

# 技術展望

## 海外 超超高壓送電技術 및 系統의 開發現況

崔 廷 林\* · 李 吉 淳\*\*

..... 目 次 .....

1. 序 論
2. 超 高 壓 및 超 超 高 壓 送 電 의 役 割 및 開 發 必 要 性
3. 美 國 의 765KV 超 超 高 壓 送 電 技 術 및 系 統 의 開 發 特 性
4. 카나다 735KV 超 超 高 壓 送 電 技 術 및 系 統 의 開 發 特 性
5. 브라질 750KV 超 超 高 壓 送 電 技 術 및 系 統 의 開 發 特 性
6. 700 KV 級 超 超 高 壓 送 變 電 設 備 의 開 發 特 性
7. 1000KV 以 上 의 超 超 高 壓 送 電 技 術 開 發 要 望
8. 結 言

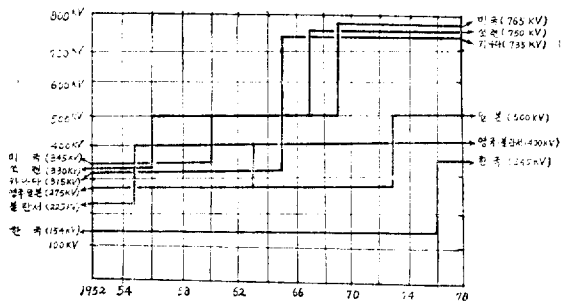
### 1. 序 論

經濟의 繼續的인 伸張에 따른 電力需要增加에 對備하고 電力系統의 供給信賴度向上을 提高시키는 畧론 限定된 國土의 効率的인 利用을 爲하여 送電系統은 超 高 壓 및 超 超 高 壓 化 되고 있다. 世界各國의 送電系統 開發過程을 보면 1920年代에 220KV系統이 導入되었고 300KV級 (345~400KV) 超 高 壓 系統은 1950年代初에 500KV 超 高 壓 系統은 1950年代中期에 運轉되었다. 그 후 1960年代中期에는 700KV級 (700KV~765KV) 超 超 高 壓 系統이 運轉되었으며 世界는 超 超 高 壓 送 電 時 代 에 突入하게 되었다.

700KV級 超 超 高 壓 送 電 系統을 最初로 開發한 國家는 카나다로 5000MW級 大規模 水力發電所建設에 따라 Hydro-Quebec社는 1952년부터 735KV送電方式에 對한 檢討를 開始하였고 第1次로 1955年 Manicouagan H/P에서 Montreal 地域까지 735KV送電線 600km 1 回線을 建設하여 735KV送電系統의 運轉을 開始하였다. 二後 美國에서도 AEP (American Electric Power Service Corporation)는 既存 345KV送電系

統을 格上하기 爲하여 765KV送電系統을 導入하기로 하였고 第1次로 1969년에 765KV送電線 200km 1回線을 建設 765KV運轉을 開始하였다. 現在 超 超 高 壓 系統을 運轉하고 있는 國家는 카나다, 美國外에 소련을 包含 3個國이나 브라질, 스웨덴 等 世界各國에서는 超 超 高 壓 送 電 系統의 導入에 對한 檢討가 進行中이거나 建設中에 있다.

그리고 1000KV 以上의 超 超 高 壓 送 電 方式에 對하여도 美國을 위시한 카나다 日本 이태리에서 研究가 進行中에 있다. 따라서 앞으로 超 高 壓 및 超 超 高 壓 送 電 系統의 役 割 및 開 發 必 要 性, 美 國, 카나다, 브라질의 700KV級 超 超 高 壓 送 電 技 術 및 系 統 의 開 發 特 性, 超 超 高 壓 設 備 의 特 性, 그리고 1000KV 以上의 超 超 高 壓 送 電 技 術 開 發 展 望 等 에 對하여 考察하여 보고자 한다.



세계 각국 계통전압개발표

### 2. 超 高 壓 및 超 超 高 壓 送 電 의 役 割 및 開 發 必 要 性

送變電設備는 電力系統을 連結하여 發電所의 發電電力을 負荷地域으로 輸送 需用家에 電力을 供給하는 中 樞的인 役割을 擔當하고 있음은 물론 相互分離된 電力

\* 正會員 : 韓電技術開發部 送變電技術役 次長  
 \*\* 正會員 : 韓電技術開發部 送變電技術役 席 代理

系統(Seperate Power System)을連結 送電連繫(Transmission Interconnection)을 이룩하여 大容量發電機의 運轉을 最大化하고 電力系統運轉의 經濟性을 提高시켜 系統運用的 效率化를 이룩한다. 美國聯邦電力委員會(Federal Power Commission)에 依하면 送電의 重要性이 다음과 같이 規定되고 있다. "The strategic importance of transmission is much greater than is indicated by its share in the over-all cost of electricity. Adequate interconnections where economically justified provide the key to the sharing of reserve generating capacity, and to the most efficient utilization of existing generating capacity. In short, interconnection is the coordinating medium that make possible the most efficient use of facilities in any area or region."

送電系統의 中樞的 機能을 擔當하고 있는 超高壓 및 超超高壓送電의 役割은 첫째 大電力의 長距離輸送(Long distance energy transportation)이다. 即, 負荷地域이나 既存系統에서 遠距離 地域에 開發되는 大規模水力發電所 및 炭礦地域의 大規模火力發電所의 電力을 輸送하기 爲한 것으로 스웨덴의 380KV送電系統과 캐나다의 735KV 送電系統이 代表的인 例이다. 따라서 이와 같은 送電系統의 特性은 Point-to-Point 送電方式으로 全系統과의 Network 構成必要性은 없다. 세계의 役割은 既存送電系統에 上位電壓系統을 중첩시켜 (Higher Voltage Overlay) 既存送電系統의 Bulk Power Transfer 機能을 이어받아 새로운 Backbone System을 構成 全體送電系統의 經濟적이고 信賴性 높은 系統運용을 이룩하는 것으로 歐洲地域의 EHV系統 및 美國의 EHV 및 765KV系統은 이와 같은 役割을 爲하여 開發되었다. 세계의 役割은 相互교립된 地域을 連繫시켜 發電資源의 經濟的利用을 이룩하는 것으로 西歐의 國家間 送電系統連結과 美國의 Pacific Coast Intertine가 이와 같은 機能을 爲한 것이다. 이와 같은 役割을 擔當하고 있는 超高壓 및 超超高壓 送電系統은 다음과 같은 必要性에 따라 開發되어 왔다. 첫째 發電所建設의 經濟性提高에 따른 發電機의 大容量化로 送電容量을 増大시켜야 한다. 둘째, 限定된 國土의 效率的利用에 따른 特定地域에 發電所 集中化에 依한 地域間 融送電力増大에 對備해야 한다. 셋째, 送變電設備擴張에 따른 所要用地의 節約은 물론 高潮되고 있는 用地求得難과 環境障害에 따른 社會 Complain을 解決해야 한다. 넷째, 送電容量을 増대시켜 送電容量에 對한 建設費(건설비 \$/송전전력 KW)를 減少시켜 送變電設備擴張에 따른 投資의 經濟性을 提高시켜야 한다. 그

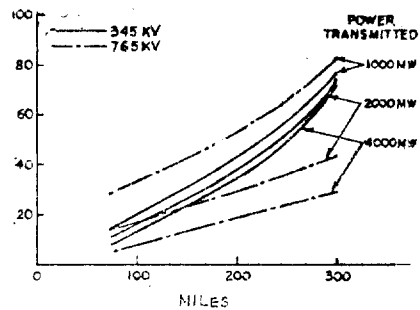
리고 超高壓 및 超超高壓 送電系統開發에 있어서 既存送電系統과 擴張이 必要한 系統의 條件을 比較하여 適切한 超高壓 및 超超高壓 送電系統을 開發하여야 하며 實際로 送電系統開發過程을 보면 超高壓 및 超超高壓系統은 當初의 役割이 系統條件의 變化에 따라 變更되어 複合的인 役割을 갖게 되고 있다. 이와같은 超高壓 및 超超高壓系統의 區分은 美國 IEEE에 依하면 242~800KV 범위 電壓을 超高壓(Extra High Voltage, EHV), 800~2000KV 範圍電壓을 超超高壓(Ultra High Voltage, UHV)라 하였고 日本의 電力中央研究所는 750KV~2000KV를 超超高壓으로 하고 있다. 世界各國의 超高壓 및 超超高壓 電壓의 格上過程을 보면 既存系統電壓의 2倍程度로 格上되고 있는데 美國에서는 345KV에서 765KV로 格上되었고, 캐나다는 315KV에서 735KV로, 소련은 330KV에서 750KV로 格上하였다. 앞으로의 開發展望은 美國은 765KV에서 1500KV로, 500KV에서 1100KV로, 캐나다는 735KV에서 1500KV로, 日本은 500KV에서 1000KV로 格上하기 爲하여 檢討가 進行되고 있으며 브라질은 345KV에서 750KV로 格上하기 爲하여 750KV送變電施設工事が 進行中에 있다.

### 3. 美國의 765KV超超高壓 送電技術 및 系統의 開發特性

美國의 765KV送電方式을 開發한 會社는 AEP로써 AEP의 電力系統은 Michigan 南西部에서 Tennessee 東北部까지 (約 500Mile), Illinois와 Indiana의 경계 地域에서 W.Virginia와 Pensylvania 경계地域까지 (약 500Mile)의 地域을 擔當하고 있으며 765KV送電方式檢討當時의 1967年度 最大負荷는 8,600MW,年間發電量은 50C KWH, 總發電設備은 9,400MW로써 美國에서 제일 큰 電力會社였다. 送電系統은 2,000c-mile의 345KV를 根幹으로 50c-mile의 500KV와 6,000c-mile의 138KV 系統으로 構成되었고 近接電力會社의 送電系統과 4,000~5,000MW相當의 連繫能力을 갖고 있다. AEP는 1916年 138KV送電方式을 採擇한 以來 1952년에는 345KV의 超高壓 送電方式을 世界에서 最初로 開發 運轉을 開始하여 EHV 送電技術開發에 선구적인 役割을 하여왔다. 또한 AEP의 1967年當時 系統展望에 依하면 電力需要는 67年末 8,600MW에서 70年末 10,500MW, 80年末 20,000MW, 90年末 35,000MW로 展望되었고 經濟性 提高를 爲한 發電機容量의 増大化로 800~1,300MW 級發電機를 採擇키로 하였다. 그리고 土地需要의 增加와 公害問題로 發電所用地의 不足化現象으로 發電所規模의 増大化가

促進되고 있어 73年末까지는 2,200MW級 發電所가, 1973年 以後에는 4,000MW級 發電所의 建設이 計劃되었다. AEP는 이와같은 系統展望에 對備하고 電力使用의 急速한 增加에 따른 電力供給信賴度(Reliability of Electric Power Supply)의 向上을 爲하여 1967년부터 10~20年後 (1980년 및 1990年)의 送電系統開發에 對하여 檢討를 始作하였다. 即, 既存 345KV超高壓系統의 擴張과 上位電壓의 765KV 超超高壓系統을 導入 既存 345KV系統에 Overlay시키는 두개 方案을 對象으로 1980~1990년까지의 電力 潮流 및 系統安定度를 檢討하였는데 그 結果 既存 345KV送電方式으로는 1990年에 必要한 送電量을 (Transmission Requirement) 充足시킬 수 없을 뿐만 아니라 1980年에 必要한 Transmission Requirement도 감당하기 어렵다고 判明되었다. 또한 345KV 送電系統의 擴張으로는 送電線 回線數와 變電所의 過多化로 土地의 効率的인 利用과 環境障害改善을 이룩할 수 없어서 765KV 超超高壓送電方式을 採擇하여 既存 345KV系統에 765KV 送電系統을 增設시키기로 하였다. 그리고 765KV系統은 實際로 必要한 時期보다 앞서 運轉되도록 하여 765KV 系統開發의 完全化를 기하였고 運轉初期의 Loading은 20~25%程度로 하였다. AEP가 既存 345KV系統을 格上하기 爲한 電壓으로 765KV를 選定한 것은 첫째, 그 當時 技術적으로 送電可能한 最大電壓으로 判明되었고 各種機器도 製作될 수 있었다. 即 AEP는 1961년부터 Westinghouse社와 共同으로 750KV Apple Grove Test Project를 樹立하여 800KV級 超超高壓送電技術을 開發하여 왔었고 둘째, 765KV系統은 345KV系統보다 5배의 送電能力을 갖고 있어 經濟性(건설비/송전용량)이 높기 評價되었다. 그리고 795KV系統의 最高運轉電壓은 800KV로 하고 公稱 電壓은 765KV로 定하였는데 그 當時 700~800KV級 運轉電壓은 캐나다의 735KV(公稱電壓 700KV, 最大電壓 735KV) 소련의 750KV(最大電壓 780KV)였고 標準電壓으로

USANSI는 700KV(最大電壓 765KV), CIGRE는 最大電壓 765KV, 800KV, IEC는 700KV(最大電壓 750/765KV)를 추천하였다. 따라서 765KV運轉에 適合한 機器의 製作이 可能하게 되었고 또한 AEP의 實際 765KV 送電系統에 맞는 機器設計特性 및 차단기 特性에 對하여 檢討한 結果 765KV 運轉이 可能하다고 判明되어 公稱電壓은 765KV로 確定하였고 最高運轉電壓은 +5%基準으로 하여 800KV로 하였다. AEP의 765KV 送電容量은 送電線을 ACSR 954MCM 4Bundle로 하였는데 Surge Impedance Loading은 2,200MW로 200mile 送電距離에서는 약 2,500MW 程度로 345KV보다 5배程度의 送電能力을 갖고 Charging容量은 460 MVA/100mile이다. 765KV送電線의 Transmission Cost는 다음 그림과 같이 2,000MW電力을 100mile이상 送電時는 765KV가 經濟的이며 765KV 變電機器에 對한 Cost/Capability 比較結果 T/L과 CB는 765KV가 有利하고 TR과 Shunt Reactor는 345KV가 有利하였으나 全體적으로 보면 765KV 系統의 Cost/Capability가 345KV 경우의 50%程度였다. 그리고 765KV 送電線의 充電電流를 보상하기 爲하여 送電線引出端에 Shunt Reactor를 設置하여 80% 보상을 하였으며 短絡電流가 큰 變電所에는 Series Reactor를 設置할은 물론 345KV 電壓강하가 심한 變電所에는 또 Sync-



Transmission cost versus transmission distance.

Equipment Cost Comparison 765KV Versus 345KV

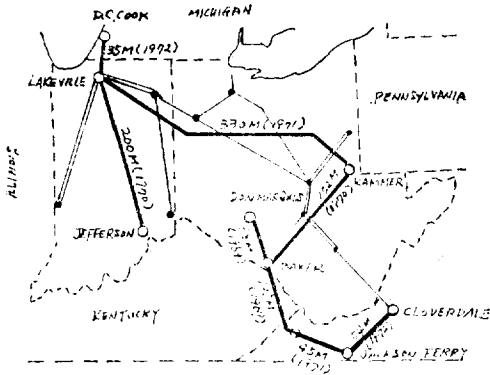
Equipment	765-KV Cost in Per Unit of 345-KV Cost	Capability Factor 765/345KV	Ratio of Cost per Kilovolt Ampere of Capability 765/345KV
Transmission lines	2.0	5.0	0.40
Circuit breakers	2.7	5.0	0.54
Shunt reactors	1.2	1.0	1.20
Generator stepup transformers	1.3	1.0	1.30
Stepdown autotransformers	1.5	1.0	1.50

hronous Condenser를 設置하였다. AEP의 765KV 送電系統은 다음 그림에서 보는 바와 같이 1969~1972 年 期間동안 1,113c-mile의 765KV 送電線 建設計劃이 樹立되어 '69~'70年間 400C-mile, '71~'72期間에는 713c-mile이 建設되었다. 그리고 765/345KV 變電所 8個所 12,000MVA 765/138KV 變電所 2個所 12,000 MVA가 建設되었고 4,200MVA의 Shunt Reactor를 設置하였다. 이와같은 765KV 系統의 潮流圖을 보면 73年末 Peak-Load時 765KV 系統에는 正常時 대단히 적은 潮流가 豫想되었고 發電所와 765KV T/L 事故 時에는 1,500~2,000MW의 潮流가 豫想되어 送電容量

에 比하면 대단히 적은 潮流였다. 따라서 '73年以後 몇年間的 需要增加에 對備하여도 充分한 送電能力을 갖고 있었다.

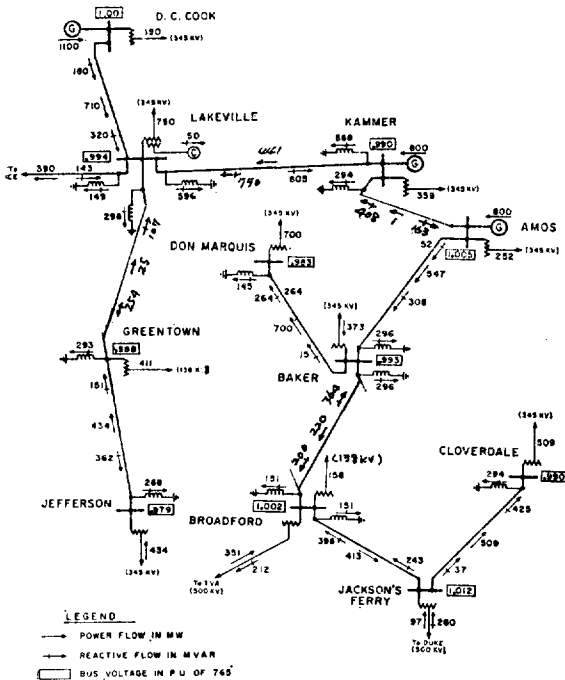
#### 4. 캐나다 735KV 超超高壓 送電技術 및 系統의 開發特性

캐나다 Hydro-Quebec은 Montreal에서 約 600km 에 位置한 Manicouagan-Outardes江의 水力資源開發을 爲한 5,000MW級 大規模水力發電所建設計劃에 따라 1962년부터 大電力轉送方式에 對한 檢討를 始作하였다. Hydro-Quebec은 이 水力發電所連結을 爲하여 既存 345KV 送電方式에 依한 方法과 既存 345KV보다 上位의 735KV 超超高壓送電方式에 對하여 檢討한 結果 735KV 超超高壓送電方式을 導入하기로 1962年에 決定하였고 美國의 GE, 이태리 CESI에서 送電線絕緣 鐵塔設計 및 過度電壓에 對한 試驗을 1962년부터 1964 年까지 實施하였다. 그리고 第1段階로 Manicouagan-Outardes 水力發電所에서 Montreal의 大規模電力消費地域까지 735KV 送電線 570km 1回線을 建設하여 1965년부터 運轉에 突入함으로써 世界에서 最初로 700 KV級 超超高壓系統을 開發하여 超超高壓送電技術開發에 선구적 役割을 하였다. 5,000KW 水力發電所가 完全 竣工됨에 따라 1969년까지 735KV 送電線 2回線이 追加로 建設되었다. Hydro-Quebec의 735KV 送電系統 開發特性은 大電力을 中間系統連結없이 直接負荷地域으로 長距離 輸送하는 Point-to-Point 送電方式으로 735KV 送電線의 容量은 SIL 基準으로 2,000MW程度이다. 그 後 Manicouagan-Outardes 水力發電所에서 600km 떨어진 Churchill Fall江의 水力發電所(5,000 MW) 建設에 따라 '71~'73 期間에 Manicouagan-Outardes까지 735KV 送電線 3回線, 600km가 建設되었고 Manicouagan-Outardes에서 Montreal까지의 既存 735KV 系統에는 735KV 3回線이 추가되어 6回線이 되었다. 最近에는 Hydro-Quebec은 James Bay 江 開發을 爲한 16,000~20,000MW 相當의 水力發電所建設計劃과 關聯 送電方式으로 735KV 送電, 1,200 KV送電 및 HVDC 送電을 對象으로 檢討를 하였는데 이와 같은 水力發電所는 5,000MW程度의 SIL을 가진 1,200KV 送電과 HVDC 送電方式을 採擇하는데 充分한 大電力으로 判明되었으나 735KV 送電方式이 가장 適合한 것으로 決定되었다. 即 1,200KV 送電方式을 採擇하면 系統事故로 大電力을 輸送하고 있는 線路가 Trip되면 全系統이 붕괴될 虞려가 있고 735KV送電方式은 既存系統으로 系統運用上 問題點이 없고 技術이

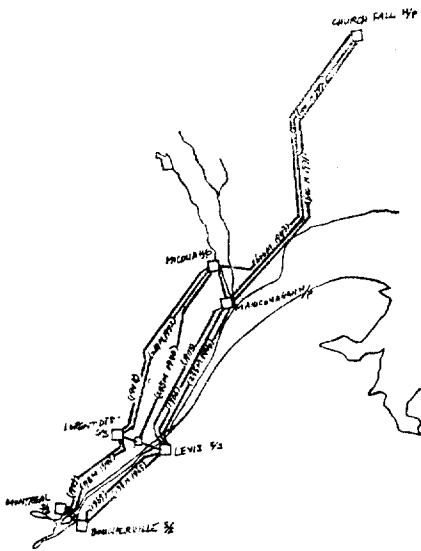


765 KV T/L ———  
345 KV T/L - - - -

AEP 765KV초기계통(1969~72)



1973. 조류도(Peak Load, Normal Condition)



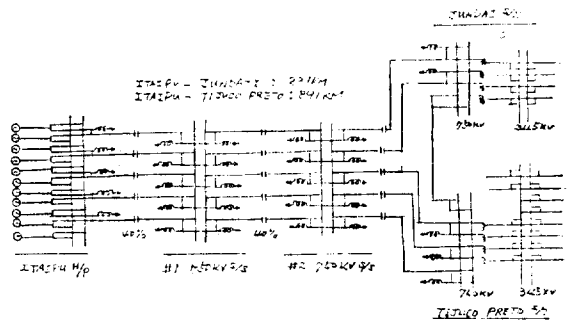
Hydro-Quebec 735KV 계통도(1965~1975)

많이蓄積되어 왔으므로 735KV 送電方式을 採擇하기로 하고 10,000MW 정도까지의 電力輸送을 爲하여 James Bay에서 Montreal까지 735KV 送電線 1,200 km 5回線을 建設키로 하였다.

### 5. 브라질 750KV超超高壓 送電技術 및 系統의 開發特性

브라질도 캐나다와 같이 大規模水力資源開發에 따라 파라과이와 國境을 이루는 200km 상당의 Parana江에 8,000~14,000MW級 Itaipu 水力發電所建設에 對하여 1971년부터 파라과이와 共同으로 檢討를 着手하였고 發電所가 完工되면 兩國共同所有로 하고 大部分의 電力은 Brazil에서 受電키로 하였다. 따라서 브라질의 Centrais Electricas Brasileiras S.A는 Itaipu 水力發電所의 系統連結를 爲하여 水力發電所에서 850~1,200km 떨어진 最大負地域인 São Paulo와 Rio de Janeiro까지 送電하는 方式에 對하여 캐나다 用役會社(Montreal Engineering Ltd.)와 같이 檢討를 1971년에 着手하여 1974년에 完了하였다. 檢討對象系統은 500KV, 750KV 및 1,100KV 系統으로 하였고 送電電力 8,000MW 경우는 500KV와 750KV를 比較하고 送電電力이 12,000MW 경우는 750KV, 1,100KV, ±600KV DC 系統에 對하여 比較檢討하였다. 檢討結果 750KV 送電方式이 第1經濟的인 것으로 判明되었고 또한 1,100KV와 ±600KV DC 送電時는 送電系統의 事故로 SIL이 5,000MW 程度인 送電線이 Trip되면 全系統이 붕괴될 虞려가 있어서 750KV 送電方式을 導入

키로 하였다. 그리고 750KV 送電方式의 경우 Series-Compensation 方式과 Synchronous Condenser 使用方式을 比較한 結果 Series-Compensation 方式이 10%程度 建設費를 節減할 수 있어 40% Series-Compensation의 750KV 送電方式을 採擇키로 決定하였다. Itaipu 水力發電所가 82년에 運轉目標로 推進되어 750KV 送電系統은 81년까지 水力發電所에서 São Paulo까지 750KV 送電線 2回線 850km를 建設하기로 하였으며, 현재 건설공사가 進行중에 있다. 그리고 Itaipu 水力發電所가 完全가동시는 765KV 送電線 5回線이 運轉되도록 計劃되었다.



브라질 750KV 계통

### 6. 700KV級 超超高壓 送變電設備의 開發特性

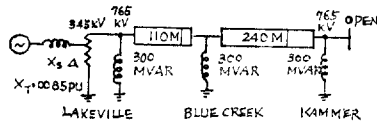
超超高壓送電系統開發에 있어 系統構成, 送電線 送電能力 및 回線數, 變壓器容量 및 Bank數, Shunt Compensation 및 Series Compensation等은 Load Flow 檢討나 Stability分析에 依하여 決定되며 그리고 設備나 機器의 電氣的特性(Electrical Parameters)은 送電線路損失, 所要絕緣耐力(Insulation Requirement) 및 經濟性評價를 거쳐 選定된다. 따라서 超超高壓 送電系統을 開發할 때는 可能한 많은 運轉條件을 計想하여 系統에서 發生될 수 있는 Overvoltage, Radio Interference 및 Corona Loss, 絕緣特性, 絕緣協調等에 對하여 充分한 檢討를 爲한 試驗設備가 建設되었고 많은 試驗과 分析을 通하여 Electrical Parameter가 決定되어 왔다.

美國 AEP는 Overvoltage 分析을 爲하여 G.E.의 Transient Network Analyzer (TNA), W.H.의 ANACOM, Allis Chalmers의 Electronic Differential Analyzer를 使用하여 檢討하였는데 定常狀態의 常用周波數過電壓(Sustained Overvoltage, or Temporary Overvoltage)의 경우 Lakeville S/S 送電端 Kammer S/S 受電端으로 하는 350mile 765KV 線路

에서 Kammer를 Open하고 Lakeville S/S에서 Energize 할시 Kammer 765KV 母線側電壓은 定常時 1.43P.U, 1線地絡事故時는 1.7P.U로 나타났다. 그리고 開閉까지 過電壓(Switching Surge Overvoltage)의 경우 上記線路를 Kammer S/S에서 350Ω Closing Resistor를 취부한 차단기로 投入時 Kammer S/S母線에서 1.96P.U로 나타났다. 上記線路의 運轉中 Kammer S/S의 765KV 차단기 (Opening Resistor 1, 000Ω취부)를 Open시키면 Trip전 SIL 2,200MW정도의 潮流에서 1.7P.U로 나타났으며 Reclosing時는 2.9P.U까지 上昇하였고 350Ω Closing Resistor를 차단

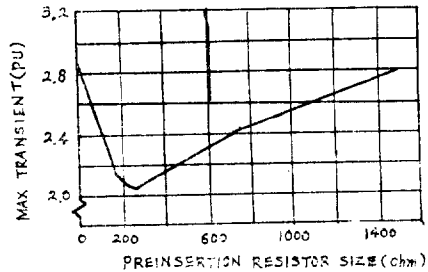
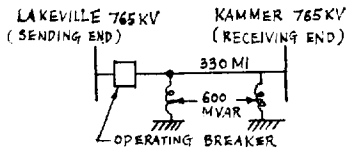
기에 취부하면 2.1P.U로 減少하였다. 以上の 過電壓 檢討結果에 따라 AEP는 商用周波數電壓의 허용치를 1.45P.U로 보고 588KV 피뢰기를 選定하였고 Switching Surge Overvoltage 허용치는 2.1P.U로 잡고 765KV 차단기에 Closing Resistor (350Ω, 6ms)를 취부키로 하였다.

다음 캐나다 Hydro-Quebec은 美國 N.Y. Schenectady의 TNA를 使用하여 過電壓分析을 遂行하였는데 Manicouagan-Levis間 735KV 230mile 線路에서 Switching Surge Overvoltage는 2.1P.U로 나타났고 Reclosing시 24Cycles 程度의 無電壓時間(Dead-



Type of Shunt Reactor	Description of 345-KV contingency	$X_s$ (Pu)	Per Unit Voltage at Bus			
			345KV	Lakeville 765KV	Blue Creek 765KV	Kammer 765KV
Linear	two 345-KV lines out	0.0215	1.29	1.46	1.56	1.70(KAMMER S/S: 1선지락사고)
	no 345-KV lines out	0.0115	1.15	1.24	1.35	1.43(정상시)
Nonlinear	two 345-KV lines out	0.0215	1.15	1.25	1.30	1.41(1선지락사고)
	no 345-KV lines out	0.0115	1.10	1.16	1.25	1.32(정상시)

\* In addition to the 345-KV contingencies, no other 765-KV lines are connected to the Lakeville 765-KV bus  
Bus voltages along 765-KV line shown for different X, using linear and nonlinear reactors.

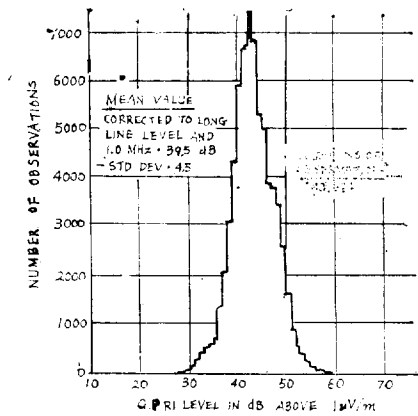


Effect of resistor on maximized transient overvoltage during reenergization for a preinsertion time of 6ms.

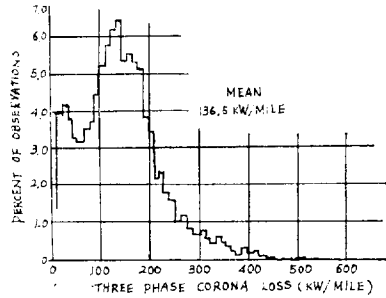
Time) 내에서 完全 Discharge되지 아니하면 2.1P.U를 超過하게 되어 遮斷器에 Closing Resistor를 취부시키기로 하였고 그리고 商用周波數過電壓은 Shunt Reactor를 永久히 취부시켜 1.5P.U로 하였다. 따라서 Hydro-Quebec은 商用周波數過電壓은 許容値를 1.5P.U로 보고 피뢰기 定格電壓을 612KV로 選定하였고 遮斷器에는 Switching Surge Overvoltage를 2.1P.U로 억제하기 爲하여 400Ω 정도의 Closing Resistor를 부착키로 하였다.

Radio Interference(RI) 및 Corona Loss 分析을 爲하여 AEP는 750KV Apple Grove Test Project를 1961년에 樹立 W.H社와 共同으로 試驗을 實施하였다. Apple Grove 試驗에 依하면 Radio Noise의 경우 1.196inch 4複導體使用時 中央相에서 100ft 이격 地點에서 Radio Noise는 1MHz 52.4dB, 200ft이격 地點에서는 40dB로 나타났다. Corona Loss는 Fair Weather時 1.0inch 4導體의 경우 13~30KV/mi, 1.196~1.382inch 4導體의 경우 1~3KW/mi로 나타났고 Faul Weather時 (Rain) Corona Loss는 4×1inch의 경우 207KW/mile 4×1.196inch의 경우 124KW/mile, 4×1.382inch 경우 79KW/mile 程度로 判明되었다. 이와 같은 試驗値를 基準으로 AEP는 765KV 送電線導體를 1.165inch 4複導體를 使用하는 경우의 RI와 Corona Loss를 分析한 結果 RI는 線路에서 150~200ft地域地點의 경우 42dB로 나타나서 放送電波強度 64~58dB로 豫想되어 RI는 別問題가 없을 것으로 判斷되었고 그리고 Corona Loss는 fair-Weather時 3KW/mile Faul-Weather時 35KW/mile로 나타났다. 따라서 765KV 送電線으로 1.165inch×4複導體가 RI面이나 Corona Loss 評價面에서 좋은 結果가 나타나 AEP는 1.165inch 4複導體를 765KV 送電線으로 採擇하였다. 그리고 캐나다의 735KV 送電線에는 1.38inch×4 複導體가 使用되었고 브라질은 750KV 送電線으로 1.3inch×4 複導體를 使用하기로 하였다.

超超高壓送電線の 絶緣設計를 爲하여 AEP는 Ohio Brass社의 High Voltage Laboratory에 765KV 送電線 絶緣試驗設備를 設置하여 試驗을 實施하였다. AEP는 앞에서 言及한대로 765KV 送電系統에 通用될 수 있는 Switching Surge Overvoltage의 許用値 2.1P.U를 基準으로 絶緣設計를 하고 이에 맞는 碍子連을 選定 絶緣特性에 對하여 試驗을 實施한 結果  $5\frac{3}{4} \times 10'' \times 32$ 個(外相 30個) V. String의 碍子連은 Switching Surge Overvoltage 2P.U (1,250KV) 絶緣耐力를 갖게 됨이 證明되어 이 碍子連을 765KV送電線에 使用키로 하였다. 그리고 캐나다 Hydro-Quebec은



Histogram of fair-weather RI for four 1.196-inch diameter conductors at 775KV, measured with Stoddard Nm28B meter at 0.360MHz and 200feet from center phase. (Apple Grove Test Project)

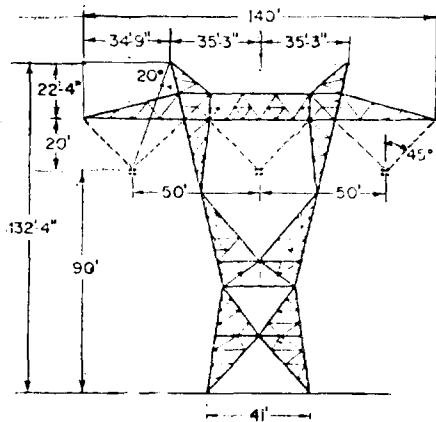


Histogram of three-phase corona loss for four 1.196-inch conductors during rain. (750KV Apple Grove Test Project)

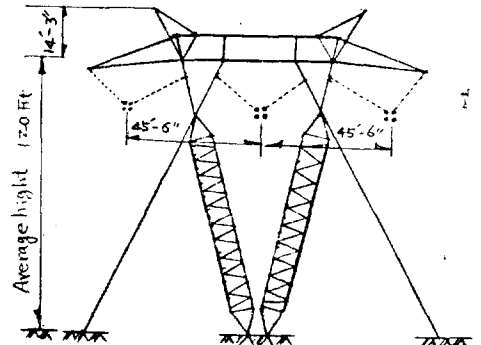
1962年 735KV 送電方式을 導入키로 決定함에 따라 62년에 美國 GE에 送電線絶緣試驗設備를 設置, 試驗을 實施하였고 63년에는 이태리 CESI에 試驗設備를 다시 設置하여 GE의 試驗結果를 檢討하였다. 그 結果 735KV 送電系統의 Switching Surge Overvoltage 許容値 2.1P.U(1,260KV)에 견딜 수 있도록  $5 \times 10'' \times 35$ 個 Vstring을 選定 試驗結果 1,350KV의 絶緣能力이 判明되어 이 碍子連을 選定하였고 鐵塔과 絶緣間隔은 220inch로 하였다.

超超高壓變電所의 絶緣協調에 있어서 絶緣協調의 基本이 되는 피뢰기는 前述의 過電壓分析에서 AEP는 588KV로, Hydro-Quebec은 612KV를 選定하였고 피

區 分	AEP 765KV系統	Hydro-Quebec 735KV계통	Brazil 750KV系統
공칭전압	765KV	700KV	750KV
최고전압	800KV	735KV	780KV
송전선	1,165inch×4, 수평배열	1.38inch×4, 수평배열	1.3inch×4, 수직배열
철타	1회선용, 자립식 및 지선형	1회선용, 자립식	2회선용, 자립식 및 지선형
애자련	5 $\frac{3}{4}$ ×10''×32개 Single & Double V	5×10''×35개 ×4V 6 $\frac{1}{4}$ ×10''×35개×4Par	5 $\frac{3}{4}$ ×10''×35개 Single V
상간거리	45feet	50feet	
최소지상고	45feet	40feet	
경간	1,300feet	1,400feet	
가공지선	2조, 차폐각 15°	2조, 차폐각 15°	2조, 차폐각 20°
변압기	단권변압기 1φ500MVA×3 BIL 1,800KV SIL 1,490KV	단권변압기 1φ170~550×3MVA BIL 1950KV SIL 1350KV	BIL 1,950KV SIL 1,425KV
차단기	차단용량 25KA (Opening resistor취부시45KA) 정격전류 3,000A BIL 2,300KV SIL 1,500KV Closing resistor 350Ω 6ms Interrupting time 2 cycles	차단용량 2,500MVA BIL 2,100KV SIL 1,425KV Closing resistor 300~450Ω 6ms Interrupting time 3cycles	
피뢰기	정격전압 588KV SIL 1,200KV BIL 1,660KV	정격전압 612KV SIL 1,230KV BIL 1400KV	
Shunt reactor	765KV T/L 인출단에 150~300MVA 설치	735KV T/L 인출단에 165~330MVA 설치	750KV T/L 인출단에 200MVA 설치
모선	1.5 차단방식	2중모선 방식	
Right of Way	72~88m	72~88m	

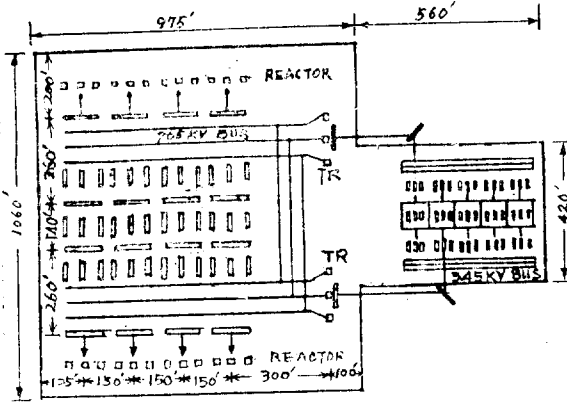


<Self-Supporting tower>

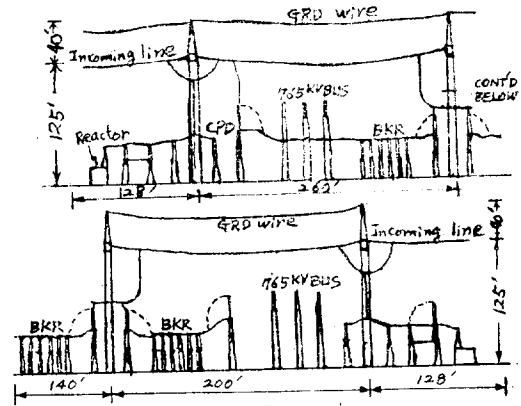


<Guyed V structure>





Typical location plan of 765KV



Typical 765KV station, 2-elevation view

Typical location plan of 765KV station, Typical 765KV station, 2-elevation view

피뢰기의 Switching Surge Overvoltage 放電電壓은定格電壓의 1.45배로 잡고 各各 1,200KV, 1,230KV로 定하였다. 그리고 AEP는 피뢰기의 Protective Level(LA SIL/TR SIL)을 既存系統에서 適用되고 있는 0.8로 잡고 765KV 變壓器의 SIL은 1,500KV, BIL은 1,800KV로 選定하여 變壓器의 Switching Surge Overvoltage에 對한 絶緣耐力은 系統許容值 2.1P.U(1,340KV)에 比하여 約 12%의 유도(Margin)을 갖게 되었으며 765KV 遮斷器의 BIL은 2,300KV, SIL은 1,500KV로 選定하였다. Hydro-Quebec은 피뢰기의 Protective Level을 0.9로 잡고 735KV 變壓器의 SIL은 1,350KV BIL은 1,950KV로 選定하여 735KV 系統의 Switching Surge Overvoltage 許容值 2.1P.U (1,260KV)에 比하여 7%의 유도를 갖게 하였고 735KV 遮斷器의 BIL은 2100KV SIL은 1,425KV로 選定하였다. 以上과 같은 檢討를 거쳐 700KV級 超超高壓 送變電設備나 機器의 特性이나 容量은 아래와 같이 決定되었다.

### 7. 1,000KV 以上の 超超高壓送電技術 開發 展望

現在 1,000KV 以上の 超超高壓送電技術開發에 對하여는 美國, 캐나다 및 日本에서 檢討되고 있다. 即 美國의 AEP는 765KV 系統을 1,500KV로 BPA는 500KV 系統을 1,100KV로의 格上을 對備하여 1,000KV 以上の 送電技術에 對한 試驗을 進行시키고 있다. AEP는 스웨덴 ASEA, 캐나다의 Hydro-Quebec과 共同으로 送電系統의 格上possible 最高電壓을 決定하기 爲하여 765KV 送電系統을 開始한 1969년에 超超高壓 送電開發計劃(UHV Research Project)를 樹立 1969年부터 1978년까지 Air-Gap Insulation, Switching Surge Overvoltage, Corona Effect, Internal Ins-

ulation等에 對한 3段階試驗을 完了하였다. 그 試驗結果에 依하면 1,600KV까지의 各種機器開發이 可能한 것으로 判明되었고 1,600KV級 超超高壓送電方式이 可能하다는 結論을 얻었으며 1985年경에 1,500KV送電이 必要한 것으로 展望되고 있다. BPA는 (Bonneville Power Administration) 美國西部의 最大設備를 保有하여 太平洋北部地域一帶에 電力을 供給하고 있고 AC 500KV 直류 ±400KV를 主幹線으로 하며 太平洋沿岸南部地域과의 連繫를 이루고 있고 東部電力系統과도 連繫가 이루어졌다. 그리고 1,100KV超超高壓 送電系統을 導入하기 爲하여 1976年 BPA는 EEI 및 GE共同으로 20km의 1,100KV 試驗送電線을 建設 1,100KV 送電方式에 對하여 研究하였으며 1980年경에 1,100KV 送電이 必要한 것으로 展望되고 있다.

日本은 1973年 500KV送電系統이 開始된 以來 先進國과 같이 電源의 偏在, 遠隔化, 規模의 大型化等으로 1,000KV 級超超高壓送電方式을 檢討하기 爲하여 73年 UHV 開發推進委員會가 組織되었고 超超高壓送電方式에 對한 試驗計劃을 3段階로 區分(第1段階로 設備概念設計에 對한 基礎研究, 第2段階로 機器의 開發研究, 第3段階로 實證試驗)하여 各段階別로 2~3年の 期間

國 家	既存系統電壓(공칭/ 최대운전전압)	格上研究電壓
美 國	765/800KV	1,500KV
	500/550KV	1,100KV
카 나 다	700/735KV	1,500KV
日 本	500/550KV	1,000KV
이 태 리	380/420KV	1,000KV
불 란 서	380/400KV	800KV
스 웨 덴	380/400KV	"
서 독	380/400KV	"
영 국	380/400KV	"

으로 研究가 進行中에 있고 이와 같은 1,000KV級送電은 1985年경에 必要한 것으로 展望되고 있다.

各國에서 現在研究中인 送電系統의 格上對象電壓은 다음과 같다.

## 8. 結 言

以上과 같이 700KV級 (700~765KV) 超超高壓送電技術 및 系統開發現況을 考察한結果 既存送電系統이 300KV級 系統의 경우는 次上位의 送電系統으로 700KV級 (700~765KV) 系統이 導入되고 있으며 이와 같은 超超高壓系統을 導入하기로 決定하면 超超高壓送變電設備나 機器의 選定을 위하여 機器製作會社나 研究所에 超超高壓試驗設備을 設置 RI나 Corona Loss, 絕緣特性, 過電壓에 對한 試驗을 遂行 그 試驗結果를 分析하여 超超高壓送變電設備의 基準이나 機器의 定格이 決定되고있다. 그리고 超超高壓送電系統은 系統의 設計나 開發을 圓滑히 推進하고 初期 Loading을 적게 하기 爲하여 必要時期보다 앞서서 運轉되도록 하였다.

當社(韓國電力)의 다음 段階의 送電系統은 700KV級 超超高壓送電系統이 적당한 것으로 豫想되며 다음 段階의 送電系統의 必要時期는 長期需要展望과 電源開發計劃에 따라 決定될 것이나 先進國과 같이 建設費節減을 爲하여 發電機容量이 900MW 以上으로 展望된 是 물론 限定된 國土의 效率인 利用과 公害問題解決을 爲한 特定地域 發電所集中化로 4,000~5,000MW 發電所가 計劃되고 있고 送變電用地的 求得難이 더욱 더 患化될 것을 감안하면 當社의 700KV 級送電系統導入이 意外로 빨리 到來될지도모른다. 그리고 當社에서 導入이 豫想되는 超超高壓送電系統은 美國 AEP의 765KV 超超高壓系統과 같은 技能을 갖는 系統이 될 것 같다. 即 既存 345KV系統의 Bulk Power Transfer 役割을 계승하기 위하여 345KV 系統에 Overlary시키 爲한 Complex Network型式의 超超高壓送電系統이 될 것이 豫想되며 超超高壓系統에 使用되는 設備나

機器는 試驗設備에 依한 試驗을 통하여 當社系統에 맞도록 選定되어야 할 것이다. 當社는 위와 같은 格上에 對備 格上檢討要員 養成을 爲하여 美國 W.H 社送電技術研究所와 訓練契約을 체결(1978. 12. 29)하였으며 現在 當社職員 19名이 訓練을 받고 있다. 本訓練은 超超高壓系統計劃, 高壓系統運用, 保護 및 通信, 送電設備 變電設備의 分野別로 實施되고 있고 系統計劃 및 運用 保護 및 通信에 對한 訓練은 1980年 2月中으로, 그리고 送變電備에 對한 訓練은 1980年 4月中으로 完了될 것이며 앞으로 超超高壓 格上計劃에 對한 檢討가 活潑히 進行될 것이다.

## 참 고 자 료

1. AEP 765KV System (IEEE. PAS)
  - 가. General Background of AEP 765KV System
  - 나. System Planning of AEP 765KV System
  - 다. Overvoltages on AEP 765KV System
  - 라. Radio Influence and Corona Loss
  - 마. 765KV Transmission Line Insulation
  - 바. 765KV Station Insulation
  - 사. 765KV Station Design
2. Composite Line Insulation Strength of Hydro-Quebec 735KV System (IEEE PAS)
3. Feasibility Study of the Itaipu Transmission in Brazil (CIGRE)
4. The AEP-ASEA UHV Project-Progress up to 1975 (CIGRE)
5. Bonneville Rower Administration Prototype 1,100/1,200KV Transmission Line Project (IEEE, PAS)
6. Hydro-Quebec's 735KV System in operation by 1965 (AIEE)
7. Progress Reprt on the first 735KV Manicouagan-Montreal Transmission Line (CEA)
8. Hydro-Quebec's 735KV EHU Project (APC)

## 訂 正 記 事

會誌 第28卷 第11號(1979年 11月)에 掲載된 技術解説(大出力 글라스레이저에 의한 慣性密閉核融合)에서 차례와 본문에 있는 價자를 價자로 바로 잡습니다.