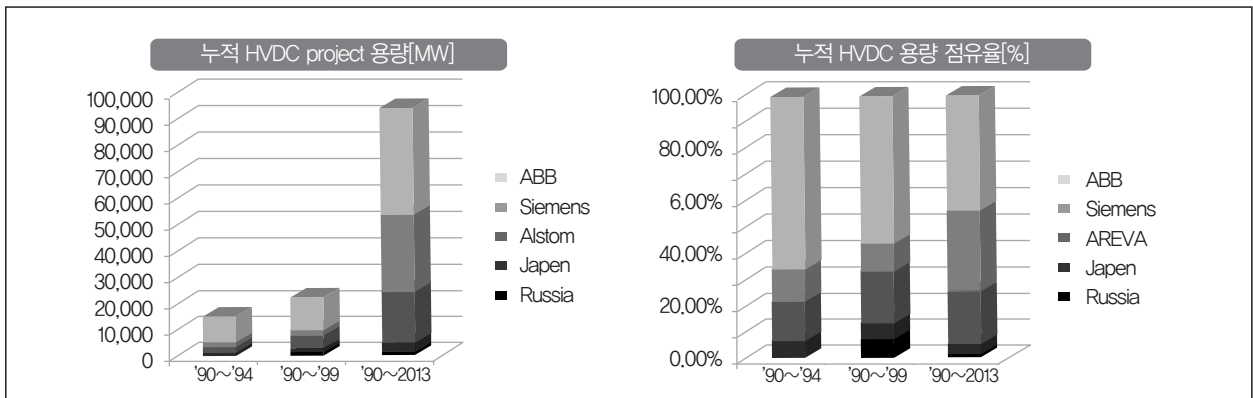
그림 2는 HVDC 변환분야 시장의 누적 점유율을 보여주고 있다.

- ABB(50%), SIEMENS(40%), ALSTOM(AREVA)(15%).

■ 국내의 HVDC 시장현황

국내에서 운전 중이거나 건설이 진행되고 있는 HVDC 프로젝트는 표 2와 같다.

또한 향후 추진예정인 HVDC 프로젝트 현황은 표 3과 같다.



[그림 2] HVDC 변환부분 공급사 점유율 현황

[표 2] HVDC 국내 기술 현황

구분	공급사	상업운전	정격전력(MW)	DC 전압(kV)	선로길이(km)
해남-제주(#1HVDC)	GEC-ALSTOM	1998년	300	±180	100
진도-제주(#2HVDC)	ALSTOM	2013년(예정)	400	±250	122

[표 3] 국내 HVDC 추진예정 HVDC 프로젝트 현황

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
북당진		1,000MW BTB HVDC							
제주 #3		200MW PTP HVDC(Monopole)							
서남해 해상풍력					2,000MW Offshore wind Farm 2013년				

이상의 HVDC 시장현황에서 보듯이 향후에도 전 세계적으로 대규모 HVDC 프로젝트는 지속적으로 증가할 예정이며, 중국이나 일본 업체의 해외사업 진출이 예상되면서 기존 3대 업체와의 경쟁도 예상되고 있다.

나. HVDC 기술현황

■ 해외의 HVDC 기술현황

최고의 기술력과 시장지배력을 가지고 있는 ABB(스웨덴)는 1954년 세계최초의 HVDC 건설 후 전 세계적으로 50여개의 전류형 HVDC 프로젝트를 수행하였으며, 이들 중 14개의 설비에 대해 1991년부터 업그레йд 프로젝트를 수행하고 있다. 또한 전류형 HVDC의 단점인 무효전력 소비문제를 개선한 CCC(Capacitor Commutated Converter) HVDC를 개발하였다. 이는 변환용변압기와 밸브 사이에 Capacitor를 직렬로 연결하여 무효전력 흡수량을 줄인 것이다. 1997년부터는 전압형 HVDC 프로젝트를 시작하여 전 세계적으로 10여개의 프로젝트가 완료되었거나 진행중에 있다. 현재 ABB는 풍력, 태양광 등 신재생에너지 연계 프로젝트에 역량을 집중하고 있으며, 특히 풍력발전 연계분야에서 독보적인 위치를 차지하고 있다.

차별화된 기술로 시장을 창출하고 있는 SIEMENS(독일)는 1975년 전류형 HVDC를 상용화한 이후 세계 최초로 800kV급 HVDC 기술개발에 성공하였다. Siemens는 ABB의 CCC HVDC와의 특허 분쟁을 피하기 위해 변압기와 AC 계통사이에 TCSC를 설치하여 인버터 단에서 소비되는 무효전력을 감소시킨 형태의 CSCC(Controlled Series Capacitor Converter) HVDC를 개발하였다. 2010년에 전압형 HVDC의 상용화에 성공하였으며, 세계 최초의 Multi-Level 방식의 전압원 HVDC가 Trans Bay Cable Project에서 적용하는데, 이는 Siemens가 전압원 HVDC 시장에 HVDC Plus라는 이름으로 상업적으로 설치하여 운영에 성공한 최초의 사례이다.

세계 3위의 시장지배력과 아웃소싱을 통한 사업성을 확보하고 있는 프랑스의 ALSTOM은 전 세계적으로 20여의 전류형 HVDC 프로젝트를 수행한 실적을 갖고 있으며, 이들 중 9개가 PTP(Point-To-Point) 방식이고 12개가 BTB(Back-To-Back)방식이다. 25MW용량의 Multi-Level 변환방식의 전압형 HVDC 실증설비 구축 운영을 통해 스웨덴에 프로젝트(300kV, 720MW×2)를 수주하여 추진 중이다.

도시바와 미쓰비시 합자회사인 일본의 TMEIC는 1965년 최초의 HVDC 건설 이후 국내 위주의 주파수 변환을 통한 전력망연계(BTB) 사업을 수행하였다. 그러나 최근에 일본 정부의 프로젝트 파이낸싱 지원 등을 통한 해외프로젝트 진출을 추진하여 이탈리아(Cepaggdai)~몬테네그로(Kotor)간 HVDC EPC 프로젝트(500kV, 1,000MW)를 수주하였다.

중국은 1980년부터 HVDC 자체 기술개발을 추진하였으나, 기술력 부족 등으로 해외 기술도입 필요성을 인식하였고, 1996년부터는 정부주관으로 해외 기술도입을 추진하였다. 자국 내 HVDC 건설공사 시 기술이전 및 합작생산을 전제로 국제입찰(ABB, SIEMENS)을 실시하여 현재 상당한 수준의 기술력을 확보하고 있다. 특히, 세계 최초로 800kV HVDC 프로젝트(Yunnan-Guangshou Project)를 준공하여 운전하고 있으며, 전압형 HVDC의 실증시험을 통한 기술개발도 진행하고 있다.

■ 국내의 HVDC 기술현황

국내에서는 HVDC 활용을 위한 연구가 1980년대 후반부터 시작되었으나, 대부분 타당성 조사 및 제한적인 설비연구 수준이었다. 이후 1998년 제주~해남 #1HVDC의 상업운전을 시작하면서 발생한 초기의 많은 문제점을 보완하여 현재는 제주계통에 경제적이고 안정적으로 전력을 공급하고 있으며, 2013년에는 제주~진도 #2HVDC 시스템의 상업운전을 개시할 예정으로 HVDC 시스템 운영분야에 많은 Know-How을 보유하고 있다.

그러나 HVDC 사업화를 추진하기 위한 설계, 시공, 시험 분야에서는 선진국과는 달리 기술수준이 미흡한 상황이다. 이를 극복하기 위해 2009년부터 제주에 80kV HVDC 연구실증단지 설치를 추진하여, 2013년에 운전할 예정이지만 사업화를 위한 기술수준과는 격차가 큰 실정이다.

HVDC 분야의 국내 기술수준을 자체적으로 분석하여 보면 세계최고 대비 40~60%수준으로 개발단계에 있다고 볼 수 있다.

다. 국내외 HVDC 기술개발 사업화 추진

앞의 시장현황에서 살펴본 바와 같이 HVDC 사업은 전력사업 분야의 새로운 Star영역(높은 성장률 및 시장점유율, 대규모 투자 필요)이라 할 수 있다. 따라서 이 분야에 관심을 가지고 기술개발을 추진하는 국내의 기업들이 증가하는 추세이다.

■ 중국 사례

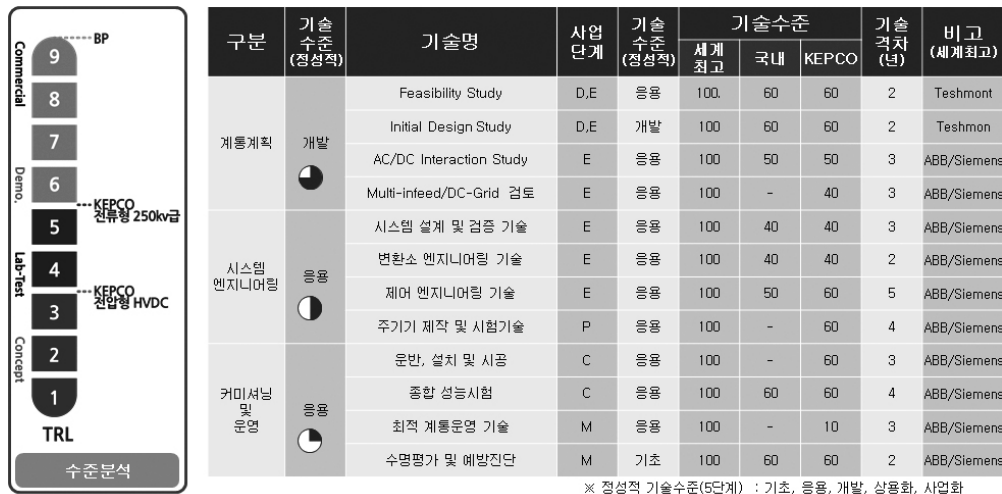
중국은 정부에서 전략적으로 HVDC 기술자립을 위하여 특정한 프로젝트를 지정하고, 핵심기술 개발 및 인재양성을 추진하고 있다.

중국은 1980년부터 HVDC 기술자립을 추진하였다. 자체 개발로 Test Project(±100kV, 50MW)를

추진하였으나 기술력 부족, 취약분야 노출로 해외 기술력 도입의 필요성을 확인하게 되었다. 이를 계기로 Gezhouba-Shanghai HVDC 등 5개 Project 구매 발주에서 프로젝트에 낙찰된 외국 업체가 일정비용의 제작을 중국업체에 발주하여 사업을 진행하는 방식으로 기술도입을 시도하였다. 1990년 말부터는 본격적인 기술도입을 위하여 HVDC 기술 양도 및 합작 생산 방식으로 주요설비 제작을 위한 중국 공장을 설립하고 ABB 및 SIEMENS의 기술을 본격적으로 도입하였다. 이후 여러 프로젝트를 수행함으로써 상당한 기술력을 확보하였고, 향후 2020년 이후에는 해외 프로젝트 진출이 가능할 것으로 예상하고 있다.

■ 국내 사례

국내(KEPCO)의 사례를 보면, 2009년 KEPCO New Vision달성을 위한 8대 녹색기술 중 하나로 HVDC 기술개발을 추진하였으며, HVDC 기술자립 및 사업화를 달성하고자 LS산전과 협동 연구 과제를 추진하였다. 이 과제에서 HVDC 시스템의 구성기술인 시스템 설계, 계통해석, 기자재 제작 등의 기술개발 및 80kV HVDC 제주 실증단지 구축을 통한 기술검증으로, HVDC 기술자립을 추진하고 전문 인력의 양성을 통하여 최종적으로는 HVDC 수출 Project를 개발하여 해외사업에 진출하고자 하였다. 그러나 핵심기술개발이 지연되고 제품신



[그림 3] HVDC 국내 기술 현황

뢰성 확보방안의 미흡 등으로 HVDC 시장진입이 늦어질 것으로 예상되어, 해외업체로부터 기술을 이전 받는 방향으로 기술 확보 전략을 수정하였다.


2011년 4월에 세계적으로 기술을 인정받고 있는 Total Solution 기술보유 업체인 ABB, Siemens, Alstom를 상대로 KEPCO와 HVDC Joint Venture 설립을 통해 HVDC 관련기술의 이전의향이 있는 업체선정에 착수하였으며, 2011년 7월 기술이전 의사를 표시한 프랑스 ALSTOM과 JV설립을 위한 협상대상자로 선정하여 MOU를 체결하고 기술이전 등 주요 계약내용 협의를 시행하였다. 이후 수많은 회의와 협상을 시행하여 2012년 12월 14일에 공동지분출자방식으로 KAPES (KEPCO-ALSTOM Power Electronics Systems, Inc.)를 설립하였다. KAPES는 ALSTOM의 엔지니어링 및 제작기술을 프로젝트 단계별로 기술을 이전받고, 국내 HVDC 제작기술 인프라 구축을 위해 제작기술을 국내 기자재제작사에 Sub-License하여 주요 기자재를 제작 및 공급하도록 할 예정이다.

3. 전망

지금까지 HVDC시장은 세계 최초로 HVDC를 상

업운전하고 최고의 시장점유율과 경쟁력을 보유하고 있는 ABB(스웨덴), 두 번째의 시장 점유율과 세계 최초 800kV급 기술을 개발한 SIEMENS(독일), 그리고 1967년 HVDC를 상용화하고 600kV급 기술을 보유하고 있는 ALSTOM (프랑스)에 의해 주도되어 왔다.

이러한 상황에서 1965년 첫 번째 HVDC 건설 후 국내 위주의 사업을 수행해 오던 TMEIC(일본)이 프로젝트 파이낸싱 등을 통한 정부의 지원으로 해외 프로젝트 진출을 성공하였으며, 중국(XD, XJ 등) 또한 수많은 대규모 프로젝트를 바탕으로 기술이전과 합작생산을 통해 상당한 기술력을 확보하였다. 중국은 현재 자국 내 프로젝트 추진에 집중하고 있으나, 향후 해외시장 진출이 본격화 될 것으로 예상된다.

KEPCO는 이제 HVDC 원천기술도입을 위해 자회사인 KAPES를 설립하여 사업화를 위한 기술 확보 및 사업인력을 조기 양성 할 수 있는 기반을 마련하였다. 국내 HVDC 프로젝트의 성공적인 추진으로 전력계통 공급신뢰도를 향상시키고, 이를 통한 사업실적 확보로 해외 프로젝트 진출을 위한 준비를 착실히 준비할 계획이다. 향후 단계적인 기술 확보와 경쟁력을 갖춘 사업화 전략수립으로 HVDC 기술자립 및 Global Top HVDC Provider로 거듭날 수 있도록 노력해 나갈 계획이다. 



[그림 4] 기술 확보 및 사업추진 마일스톤