



중국의 직류송전 현황 및 전망



문 형 배
한국전력공사 계통기획실 차장

1. 개요

중국은 2000년 이후 높은 경제성장과 더불어 전력 수요가 지속적으로 증가하고 있지만, 매년 경제 중심지

에는 전력부족 현상이 빈번하게 발생되어 경제개발과 사회 안정에 큰 위협이 되고 있다.

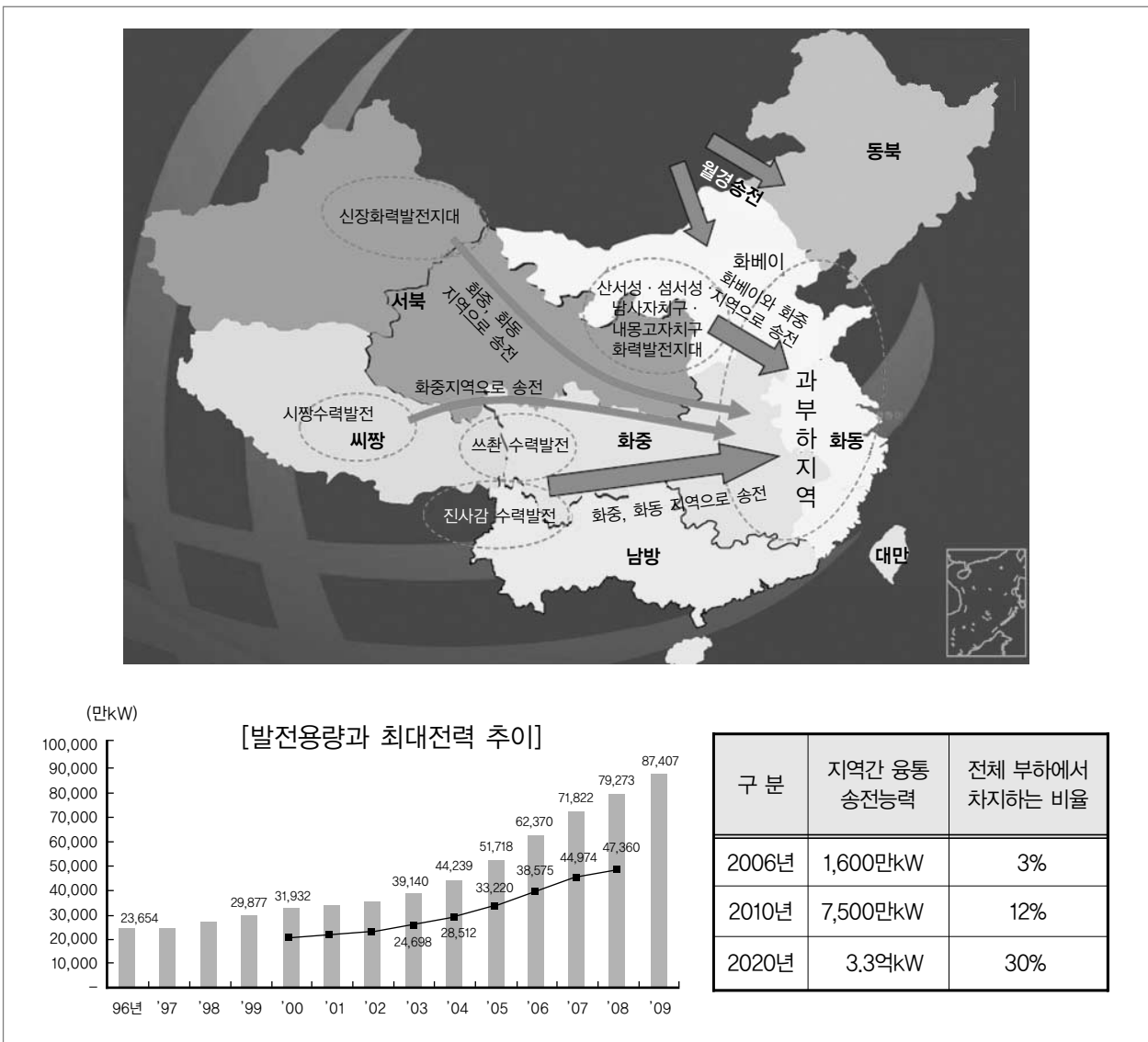
전력부족의 주요원인은 발전단지와 부하 중심지가 멀리 떨어져 있기 때문이다. 석탄 화력발전소의 76%는 북부와

북서지역, 수력발전의 80%는 남서지역에 집중되어 있는 반면 전력수요의 중심지는 800~3500km 떨어진 동부 지역에 위치하고 있다. 북부와 남서지역은 전력이 남아 돌지만 경제 중심지인 동부지역은 전력이 부족한 구조적인 전력수급 불균형이 지속적으로 발생되고 있는 것이다.

(西電東送), 남부지역과 북부지역 간 전력을 상호 공급하는 '남북호공(南北互供)', 전국의 전력망을 연결하는 '전국연망(全國聯網)' 등으로 초고압 교·직류 송전을 통해 추진하고 있다. 향후 전체 부하에서 차지하는 지역 간 융통전력의 비율은 2010년 12%에서, 2020년에는 30%까지 상승할 전망이다.

전력수급의 불균형을 해소하기 위한 중국의 전력계통 발전전략 핵심은 서쪽 전력을 동쪽으로 보내는 '서전동송

이를 위해 2009년 1월 1,000kV 진동난(晉東南)-난양(南陽)-징먼(荊門) 초고압 교류송전 시범사업이 상업



[그림 1] 중국의 전력계통 현황과 발전용량 추이(중국 국가전망, 중국 통계연감)

운전을 개시하였다. 이 프로젝트를 통해 중국은 현재 세계에서 가장 높은 전압과 최고의 기술수준으로 설계, 설비제작, 건설, 운영 등에서 국제적 선두에 올라섰다고 볼 수 있다.

초고압 교류송전 시범사업의 성공적 운영 이후, 2010년 7월 상자바(向家壩)-상하이(上海) ±800kV 초고압 직류 송전사업을 추진해 성공적으로 운전을 개시하였다. 이로써 중국은 초고압 교·직류 혼합시대에 진입하게 된 것이다.

중국은 「12차 5개년 계획」중에 '3종 3형 1환망'을 전력 정책으로 추진하고 있다. 3종은 시멍(錫盟), 명시(蒙西), 장베이(張北), 산베이(陝北) 전원을 난징(南京), 난창(南昌), 창사(長沙)지역에 송전하는 것이고, 3형은 북부화력 발전과 서남수력발전을 화북, 화중과 장강 삼각의 초고압

직류 환상망에 연결하는 것이다. 1환망은 서남부 수력 발전과 서북, 화북화력발전 및 풍력발전 개발에 맞춰 진핑(錦屏)-장수(江蘇) 등 2회선 초고압 직류송전선을 건설하고, 칭장(靑藏) 직류송전망을 건설하여 티베트에 전력을 공급, 티베트 전력망과 서북 주요전력망을 연결하는 정책이다. 이에 따른 초고압 직류전력망의 투자비는 「11차 5개년 계획」기간의 200억 위안에 비해 13배나 증가한 2,700억 위안이 될 것으로 예상하고 있다.

2. 중국의 HVDC 기술개발 및 적용 현황

■ 기술자립 추진(1980 ~ 1987년)

1980년 중국의 절강천산반도-주산도 간에 해저 13.5km를 DC ±100kV, 50MW HVDC 시스템으로 건설하는 Pilot 프로젝트를 최초로 추진하였다. 자체 기술로



[그림 2] 중국의 '3종 3형 1환망' 구성도

건설을 추진하였지만, 기술력 한계 및 취약분야 노출로 기술도입 필요성이 대두되었다.

■ 제작기술 확보(1989 ~ 2002년)

전력계통의 융통전력 확보를 위해 중국은 Gezhouba-Shanghai HVDC 프로젝트 등 5개 사업을 Turnkey 형태로 발주(±500kV, 1,200~3,000MW)하고, 계약된 해외제작업체(ABB, SIEMENS)에게 일정비율의 제작물량을 자국 제작업체가 납품하도록 계약하여 제작기술에 대한 자립을 추진하였다.

중국은 이 프로젝트를 통해 HVDC송전의 장점을 실감하게 되었고, 중국 초고압 송전의 새로운 전기를 제공한 것으로 평가되고 있다.

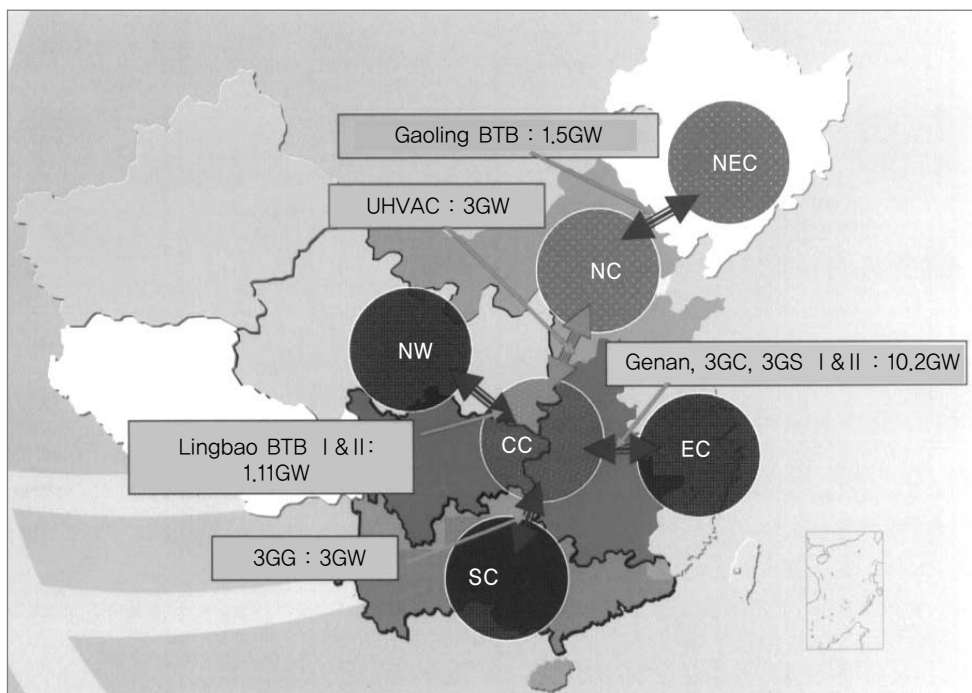
■ 기술 도입(1999 ~ 2009년)

중국계통에는 ±500kV Three Gorges(산사) 지역 3개 Project 등 약 12조 원에 달하는 프로젝트가 계획되고

있었으며, 그동안 중국계통에 도입된 HVDC의 효율성이 입증되면서 향후 건설될 프로젝트를 자국의 기술로 건설하고자 노력하였다. 하지만 계통설계와 기술을 집대성하는 종합적인 엔지니어링 능력 및 경험 부족, 핵심설비의 설계기술 및 제조기술 신뢰성 부족 등으로 기술도입을 추진하게 되었다.

중국의 기술도입을 위한 추진전략을 요약하면,

- 국가발전개혁위원회는 HVDC 기술자립을 위한 2개 Project를 지정하여, “내가 주체가 되고, 함께 설계하여 자주적으로 생산한다.”는 전략을 수립 및 시행
- 기자재 입찰구매 관련 서류의 과감한 개혁을 통해 기술규격의 자립화, 가격산출의 서류화, 최신 기술의 명문화 추진
- 외국기술을 접목한 중국의 계통해석기술 발전을 위해 계통연구 21개 항목을 선정하여, 외국과 공동 검토 시행



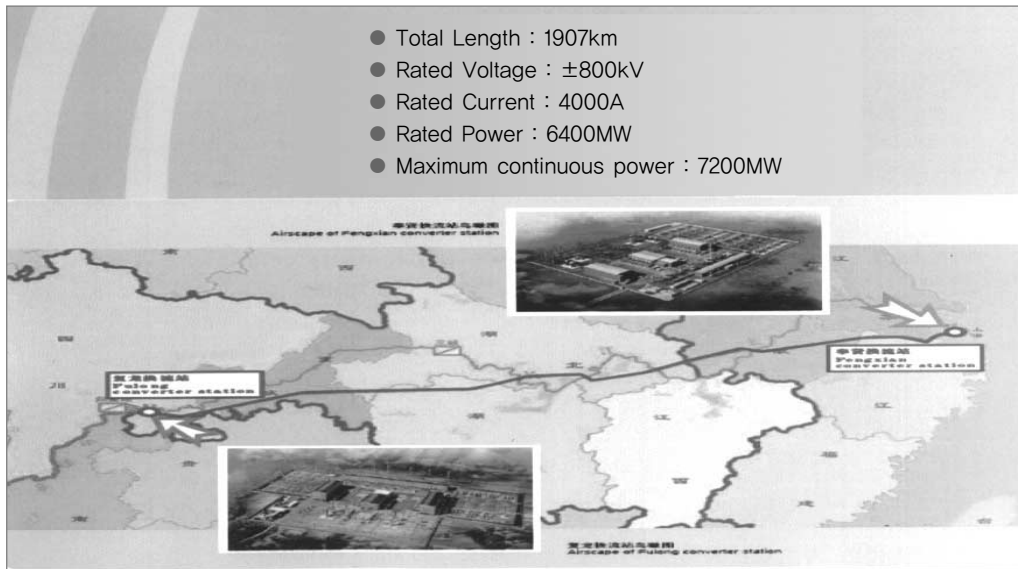
[그림 3] HVDC를 이용한 중국의 전력계통 연계(중국국가전망)

- 변환설비 선정, 설비제조, 시공을 위한 표준규격, 계산, 개념 설계 등 플랜트 설계의 기술자립 추진
 - 기술협력, 기술이전, 기술훈련 등을 통한 S/W 및 Know-how 확보
 - 제어보호계통, 시운전, 검수 시험을 연구센터에서 수행하여 1/3 공정 단축
- 상기의 추진전략을 통해 ABB, SIEMENS社로부터

HVDC 기술 양도 및 합작생산 방식으로 기술도입을 실현하였다.

■ 기술 성숙기(2010년 ~)

ABB, SIEMENS社로부터 도입된 기술을 바탕으로, 품질보증을 위한 핵심 설비의 공동 설계 및 제작을 시행하여 세계 최초로 Yunnan-Guangshou간 ±800kV



- The first 6-inch thyristor in the world
- The maximum capacity of single converter reaches 1,800MW

	Fulong	Fengxian
Current	4000A	
Continuous overload current	4497A	
Max. Short circuit current	46kA	51kA
Valve	Water cooling, indoor, air insulation	
Thyristor	6-inch	

6-inch Thyristor and valve

[그림 4] Xiangjiaba—Shanghai HVDC Project(중국국가전망)

HVDC 프로젝트를 준공, 운전 중에 있다. 또한 세계 최초로 4,500[A] 6인치 사이리스터 밸브를 개발하여 Xiangjiaba-Shanghai 프로젝트에 적용하였다.

상업화한 실적을 보유한 국가는 스웨덴(ABB, HVDC Light), 독일(SIEMENS, HVDC Plus), Lab Test를 진행하고 있는 프랑스(Alstom, Maxsine) 뿐이었다.

3. 전망

■ 전압형 HVDC

2011년 이전에는 세계적으로 전압형 HVDC 기술을

중국은 2011년 7월 풍력단지 연계를 위한 전압형 Modular Multilevel Converter Valve를 건설하여 운전 중에 있으며, 향후 1000MW급 Dalian 전압형 HVDC 프로젝트와 200MW/150kV Zhoushan Multi-terminal 전압형 프로젝트를 추진 중에 있다.

- Modular and standardized Design
- Two types of VSC sub-modules(S12 and S15) rated at 1200A@1800V and 1500A@1800V

- Product Series : M60, M200, M600
- Voltage ratings : $\pm 30\text{kV} \sim \pm 320\text{kV}$
- Power ratings : 20MW~1000MW
- Can run as STATCOM

Liaoning Dalian 1000MW/ $\pm 320\text{kV}$

Dalian cross-sea VSC-HVDC project

Zhejiang Zhoushan 200MW / $\pm 150\text{kV}$ /3Terminals

Zhoushan multi-terminal VSC-HVDC project

[그림 5] 중국의 전압형 HVDC 기술 및 Project 계획(중국국가전망)

[표 1] 중국의 전류형 HVDC Project 계획과 제조기술 능력(중국국가전망)

구분	Project 명	전압(kV)	HVDC 설비 제작 능력		
			Equipments	Specification	Local capability & Manufacturer
1	Qinghai-Tibet	±400	Converter Transformer Valve Smoothing Reactor Control and Protection GIS Capacitor for Filters DC breaker DC Disconnecter DC current measurement VSC HVDC	Up to 800kV, 363MVA Up to 800kV, 5000A Up to 800kV, 5000A UHVDC 500kV, 4000A Up to 800kV Up to 500kV Up to 800kV 500kV, 3000A	Yes(XD, TWBB, TB, etc) Yes(XJ, XD, CEPRI) Yes(BPEG) Yes(XJ, NR, SF) Yes(XinDongBei, LuNeng, XD, PingGao etc.) Yes(XR, GR) Yse(XR, GR) Yse(PingGao) Yes(NR) Yes(CEPRI)
2	Sino-Russia	±125			
3	Northeast-CentralChina	±125			
4	Bingchang-Shandong	±660			
5	Jinping-Sunan	±800			
6	Xiluodu-Zhejiang	±800			
7	Hami-Henan	±1000			
8	Zhungeer-Chongqing	±1100			
9	Jiuquan-Hunan	±800			
10	Humeng-Shandong	±800			
11	Baoqing-Tangshan	±800			
12	Mengxi-Jiangsu	±800			
13	Ximeng-Jiangsu	±800			
14	Longdong-Jiangxi	±800			

■ 전류형 HVDC

에너지 자원의 효율적 이용과 국토의 균형적인 발전을 위해 중국의 전류형 HVDC 기술은 1100kV급까지 지속적으로 업그레이드 될 것으로 예상되고 있으며, 향후 5년 이내에 14개의 전류형 HVDC 프로젝트를 계획하고 있다.

중국은 에너지 자원의 최적배분과 청정에너지를 개발하여 지속적으로 증가되고 있는 전력수요에 대비하는 'Strong and Smart Grid' 실현을 위해 노력하고 있다.

이를 위해 초고압 교·직류 송전망 관련 기술을 도입하여 벤치마킹한 30년이란 세월을 통해 초고압 교·직류 송전 분야의 세계 최고기술을 보유하게 되었다.

중국의 적극적인 기술도입 정책, 연구기관과 학교를 연계한 산학연 협동연구 및 우수 인재양성을 위한 수년간의 노력 등은 HVDC 기술개발을 추진하고 있는 우리에게 있어 시사 하는 바가 매우 크다. KEA

[참고문헌]

[1] HVDC Experience of SGCC, 중국 국가전망, 2011. 12
 [2] CEPRI'S HVDC Solution, CEPRI, 2011. 12
 [3] 중국 에너지 최신동향, 해외전력정보, 한국전력공사, 2010. 7
 [4] 중국 직류송전기술의 자립에 관한 연구, 해외전력정보, 한국전력공사, 2006. 7
 [5] 중국 특고압송전망 3종3횡1환망 구조 형성, 중국 전력기업 연합회, 2010. 8