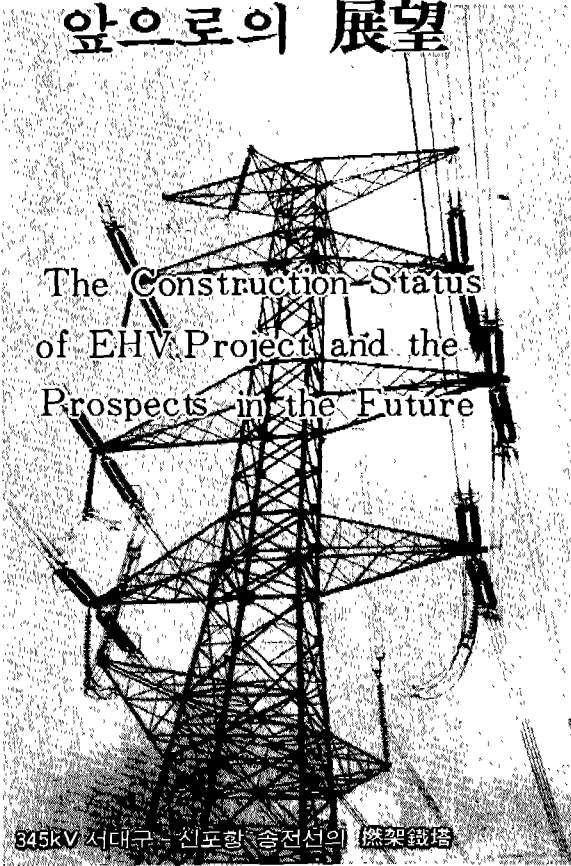


1. 345kW 超高壓 一次事業과

設備現況

超高壓事業의 建設現況과 앞으로의 展望

The Construction Status
of EHV Project and the
Prospects in the Future



345kV 서대구 - 신도항 송전선의 樑架鐵塔

金 周 鎬

韓電 送變電部 次長

우리나라의 電力需要는 60~70年代에 經濟發展과 國民生活 水準向上으로 因하여 世界에서 유례를 찾아 볼 수 없을만큼 높은 伸張率을 보였으며 70年代의 平均需要 增加는 17%로 世界의 電力史에 보기 드문 成長을 記錄했다.

또한 急激한 需要의 增大에 따라서 年間 確保해야 할 發電力은 계속 增大하고 있으며 單位發電機의 容量은 3萬kW에서 20~30萬kW, 더 나아가 90萬kW까지 늘고 있는 實情이다. 發電所 立地 條件의 制約은 1個 發電所에 多數機가 集中되므로 出力이 매우 커지고 이 大電力은 大需要 地點까지 일괄해서 送電해야 하며 送電線의 用地確保는 漸次 어려워지는 추세이어서 回線當 送電容量을 늘려서 送電하는 것이 損失防止와 系統擴大에 따른 安定度改善 및 向上面에서 볼 때 당연히 必要하며 보다 높은 電壓이 要求되었다.

중전의 基幹送電網은 154kV이었으나 電力需要에 順應하기 위해서는 回線數의 大幅인 增加와 都市 周邊까지 大電力을 供給해야 하며 輸送距離도 150~200km인 만큼 154kV 送電線으로는 감당하기 어려운 實情이었다. 1967년 初부터 超高壓 送電計劃을 檢討하기 시작하였고 美國 Commonwealth Association Inc. (CAI) 의 技術用役 報告書를 1969年 接受하고 多角인 檢討分析後 次期電壓으로 345kV로 採擇하기로 決定하고 1970年 1月 超高壓設備計劃을 確定하였다.

送變電 所要外資 確保를 爲하여 西獨 Siemens 社 英國 GEC 및 Balfour Beatty社와 資材導入借款 契約을 1971年 締結하였다.

1974年 4月以後 新蔚山 送電線工事を 爲始한 一次建設事業을 着工하였다. 約 4年間의 어려운 條件과 技術인 難關을 克服하여 1976年 10月 麗水 發電所와 新沃川變電所를 連結하는 新麗水 送電線을 加壓함으로써 154kV 運轉41年만에 우리나라도 超高壓時代를 맞게 되었다.

이어 新蔚山, 新古里, 西서울 및 新仁川 送電線을 竣工함으로써 基幹系統網이 一次의 完成되었다.

一次事業을 成功的으로 끝내고 이어 1979年 西大邱, 北釜山等의 送電線과 北釜山, 永西, 西大邱, 東서울變電所 建設의 2次事業을 마무리 지었으며 계속 3, 4次事業으로 系統을 확장하여 1982年 末까지 完工을 본 超高壓系統의 設備는 送電線路 2436 C-km와 9個變電所의 變電設備容量 8669 MVA 를 運轉함으로써 地域間的 安定된 電力輸送體制를 이룩하였으며 1975年의 11.3% 送配電損失率을 1982年에는 先進國水準인 6.6%로 減少시키는데 크게 이바지하였다. 1982年 12月까지 竣工 運轉되는 345 kV 送電變設備現況은 <表 1, 2>와 같다.

<表-1> 345kV 송전설비현황 1982. 12. 31 現在

연도별	선로명	도체 수	철탑수 (기)	최선수 X공장	연도별 소계 (C-km)	누계 (C-km)
1975	신여수송전선	2B	489	1×189	189	189
1976	신울산 "	"	515	1×202		
	신고리 "	"	63	2×23	248	437
1977	서서울 "	2B	368	2×150	300	737
1978	신인천 "	"	94	2×41.7		
	영서 "	"	42	2×17.5		
	동서울 "	"	132	2×59		
	서대구 "	"	126	2×51		
	북부산 "	"	110	2×40.6		
	신여수 " (중)	"	—	1×189	608	1,345
1979	평택 "	4B	169	2×42		
	울산화력 "	"	35	1×13	289	1,634
	신울산 " (중)	2B	-11	1×197 (-1×5)		
1980	부마 "	4B	169	2×60		
	울산화력 "	"	113	2×45		
	신포항 "	"	276	2×100	410	2,044
1981	월성 "	"	73	2×26.4	53	2,097
1982	삼천포 "	"	177	2×61.5		
	신마산 "	"	289	2×108.	339	2,436

2. 超高壓 送變電設備의 基本設計

1) 345kV 送電線路

① 絶緣設計

345kV 送電線路의 基準絶緣 Level은 1175kV, Horn Gap能率은 75~80%를 擇하여 (Horn Gap Length: 2,340mm)年間 線路事故率을 100km當 1件 以下가되도록 塔脚接地抵抗을 20Ω以下로 維持하도록 하고

<表-2> 345kV 변전설비 현황 1982. 12. 31 現在

연도별	변전소명	용량 (MVA)
1976	신옥천변전소	667
1977	신울산 "	500
	서서울 "	500
1978	서서울 " (중)	500
	신울산 " "	500
1979	북부산 "	667
	영서 "	667
	동서울 "	667
	서대구 "	500
1980	북부산 " (중)	500
	영서 " (중)	500
	동서울 " (중)	500
	신포항 "	667
1982	서대구 " (중)	667
	신마산 "	667
1982	누계용량	8,669

架空地線은 처음 2導體 線路에서는 15도로 設計하였으나 四導體 線路에서는 支持物 높이와 山地傾斜度에 對한 A-W理論을 適用하여 上線에 對하여 零도로 完全遮蔽가 되도록 設計하였다.

二導體 送電線路用 碍子로서는 $\phi 254\text{mm}$ Ball & Socket型 懸垂碍子を 碍子連當 20個씩 부착하고海 岸線에 沿한 一部區間에서는 鹽汚損에 對備 連當 21個를 부착하여 沿面距離를 充分히 維持하도록 設計하였다. 4導體 送電線路用 碍子로서는 $\phi 280\text{mm}$ 및 $\phi 320\text{mm}$ Ball & Socket型 懸垂碍子를 使用하고 있다.

② 電線

單位發電機의 容量增大와 系統容量 增大로 因한 大電力輸送의 必要와 Corona 發生 臨界電壓 (表面 電位傾度 21kV/cm. r. m. s)以下가 되도록 電線을 選定하여 Corona損失은 勿論 電波障碍을 일으키지 않도록 複導體電線 ACSR RAIL (483mm)를 採擇하였다.

③ 支持物

2回線用 垂直配列 4角鐵塔을 使用하고 다음과 같이 設計하였다.

④ 荷重條件

設計荷重은 高溫季·低溫季荷重으로 區分하여 高溫季 最大荷重은 15°C, 鐵塔 및 電線風壓을 各各

220kg/m²로, 68kg/m²로 低温季最大荷重은 -5℃, 6mm 被水, 風壓을 高温季의 1/2로 適用하여 設計하였다. 電線에 걸리는 荷重 算出은 E. D. S (Every Day Stress)가 U. T. S (Ultimate Tensile Strength)의 20% 程度가 되도록 張力을 想定하였으며 E. D. S는 15℃ 無風時의 張力을 말한다. 耐張鐵塔에서는 常時 不平均張力을 最大張力의 1/3로 設計하였으며 異常時는 一相二條의 斷線條件을 考慮하였다.

⊕ 電線地上高

電氣設備 技術基準에 의하면 345kV 送電線의 最低地는 8.28m 이나 靜電誘導電壓을 考慮하여 9m로 建設·運轉하였으나 靜電誘導感知申告가 많아서 이를 研究, 檢討 實驗을 通하여 2 導體 線路에서는 12m, 4 導體線路에서는 14m로 改正하였으며 地面에서 電界強度를 줄이기 爲하여 逆相配列로 運轉하고 있다. 그 導體 및 4 導體 線路의 設計를 比較하면 <表 3>과 같다.

<表-3> 2 導體 및 4 導體設計 比較表

區 分	2 導 體	4 導 體
架空地線遮蔽角(最大)	15°	15°
最小垂直 線間距離	6.3 M	7.0M
OFF SET	1.5~2.1M	1.0~1.6M
標準絕緣間隔	—	2.7M
最小絕緣間隔	2.2M	2.2M
碍子 種類	NORMAL TYPE 25,000 & 36,000 LB	NORMAL TYPE 210KN 300KN
連當碍子數(淸淨地區)	懸垂連20個(25,000 LB)	懸垂連18個(NORMAL 210KN)
“ (“)	耐張連20個(36,000 LB)	耐張連16個(NORMAL 300KN)
“ (汚染地區)	懸垂連21個(25,000 LB)	懸垂連18個(ANTI-FOG 210KN)
“ (“)	耐張連21個(36,000 LB)	耐張連18個(NORMAL 300KN)
LINE FITTINGS	DAMPER 16 LB SPACER 18	DAMPER SPACER (400m/m) ARMOR ROD 使用
HORN GAP	2,340 m/m	92,340m/m
SW. SURGE 耐壓	814kV	950kV
RADID INF. VOLTAGE	240kV, 1000KHZ, 500μV 以內	240kV, 1000KHZ 63μV 以內

2) 345kV 變電所

① 絕緣協調

絕緣協調의 基本이 되는 避雷器의 定格電壓을 288kV로 選定하고 主 變壓器의 BIL을 1050kV로 決定하였으며 變壓器 中性點은 直接接地한다. 特히 高電壓 系統에서 重視되고 있는 開閉 Surge의 許容值를 2.3p.u로 하고 遮斷器에는 이에 必要한 開閉 抵抗器를 부차도록 하였다. 重要機器의 絕緣特性과 母線間隔은 아래와 같다.

⊕ 重要機器의 絕緣特性

⊕ 母線絕緣間隔

相間間隔: Rigid 母線 5000mm
耐張母線 5500mm

器 機 名	絕 緣 特 性	
	BIL (kV)	BSL (kV)
288kV 避雷器(制限電壓)	730 (20kA)	695
主變壓器 345kV側	1050	870
	154kV側	650
	中性點	350
345kV 遮斷器	1300	840
斷路器	1300	840
CPD	1550	1200
母線	1300	840

對地間: 最少 2750mm
地上高: 最少 6500mm

(2) 345kV 遮斷器

- ① Type - A. B. CB 및 SF. C. B
- ② 遮斷容量 : 25,000MrA
- ③ 定格電流 : 2,000A 및 4000A
- ④ 遮斷時間 : 3 cycle

(3) 母線

- ㉔ Scheme : 1 1/2 C. B方式 (但 初期에는 Ring BUS)
- ㉕ Bus Material : Aluminium Alloy tube
- (4) 接地設計

Wire Mesh布設方式을 採擇하고 있으며 接地棒 打込을 補助極으로 하고 있다.

㉖ 最大地絡電流 : 154kV側 故障容量 15,000MVA를 基準하여 56KA로 하고 있다.

㉗ 接地系의 最大電位上昇 : 低壓回路의 絶緣耐力 (2,000V 1 分間)을 考慮하여 3000V 以下로 制限하는 것을 原則으로 하고 있다.

3. 超高壓施設擴張計劃

超高壓施設 擴張計劃은 電源開發의 立地的인 여건을 考慮하여 原子力 9.10號機까지 系統構成하기 爲하여 1987년까지 건설계획이 樹立되어 있다. 後續機의 立地가 確定되면 그 以後 系統計劃은 곧 樹立될 것이다. 이들 事業推進에 所要되는 外資調達을 爲하여 變電資材는 KFX로, 送電資材는 ADB 와 OECF借款으로 導入될 豫定이다. 345kV 變電所는 넓은 敷地와 莫大한 整地費가 所要되고 絶對農地가 變電所 부지내에 들어가게 되면 對官許可 수속이 長期間 所要되며, 재래식 變電所의 屋外機器는 汚染으로 因하여 絶緣耐力이 弱化되고 도시인근에서 騒音公害等의 問題를 解決하기 爲하여 北서울 海雲台變電所와 靑陽開閉所는 GIS로 設計되고 있다.

嶺東地域에 建設되는 新堤川 - 東海 및 蔚珍 - 東海 T/L은 多雪地區인 것을 勘案하여 20mm着雪 (比重 0.6), 電線風壓을 22kg/m²일 때 電線安全率을 2.5로 維持하고 支持物 높이를 줄이기 爲하여 PAI L보다 鋼心部分의 斷面積이 더 큰 ACSR CARDINAL (CAL 54/3, 376 st 7/3, 376)로 架空地線 에는 고강도 ABSR 120° (CAL12/3.5, st 7/3.5)로 選定하여 建設할 計劃이므로 國內電線會社는 이의 開

發을 서둘러야 할 것이다.

原子力發電所와 需要地를 連結하는 345kV送電線의 擴張으로 損失이 減少되고 重負荷時 低電壓이 解消되었으나 線路의 充電容量이 크기 때문에 無效電力 需要가 적은 輕負荷時에는 發電機의 進相運轉으로 受電變電所의 母線電壓이 上昇되므로 이를 억제하기 爲하여 345kV 變壓器의 3次側에 分路 Reactor를 設置하여 無效電力을 消費하도록 計劃하고 있다. 1983년부터 1987년까지 建設되고 있거나 建設計劃된 345kV送電施設은 <表 4>와 같다.

<表 - 4> 超高壓 送變電 施設擴張計劃

竣工年度	事業名	事業概要
1	北서울 T/L	35×2 C. km
9	海雲台 "	20×2 "
8	古里-海雲台 T/L	30×2 "
3	高亭 T/L	140×2 "
	靑陽-新沃川 T/L	80×2 "
	新馬山變電所建設	M. Tr 1000MVA
	北서울變電所建設	M. Tr 500MVA
	海雲台變電所建設	M. Tr 500MVA
	靑陽開閉所增設	
	新沃川變電所 # 2 M. Tr 增設	500MVA
1	新堤川變電所建設	M. Tr 500 MVA
9	北서울變電所 # 2 M. Tr 增設	M. Tr 500 MVA
8	西大邱變電所 # 3 " 增設	" 500 "
4	海雲台變電所 # 2 " 增設	" 500 "
	新浦項-古里 5.6T/L	90×2 C. km
	東서울-新堤川 T/L	112×2 "
1	新光州變電所建設	M. Tr 500MVA
9	北釜山變電所 # 3 M. Tr 增設	" 500 "
8	永西變電所 # 3 M. Tr 增設	" 500 "
5	靈光-新光州 T/L	55×2 C. km
	新光州-南原 "	70×2 "
1	東海變電所建設	M. Tr 500 MVA
9	新仁川變電所建設	" 500 "
8	新沃川變電所 # 3 M. Tr 增設	" 500 "
6	新馬山變電所 # 3 " 增	" 500 "
	新堤川-東海 T/L	90×2 C. km
	靈光-靑陽 T/L	150×2 "
1	新浦項變電所 # 2 M. Tr 增設	500 MVA
9	新光州變電所 # 2 " 增設	500 "
7	新浦項-新堤川 T/L	200×2 C. km
8	蔚珍-東海	50×2 "

4. 앞으로의 展望

發電原價를 줄이고 立地條件의 制限으로 原子力發電所의 出力이 系統增加와 더불어 앞으로 6,000~7,000MW (單位發電機出力 900~1200MW)로 豫想되고 電源地域과 負荷地域間의 遠隔化와 送電線路의 用地問題 深化로 90年代에는 現 系統의 電壓이 格上될 것으로 보인다. 世界的으로 345kV 系統以上の 發達過程을 보면 (表 5)와 같다.

위 表에서 보던 美國에서는 345, 500, 765kV의 EHV 送電線이 運轉되고 있고, Europe地域에서는 400kV로 運轉되고 있으며 1100kV 및 1500kV UHV 送電線에 對하여 研究가 進行中에 있는 것을 알 수 있으며 U. S. S. R에서는 1200kV送電線을 建設中에 있다.

한편 韓國에서는 格上計劃을 自力으로 樹立한다는 目標아래 1979年 美國 Westinghouse社에 各分野別 關係職員 19名을 파견하여 800kV級 超高壓送

〈表- 5〉 345kV 系統以上の 發達史

系統電壓 (kV)	國 家 名	運 轉 年 數	備 考
EHV 345	美國 (AEP)	1953	美國, 韓電, 台電
400	Sweden	1952	Europe에서 採擇(超高壓分野의 先驅)
500	U. S. S. R	1959	美國, 日本, 印尼
735	Canada	1965	水力發電所 出力 5,700MW 輸送
765	美國 (AEP)	1969	南美에서 765kV 送電線路 建設中
UHV (1200)	U. S. S. R		建設中 美: BPA 日: 中央電力研究所 伊: ENPL 試驗線路에서 研究
1500	美國 AEP		試驗線路에서 研究

電線系統 및 施設에 대한 豫備設計를 하여 보았다. 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 韓電에서 345kV 系統을 계속 擴張하는 것과 一部系統을 765kV로 格上해서 運轉하는 2個案을 比較하여 보면 90年代에는 電力損失 安定度 및 用地難을 考慮하면 後者가 더 經濟的이다.

2) 765kV 系統을 假想하여 ANACOM (analogue computer)에 依한 開閉 Surge를 分析한 結果 最高 SoV (Switching Over Voltage)는 1.94P.U (E: 1.82) 이고 遮斷器에는 1 段階 投入抵抗이 必要하며 線路 充電容量의 70%를 補償하는 分路 Reactor를 設置하여야 되고 支持物에서 最少空氣絕緣距離는 4.3m 所要碍子는 $\phi 254\text{mm}$ 標準碍子を 基準하여 34個 (連當), 導體는 逆相配列, RI, TVI, AN에 對한 設計를 하여 4 導體 Nuthatch (1500MCM)를 選定하였다.

3) 變壓器 및 遮斷器의 BIL은 變壓器와 線路引込側에 Gapless Arrester를 設置할 경우 各各 1800, 2050kV이다.

但 碍子連에는 Arcing horn을 부착하지 않고 設計하였으며 (美洲大陸에서는 부착하지 않는다) 이를 부착할 경우 支持物이 大型化되므로 이에 對한 研究는 實證試驗을 通하여 계속 되어야 되며 地上 電界強度를 許容範圍內로 維持하기 爲하여 遮蔽線을 設置할 것을 檢討하여야 될 것이다.

超高壓系統의 海外 研究例를 보면 系統計劃 및 機器設計의 研究分野에 많은 人力과 研究費를 投資하고 있다. 美國 AEP는 1953年 345kV 系統을 運轉하였고 1961년에는 次期系統인 765kV에 對하여 研究를 하기 爲하여 試驗線路인 Apple Grove Project를 시작하여 1969年 765kV 運轉時까지 各種 實驗을 하여 設計에 必要한 資料를 얻었으며 現在에는 Indiane州 South Bend에 “미래를 생각하지 않고는 미래를 살 수 없다”는 口號아래 그 다음 系統인 UHV (1500kV級) 送電을 研究하기 爲하여 AEP/ASEA UHV Research Project를 1976년에 시작하여 機器製作會社와 共同으로 研究하고 있으며 아울러 環境問題도 調査하고 있다. 이 研究所의

하면 人間이 實用할 수 있는 最高電壓은 A.C 1600 kV까지이며 人体나 農作物, 植物에 나쁜 영향을주는 현상은 發見하지 못하였다 한다.

韓電과 系統電壓이 같고 거의 비슷한 發電設備 容量을 가지고 있는 台灣電力도 美國 PTI社(Power Technplogy Inc)와 用役契約를 締結하고 系統計劃 씨유레타(PSS/E)를 導入하여 1978년부터 超 高壓格上 問題를 H.V.D.C系統을 포함하여 多角的으로 分析하고 今年 上半期 中으로 여러가지 案에 對한 經濟性 檢討가 完了될 것이라 한다.

韓電公社도 總販賣收益의 一部를 研究費로 支出함으로써 年間 어느 程度 運營執行이 가능해질에

따라 800kV系統의 研究를 本格的으로 계속할 수 있게 될것으로 생각되며 2000年代 以後까지 電力系統의 長期計劃樹立이 切實히 要求된다. 그와 同時에 800kV級 高電壓實驗과 試驗線路를 通하여 技術蓄積과 우리나라 實情에 맞는 支持物·機器設計等의 資料를 얻기 爲하여 研究所, 製作會社 및 學界의 共同研究로 推進함이 바람직하고 國內業體의 海外輸出 增大를 促進키 爲하여 規格를 IEC로 基準하여 制定할 必要가 있고 優秀人力을 確保하기 爲하여 研究要員에게 適切한 待遇를 할 수 있도록 人事制度가 뒷받침되었으면 좋을 것으로 思料된다.

故事와 現代經營 ⑬

杞人憂天

杞나라 사람이 하늘 무너지는 것을 걱정했다는 뜻인데 오늘날 우리는 人字와 天字를 빼고 단지 杞憂라고 흔히 쓰고 있다.

하늘 무너지는 것을 걱정할 정도이니 쓸데없는 걱정임에 틀림없고 또한 이 杞憂는 業務를 박력있게 추진하는데 크게 지장을 주는 것이니 敎訓으로 삼을만 하다.

〔原典〕 이 이야기는 列子 天瑞篇에서 나온 말이다.

杞國有人 憂天崩墜

〔敷衍〕 杞는 周나라때 지금의 河南省 근처의 나라였다.

夏王朝가 亡하고 그 子孫이 杞의 諸候로 封하게 되었는데 杞國의 백성은 亡國民의 후예로서 항상 피해의식에 젖어 있었다.

이와같은 배경속에서 杞나라의 어떤 사람이 갑자기 하늘이 저렇게 높고 푸른데 만일 무너지면 피하지도 못하고 놀러 죽을 것이 아니겠는가 하고 공포에 사로 잡히게 되었다.

그래서 밤에 잠도 못이루고 밥도 먹지 못하고 수심에 쌓였다.

그를 걱정하는 친구 한 사람이 찾아 가서

“하늘은 공기가 쌓여 이루어진 것인데 어떻게 무너지며 땅은 흙이 쌓여서 된 것인데 어떻게 깨지겠는가 걱정하지 말라”고 간곡히 타일렀다.

이리하여 그는 쓸데없는 걱정을 하지 않게 되었다는 故事다.

〔考察〕 오늘날 公共機關의 公職者 會社의 從業員의 경우 自己任務 遂行에 목표를 두지 않고 枝葉의인 문제에 신경을 쓰는 杞人憂天의 愚를 범하는 例가 많다.

가령 業務를 起案處理하는데 있어서 內容과 主題에 主眼을 두고 會社를 爲해 公正妥當한 생각을 하는 것이 아니라 이렇게 하면 누구의 非위를 거슬리는 것이 아닌가. 어느 個人의 利害관계나 階層 決裁權者의 氣分등을 우려한 나머지 本質이 전도되는 내용으로 둔갑하는 경우가 있다. 우리 모두 삼가할 일이다. (H·C·S) *