



중국의 풍력발전과 HVDC 동향



이상훈
LS산전(주) 마케팅팀 차장

1. 개황

최근 몇 년간 반복되고 있는 전력수급 문제를 해결하기 위해 6차 전력수급기본계획에 따른 장기 송배전 설비계획이 발표되었다. 전력 공급 능력을 확대하면 송배전설비도 함께 확충하는 것이 중요하지만 해당 지역의 이해관계나 환경적인 문제 등 현실적인 어려

움이 많다. 따라서 이번 송배전설비계획에서도 신기술의 개발 필요성이 제시되었고, 특히 HVDC의 중요성이 강조되었다.

HVDC는 High Voltage Direct Current의 약자로서 현재 일반적으로 사용되는 교류 대신 고압의 직류를 이용하여 송전하는 기술이다. 전력 손실이 낮기 때문에 대용량의 전력을 먼 거리에 보내기에 유리하

며 서로 다른 전력망을 연계할 수 있으므로 국가간 계통연계에 활용하거나 반대로 전력망을 분할하여 고장이 파급되는 현상을 막을 수도 있다. 최근에는 기존 송전망을 대체, 보완하는 기능 외에 대규모 신재생발전단지를 조성하고 계통 연계를 위해 HVDC를 이용하는 시도가 늘어나고 있다.

2. 현황

전세계적으로 신재생발전의 보급이 확대되고 관련 기술이 발전하면서 큰 규모의 해상풍력단지를 조성하려는 시도가 늘어나고 있다. 해상풍력의 경우 규모가 커지고 육지로부터의 거리가 멀어질수록 계통연계를 위해서 HVDC를 활용할 수 밖에 없다. 지금까지의 실적적으로는 북해 연안에 약 6GW가 설치 혹은 계획되었으며 미국 등 세계 각국이 앞다투어 개발에 나서고 있다. 특히 중국은 풍부한 육상 및 해상풍력 자원을 활용하기 위해 풍력 관련 기술과 전압형 HVDC 기술을 국가 주도로 동시에 개발하는 중이다.

[표 1] 북해 연안 해상풍력 연계 전압형 HVDC 프로젝트 (2013년 9월)

Project	용량 (MW)	전압 (kV _{DC})	거리 (km)	설치 연도
BorWin1(ABB)	400	±150	200	2012
HelWin1(Siemens)	576	±259	130	2013
BorWin2(Siemens)	800	±300	200	2013
DoWin1(ABB)	800	±320	165	2013
SyWin1(Siemens)	864	±320	205	2014
HelWin2(Siemens)	690	±320	130	2015
DoWin2(ABB)	900	±320	135	2015
DoWin3(Alstom)	900	±320	162	2017
계	5,930	-	-	-

물론 중국이 HVDC 분야에서 두각을 보인 것이 어제 오늘의 일은 아니다. 중국은 서부지방의 수력 등

풍부한 전력을 동부해안의 대도시로 송전하기 위하여 대용량 HVDC를 '3종 3형' 중심으로 건설하고 있다. 800kV 6.4GW급은 이미 상용화가 되었으며 7.2GW에 이어 8GW급도 건설되고 있다. 또한 1,100kV급 변압기, 밸브 등이 개발되고 있는 것으로 알려졌는데, 이 기술이 적용되면 10GW 이상의 초대용량 HVDC도 가능하다. 5GW 이상 대용량 선로의 경우 중국을 제외하면 세계적으로 2~3개 정도이나, 중국에서는 2013년 현재 이미 완공된 2개 외에도 10여 개가 건설중이거나 확정 계획이 발표되었다. 중국 전력의 지주회사인 스테이트그리드에 의하면 2020년까지 27개의 '특고압' DC line이 건설될 계획이다. 이런 시장규모를 무기로 메이저 3사의 제품 및 기술을 도입하여 자체 기술을 비약적으로 발전시켰으며, 이제는 전통적인 턴키발주에서 벗어나 분할 발주가 이루어지고 있다. 예를 들어 2014년 완공 목표로 건설중인 8GW급 Xiluodu-Zhexi간 HVDC의 경우 중국 회사의 주도로 ABB가 밸브 주요 부품과 변압기 등을 공급하고, Alstom이 DC bushing을 공급하는 것으로 알려졌다.

대용량 송전을 위한 전류형 HVDC와는 별개로 해상풍력 연계를 위한 전압형 HVDC 연구개발에도 박차를 가하고 있다. 전압형 HVDC는 드라이브 인버터, 고속 전철 등에서 사용되는 IGBT 소자를 이용하여 고속 스위칭이 가능하게 한 HVDC 신기술이다. ABB에 의해 최초로 상용화된지 약 15년이 되었으며, 전류형에 비해 좁은 설치면적과 black start 기능 등 장점들이 많다. 소자 성능 개선에 힘입어 점차 고효율, 대용량화를 달성하고 있으며 가격 또한 급속하게 내려가고 있어 적용범위도 다양해지고 있는데, 특히 대표적인 용도로는 해상풍력 연계를 들 수 있다. 구성기기 측면에서 전류형과 다른 기술적 특징들을 가지고 있으나 시스템 구성과 운전능력 면에서는 공통의 기술과 경험축적이 필요하므로 전류형 기술을 가진 업체가 전압형 부문에서도 기술적 우위를 점할 것으로 예

[표 2] 메이저 3사와 중국의 전압형 HVDC 개발현황(LS산전)

구분	메이저 3사			중국		
	ABB	Siemens	Alstom	C-EPRI	XJ	NR
직류전압	±320kV	±345kV	±345kV	±320kV	±320kV	±200kV
시스템 용량	900MW	864MW	1,000MW	1,000MW	1,000MW	400MW
컨버터 방식	CTL	MMC	Chain-link	MMC	MMC	MMC
효율	99.0%	99.0%	98.8%	-	-	-
특기사항	- 1997년 최초의 전압형 개발 - Multi-terminal 방식 및 DC차단기 분야에서 선두	- 2010년 Trans Bay PJT완성 (美 샌프란시스코) - 해상풍력 연계 분야 주도	- 후발주자이나 최근 공격적 투자 - 스웨덴 1,44GW PJT와 북해 연안 900MW 해상풍력 연계 수주	- 2013년 2월 KE(A에서 시험 성공	- 전압형 밸브 개발	- C&P 전문기업

상된다. 실제 전세계적으로 전류형 HVDC 메이저 업체들이 전압형 HVDC 시장도 주도하고 있다.

중국의 강점은 연구개발과 동시에 정부주도로 실제 프로젝트에 적용하여 실증을 진행한다는 점이다. 중국 최초의 전압형 HVDC 프로젝트로 알려진 상해 Nanhui 풍력발전 연계 시범사업(20MW, ±30kV)을 2011년 3월 시운전 한 스테이트그리드는 단 2년만에 1GW, ±320kV급의 대련 프로젝트를 추진중이며 Zhoushan에서는 multi-terminal 전압형 HVDC 프로젝트도 추진중이다. CEPRI에서 개발하여 KEMA 인증까지 받은 320kV, 500MW급 전압형 HVDC 프로토타입 밸브가 적용될 것으로 보인다. 남방그리드도 광동성 산두시(汕头) Nan'ao 풍력발전단지에서 독자적으로 ±160kV/200MW multi-terminal 시범 프로젝트를 진행중이다. CEPRI와 XD는 전압형 HVDC R&D센터 설립계획을 발표하였다.

2012년까지 중국 전체 발전량에서 풍력발전이 차지하는 비중은 약 2%인데(우리나라는 0.5% 수준) 이는 2008년 0.38%에서 중국 정부 정책에 힘입어 급성장한 것이다. 이 중 해상풍력 계통연계 누계 설비용량은 약 300MW로 영국(2,950MW), 덴마크(920MW)에 이어 세번째이다. 또한 2012년 상반기

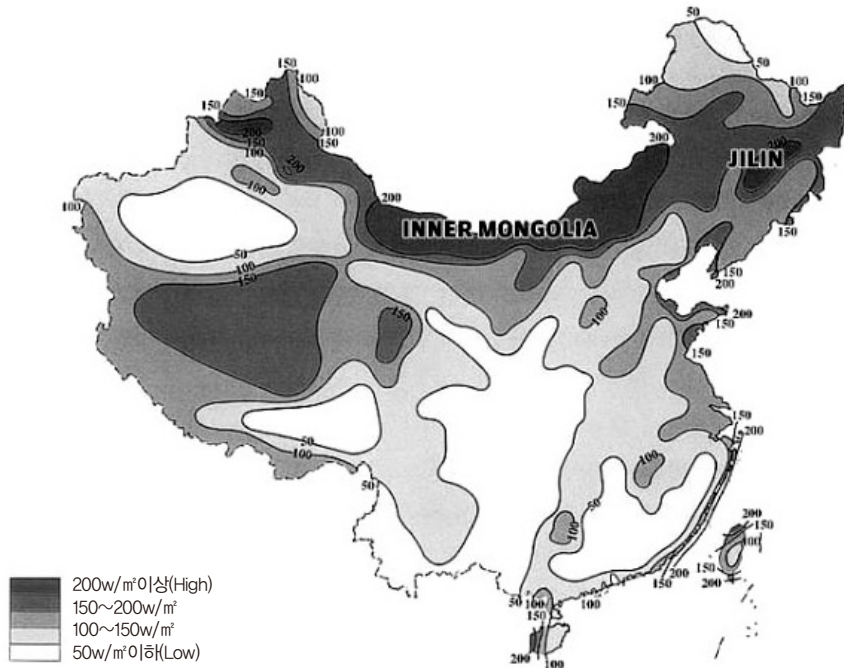
에만 130여 개의 풍력발전 프로젝트가 추진된 것으로 알려졌다.

[표 3] 중국 주요 에너지 발전 용량 구성 비율(2008~2012년) (단위 : %)

구분	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	비고
수력 에너지	16.38	15.53	14.82	14.00	17.37	-
화력 에너지	81.22	81.81	80.81	82.45	78.63	-
원자력 에너지	2.00	1.90	1.77	1.85	1.97	-
풍력 에너지	0.38	0.75	1.77	1.69	2.02	CAGR : 52%

3. 전망

향후 풍력발전에 대한 중국의 전략이 포함된 '125(十二五, 12번째 5개년 계획)' 계획에 의하면, 2020년까지는 육상 풍력발전을 위주로 매년 15GW 씩 추가하여 누적 설비 200GW를 구축하고, 2030년까지는 육상 및 근해 해상 풍력발전을 공동으로 추진하여 누적 설비 400GW(근해 60GW, 원해 5GW 포함)를 구축한다. 이 시점까지의 기술개발과 시범사업



중국 내 풍력발전 잠재력(자료 : www.ewind.es)

경험 등을 바탕으로 육상 및 해상 풍력발전을 전면적으로 추진하여 2050년 총 누적용량 1000GW(근해 150GW, 원해 50GW 포함)를 구축하고 26%의 전기 수요를 공급하는 것이 최종목표이다.

중국은 양질의 풍력자원을 보유하고 있으나 그 대부분은 내몽고와 서부지역에 위치하고 있다.

2011년 발생한 일본 후쿠시마 원자력 발전소 사고 여파로 중국의 원자력 발전소 건설 계획이 잠정 중단되었고, 대도시의 스모그 문제를 완화하기 위하여 근교에 화력발전소를 건설하기도 곤란한 상황이 풍력발전원 개발을 유도하고 있으나, 송전 관점에서는 동부 대도시까지 효율적으로 송전해야 한다는 문제가 이슈로 제기된다. 한편 해상풍력의 경우는 동부 해안에서 추진되고 있으므로 전력 부하가 가까운 것이 장점이다. 그러나 아직 계통연계 기술 발전의 미비로 손실률이 최대 30%에 이르는 것으로 알려졌다. 전압형 HVDC는 풍력 발전을 전력망에 연계시키는

최적의 방법으로, 전류형 HVDC에서 기술력을 향상시킨 중국이 최근에는 전압형 개발에 박차를 가하고 있는 주요한 이유 중 하나이다.

중국은 넓은 HVDC 시장을 가진 것이 사실이나 현재 스테이트그리드가 주요 지배기업으로서 중국 전력망을 관리하고 있는 상황을 감안할 때 외국기업들이 끼어들기 어려운 실정이다. ABB, Siemens 등 선도기업들이 기술 이전이나 기술협력 방식으로 중국 HVDC 시장에 성공적으로 진출했으나 이미 중국은 HVDC 주요 설비의 국산화 비율을 90% 가까이 달성하였다. 이에 따라 HVDC 변환설비 프로젝트에서 일반적인 턴키발주와는 달리 중국에서는 위에서 언급한 Xiluodu-Zhexi line 사례처럼 중국 업체의 주도로 각 기기별로 발주가 나오고 있다. Siemens가 상하이 전기와 풍력 에너지 합자 회사를 설립하여 중국 해상풍력발전 시장에 진출하는 것도 같은 맥락으로 해석되고 있다. 다만 이제 초기 개발 단계

인 전압형 HVDC의 경우 단기간에 신뢰성 높은 시스템을 개발하는 것이 쉽지 않아 풍력발전 설치 계획이 함께 지연되고 있으므로, 가까운 미래에는 해외기업의 진출 혹은 협력 기회가 있을 것으로 전망된다.

비록 아직까지 세계적으로 DC가 차지하는 시장 점유율은 20%에 못 미치고 있으나 신재생발전 연계, IDC, 에너지저장 등 DC가 필요한 산업들을 감안하면 20년 내에 세계적으로 소모되는 전력의 50% 이상을 DC가 점유할 것으로 예측된다. 어찌면 우리는 에

디슨 시대 이래로 130여 년간 계속된 AC의 시대 및 전통적인 발전방식이 전환점을 맞는 역사적인 변화를 목격하고 있는 것일 수 있다. 이런 변화에 대비하여 중국에서는 HVDC 전문가들을 국가 최고 과학자로 대우하고 있으며 국제 표준화 분야에서도 IEC TC115(국제 전기기술 위원회 HVDC 기술 그룹)를 주도하는 등 국가 차원의 관심을 기울이고 있다. 우리나라도 전력수급 문제 해결, 더 나아가서는 효율적이고 친환경적인 에너지 활용을 위해 신뢰할 수 있는 국가 기술개발 로드맵이 필요한 시점이다. 