(紹)(介)

海外의 超高壓送電線의 現狀

緒 言 送電距離와 送電電力의 增大에 따라 送電電壓은 漸次로 높아져 왔고 앞으로도 繼續 높아질 것으로 보인다. 우리의 韓國電力系統의 現在 最高 送電電壓은 154Kv이지만 第2次大戰前에는 休戰線 以北의 220Kv 送電線을 運轉했었고 앞으로 負荷의 增加에 따라 系統容量은 漸次로 커져서 單位機 容量이 큰 大容量 發電所가 續續 建設되어 送電電力이 增大할 것이므로 不遠한 將來에 超高壓送電線이 必要하게 될 것이다.

아래에서 海外 各國의 超高壓送電線의 現況을 紹介함은 우리 나라에서도 將次에 對備하여 이에 對한 더욱 活潑한 調査研究活動이 있어야 될 것으로 믿고 이 資料가 많은 參考가 되리라고 期待하기 때문이다. <事務局>

1. 瑞 典

瑞典에서는 北部 水力地帶의 電力을 南部의 人口稠密한 工業地帶로 送電하기 爲하여 일찍부터 超高壓送電의 必要性이 提起되어 220Kv 送電線은 이미 1936年에 建設되었었고 1952年에는 世界最初의 400Kv 送電線이 建設되었다. 最終目標로서는 900萬Kw, 送電平均距離 900km의 送電線을 計劃하고 있다.

瑞典에서는 500Kv 로의 昇壓은 考慮하지 않고 있으며 送電容量의 增加가 必要하게 되는 경우에는 現在의 2導體 送電線을 3導體로 改造할 것을 構想하고 있다.

瑞典의 超高壓送電線의 特徵은 아래와 같다.

(1) 長距離 送電線이기 때문에 送電線의 安定度의 向上을 爲하여 單卷變壓器의 임피단스는 比較的 작게 5~12%의 範圍內에 머물도록 되어 있으며 또한 線路리액탄스의 40~60%를 補償하는 直列蓄電器가 設備되어 있다. 그리고 發電所에도 75,000 KvA 程度의 同期調相機가 設備되어 있다.

(2) 瑞典에서는 400Kv 系統의 擴大에 따라 다음과 같이 機器의 絕緣强度를 漸次로 低下시키고 있다.

1954年 以前……1,775Kv
1955年 以後……1,550Kv
1958年 以後……1,425Kv

또한 瑞典에서는 直流送電에 關하여도 다른 나라보다 앞서 開發이 되어 瑞典 本土와 Gotland 島 間 60마일의 海底케이블로 直流 100Kv, 20Mw의 送電을 하고 있다. 또한 Konti-Skan 計劃이라고 불리우는 1965年末 頃까지에 歐羅巴 大陸의 電力系統과 스칸디나비아諸國의 系統을 139km의 直流 送電線으로 連繫하려는 計劃도 있다. 이것은 瑞典 西岸의 Göteborg와 丁抹의 Aalborg를 連結하게 되는데 海底部分은 全長 80km, 送電電力 250Mw, 電壓 250 Kv이다.

2. 英 國

英國에서는 産炭地가 中央部에 있고 石炭을 鐵道로 輸送하는 便보다 電力으로 轉換시켜 輸送하는 便이 有利하다는 立場에서 超高壓送電線이 採用되었다. 또한 將次는 原子力發電所의 出力 1,000萬Kw도 이 超高壓系統의 各處에 連繫될 豫定으로 되어 있으며 現在는 275Kv의 그리드網으로서 運轉되고 있는데 中央部의 幹線은 400Kv로 昇壓이 可能하도록 設計되어 있다. 英國에서는 이와 같이 旣設의 送電線은 400Kv로 昇壓하는 便이 500Kv로 昇壓하는 것보다 有利하다고 생각하기 때문에 500Kv 送電은 考慮하고 있지 않다. 即 400Kv/132Kv를 中心으로 하고 一部 地域에 275Kv을 남기기로 되어 있다. 또한 需要의 增加에 對處하기 爲한 方案으로서 1975年 頃에는 750Kv의 上位電壓의 送電線을 建設하는 問題가 論議되고 있다.

그리고 英佛海峽에는 38마일 距離의 直流 200Kv (±100Kv), 160Mw 直流連繫線이 佛蘭西와의 사이에 運轉되고 있고 런던 近郊에 있어서는 交流系統의 短絡電流輕減效果를 높이 評價하여 Kingsnorth 火力發電所(出力 500Mw)에서 런던 市內까지 陸上直流케이블 40마일을 1968年 頃까지 建設하는 計劃이 推進되고 있다.

英國의 超高壓送電線은 比較的 短距離의 送電線

으로서 아래와 같은 特徵을 가지고 있다.

(1) 火力發電이 主이기 때문에 無效電力의 供給은 火力發電機에 依存하고 있고 또한 런던 地區 等에서는 케이블系統이 커서 充電容量은 約 100萬KvA에 達하기 때문에 同期調相機는 變電所에는 設置되어 있지 않다.

(2) 短絡容量을 抑制하기 爲하여 變壓器의 임피단스는 比較的 높은 値로 되어 있고 275Kv/132Kv의 單卷變壓器는 15%로 하여 ±15%의 負荷時 電壓調整裝置(on load tap changer)를 해 놓고 있다. 275Kv 系統에 連結되는 火力發電所의 變壓器의 임피단스는 17.5%이고 ±10%의 無負荷 탭 變換裝置(no-load tap changer)를 붙이고 있다.

(3) 送電線의 絕緣設計에 있어서는 特히 鹽害에 對하여 注意깊게 設計되어 있으며 特히 漏洩距離가 긴 耐霧(antifog)型 碍子를 採用하고 있다. 漏洩距離로는 28~31mm/Kv의 値를 標準으로 하고 275Kv 系에 있어서는 18個, 全漏洩距離는 7,600mm로 되어 있다. 400Kv 設計의 鐵塔에 對하여는 徑 14인치 碍子 19個, 全漏洩距離 9,500mm의 것을 使用할 것을 考慮하고 있다. 또한 400Kv의 屋內用 變電所의 設計도 考慮되고 있다.

(4) 275Kv 系統에 將來 275Kv의 케이블이 導入될 것을 考慮하여 1954年 以來 Staythorpe에서 4種의 케이블을 實系統에 넣고 試驗中에 있다. 케이블의 길이는 約 100야아드이다.

3. 佛蘭西

佛蘭西에 있어서는 南部 Rhône河系의 水力電源地帶에서 北部 빠리地區의 火力發電地帶까지 超高壓送電線이 建設되어 있다. 1958年에 Rhône河系의 水力發電所 La Bathie, Genissiat에서 빠리 近郊의 Plessis-Gassot까지 600km를 220Kv 2回線으로부터 440Kv 1回線으로 昇壓하여 運轉을 開始하였다. 그리고 佛蘭西의 主要한 220Kv 送電線 315마일은 모두 將來 400Kv로 昇壓할 수 있도록 設計가 되어 있으며 獨逸, 瑞西 等을 包含하는 歐洲의 400Kv 廣域送電系統이 構成되도록 豫定되어 있다.

佛蘭西의 送電線의 特徵은 다음과 같다.

(1) 220Kv 送電線 2回線 徑 264mm²의 ACSR의 6本을 2本 씩 모아서 2連 V型 懸垂碍子 25個를 使用하고 있다. 이 電線의 外徑은 400Kv 送電線으로서는 작은 値에 屬하지만 1回線, 水平配列, 烏帽子型 鐵塔으로 相間隔이 15m나 되기 때문에 通信障害는 發生하지 않는다.

(2) 變壓器의 리악탄스는 送電容量을 增加시키기 爲하여 낮게 設計되어 있는데 Genissiat發電所의 單卷變壓器의 임피단스는 7%이다. 그러므로 特히 短絡時의 機械的 스트레스에 勘耐할 수 있게끔 設計가 되어 있다.

(3) 400Kv 送電線은 1回線이지만 220Kv 系와 루우프運轉을 하고 있기 때문에 相間短絡에 對하여 3相再閉路方式을 採用하고 送受電間의 電壓差가 相電壓의 20~30% 以下인 것을 2秒間 체크한 다음에 再閉路하기로 되어 있다. 또한 單相再閉路方式으로는 無電壓時間 0.3~3秒로 再閉路하게끔 設計되어 있다.

4. 西 獨

西獨은 北部가 火力發電地帶이고 南部는 水力發電이 主로 되어 있는데 火力과 水力의 比率은 約 80對 20이다. 이들 兩地帶를 連繫하여 合理的 運營을 하기 爲하여서는 約 100萬Kw의 送電連繫가 必要하므로 1949年부터 400Kv 送電線의 計劃이 擡頭하였었고 1957年에는 RWE社(Reinisch-Westfällisches Elektrizitätswerke A.G.)의 Rommers-Kirchen變電所와 Hoheneck發電所 間 340km에 400Kv 送電이 開始되었다.

西獨에 있어서는 系統容量의 增大에 隨伴하는 短絡電流의 制限이라는 目的으로도 400Kv級 送電線이 計劃되고 있으며 220Kv 系에서는 約 10,000MvA 400Kv系統에서는 20,000MvA의 遮斷容量을 最大로 할 수 있는 系統構成을 考慮하고 있다. 將來는 400Kv, 1,700km에 達하는 國內의 環狀幹線도 計劃되고 있으며 또한 現在 220Kv로 運轉中의 것도 一部는 400Kv로 昇壓이 可能하도록 設計되어 있다. 그리고 以上의 送電計劃에는 原子力發電所 數個所의 出力 600Mw의 送電도 包含되어 있다.

西獨의 超高壓送電線의 特徵으로는 아래와 같은 點을 들 수 있다.

(1) 400Kv 送電線은 2回線 鐵塔이고 碍子의 配列은 Donau型을 採用하고 있다. 따라서 鐵塔의 높이가 낮아지고 普通型에 比하여 25~30%는 經濟的인 設計가 可能하다. 電線도 250mm² 4導體를 採用하여 送電容量의 增加를 圖謀하고 있고 線間距離도 되도록 좁게 하여 最少 7m, 等價線間距離는 9.5m

程度로 하여 用地의 節約을 꾀하고 있다.

(2) 超高壓送電線에 있어서는 雷害보다도 霧中汚損으로 碍子의 被害가 많기 때문에 碍子의 汚損特性을 特히 考慮하여 下並이 붙은 特殊形의 長幹碍子를 使用하고 있고 碍子連의 注水商用試驗値는 830 Kv; 衝擊波耐電壓은 1,000Kv로 높은 値가 되어 있다. 그리고 碍子의 沿面距離는 22~32mm/Kv를 目標로 하여 設計되어 있다.

(3) 400Kv, 220Kv, 110Kv 系의 各 變電所에는 同期調相機의 設備가 거의 없으며 無效電力의 調整은 中電壓系 또는 低電壓系의 靜電콘덴사와 變壓器의 탭調整, 北部의 火力發電所로부터의 無效電力의 供給 等으로 電壓調整은 圓滑하게 進行되고 있다.

(4) 電力系統의 短絡電流를 制限하기 爲하여 400/200Kv의 單卷變壓器의 임피단스는 比較的 높게 10% 以上의 値를 擇하고 있으며 8% 以下로 떠러져서는 안되기로 規定되어 있다.

5. 美 國

美國에 있어서는 從來 345Kv 送電線이 最高의 것이었으나 最近에 와서 大容量 火力發電所의 建設에 隨伴하여 500Kv 送電線이 出現하였다. 即 Virginia Electric Power Co.에서는 Mt. Storm에 産炭地 大火力發電所 出力 540Mw x2를 建設하여 그 出力을 80마일 떠러진 Dooms變電所까지 送電하기 爲하여 美國 最初의 500Kv 送電線을 1962年末에 完成하였다. 이 計劃은 Westinghouse社와의 共同研究 結果로 이루어진 것이다. 同社에서는 今後 다시 Mt. Storm發電所에서 Elmont-Loudoun 間을 連結하는 500Kv 1回線 138마일의 루우프系統을 1966年 初까지 完成시킬 計劃으로 工事를 推進하고 있다.

本 送電線의 特徵으로는 于先 送電線의 開閉써어지를 抑制하기 爲하여 遮斷器에 送電線充電을 爲한 投入用 抵抗方式을 採用하고 있고 異常電壓의 發生을 2.0倍 以下로 抑制하며 碍子 個數는 雷害 事故도 考慮하여 24個를 採用하고 있는 點等을 들 수 있다. 機器의 絶緣强度로는 送電端에 70% 避雷器, 受電端에 75% 避電器를 採用함으로써 絶緣强度를 낮추어 1,300Kv의 値를 採用하고 있다. 但 DSA 및 遮斷器에 對하여는 1,550Kv의 絶緣强度를 採用하고 있다.

이 밖에 現在 美國에서 計劃中인 500Kv級 送電線 및 直流送電線 計劃은 아래와 같다.

(1) BPA (Bonneville Power Administration)

BPA에서는 Portland 附近의 外輪線을 500Kv로 하는 計劃이 있어 Vantage Convington (Seattle 附近의 變電所) 間 122마일을 1966年 10月까지, John-Day-Keelev 間 138마일을 1967年 10月 頃까지 完成할 豫定이다.

本 送電線에 있어서도 遮斷器에 投入用 抑制用 抵抗을 採用하여 開閉써어지 電壓을 最大 2.1倍로 抑制하고 碍子는 24個를 採用하기로 되어 있다. 變壓器의 絶緣强度는 75% Anestei를 採用하고 VEPCo. 보다는 若干 높게 1,425Kv로 하고 遮斷器類는 1,550Kv의 絶緣强度를 採用하고 있다.

(2) Southern California Edison Co.

220Kv系 分割에 依한 短絡電流의 抑制와 連繫效果의 增大를 目的으로 하여 500Kv 系의 導入이 1962年에 決定되었다. 500Kv系는 于先 PGECo. (Pacific Gas & Eletric Co.)와의 連繫用으로 1966年 後半부터 運轉될 豫定이다. 即 1966年에 Los Angeles 附近의 Vincent變電所에서 Lugo變電所까지 51마일에 500Kv 送電線 1回線을 開始하고 (1968年에는 2回線이 될 豫定) 이들 變電所로부터 PGECo.의 Midway 變電所를 거쳐 PGECo.와 連繫되고 또한 Lugo變電所로부터 東部地帶와도 500Kv로 連繫될 豫定이다.

線路의 絶緣은 Westinghouse社의 아나콤 (analog computer)으로 計算하여 400~600Ω의 抵抗投入方式을 採用함으로써 開閉써어지의 設計倍數를 2.0으로 擇하였다. 그리고 線路의 經過地는 標高 5,000ft에 達하는 地點도 있기 때문에 碍子 個數는 27個로 하였다. 變壓器의 絶緣强度는 75% 避雷器를 使用하여 1,425Kv로 하고 遮斷器 DS는 1,800Kv의 絶緣强度로 하고 있다. 送電電力은 1,000Mw, 年 負荷率은 65%이다.

그리고 美國 西海岸에 있어서는 前記 BPA의 水力系統과 California의 火力系統을 連繫하기 爲하여 750Kv (±375Kv)의 直流架空送電線도 計劃되고 있다. 이것은 北部의 Portland에서 Los Angeles까지 約 800마일 1回線과 Hoover Dam-Portland-Los Angeles를 連結하는 1回線으로서 送電電力은 第1期 計劃은 1,350Mw를 1968年에 完成하고 第2期 計劃도 亦是 1,350Mw를 1971年에 完成할 豫定으로 計劃되어 있다.

(3) SCECo. (South Central Electric Co.) 系統과 TVA (Tennessee Valley Authority) 系統과의 500Kv

送電連繫計劃

이것은 TVA의 Johnsonville火力發電所와 Mississippi江 東岸의 SECCo.(中南部電力會社그룹)를 連繫하는 500Kv, 1回線, 240km의 送電線으로서 1965年 4月에 建設되었다.

SECCo. 側의 500Kv送電線은 開閉써어지 計算의 結果 線路區分에 分路리액토르의 設置가 必要하고 또한 遮斷器에는 投入用抵抗이 必要하다는 것이 判明되었다. 이리하여 碍子 24個를 V型으로 吊架하는 方式을 使用하기로 되었다. 그리고 變電所의 機器의 絕緣强度는 1,425Kv, 遮斷器類에는 1,550Kv의 强度가 採用되었다.

다음에 TVA의 500Kv 送電線은 最高電壓 550Kv까지 上昇시킬 수 있도록 設計되어 있으며 分路리액토르와 投入用抵抗을 採用하여 175마일의 線路의 써어지를 最高 550Kv의 경우의 2.1倍로 制限하고 있다. 이리하여 變壓器의 絕緣强度는 1,675Kv, 遮斷器類는 1,800Kv로 높은 絕緣强度를 가지고 있다.

6. 카나다

카나다에 있어서는 Ontario Hydro水力系統에서 1965年에 500Kv電送線이 計劃되었고 Quebec水力系統에서는 1965年 10月까지 完成 豫定으로 735Kv의 世界最高의 送電線을 建設中에 있다.

(1) Ontario Hydro水力系統

本 送電線은 몇個의 火力發電所群을 昇壓시키는 Pinard變電所로부터 Hanmer變電所를 經由하여 Niagara 附近과 St. Lawrence 및 Ottawa江 附近의 水力을 昇壓시키는 Toronto變電所까지 750Kv, 1,500Mw가 送電될 計劃으로서 1965年 中에 Hanmer變電所까지, 1966年에는 Toronto까지 500Kv 送電線이 建設될 豫定이다.

本 送電線에서는 AC의 過電壓 防止와 開閉써어지電壓의 低減을 爲하여 Hanmer發電所에 125MvA, 500Kv의 리액토르 2臺를 設置하고 이 밖에 Pinard變電所에도 3次側에 리액토르를 設置하기로 되어 있다. 線路絕緣으로는 開閉써어지電壓을 2.5倍로 豫想하여 25個의 碍子를 採用하기로 하였다. 機器의 絕緣强度로서는 避雷器의 定格電壓을 比較的 높게 잡았으므로 變壓器는 1,675Kv, 리액토르는 1,800Kv로 比較的 높은 値를 擇하고 있다.

(2) Quebec 送電計劃

Quebec 超高壓水力系統은 Montreal, Quebec 附近에서 St. Lawrence江의 上流 約 640km 地點의 Manicouagan 및 Outardes 水力發電所群의 出力 約 600萬Kw를 모아서 350Kv로 昇壓하여 送電하는 것으로서 第1次 計劃은 Manicouagan 變電所로부터 St. Lawrence江 北岸에 沿하여 Lewis 變電所를 거쳐 Boucherville 變電所에 이르는 1回線을 1965年 10月까지 建設하고 繼續하여 1972年까지에 第2期 計劃으로서 이것을 2回線으로 함과 同時에 Outardes 變電所에서 Montreal까지 다른 루우트로 다시 1回線, 合計 3個 루우트의 750Kv 送電線이 建設될 豫定이다. 本 送電線의 設計에는 GE의 Pittsfield에 있는 實規模 鐵塔에서 試驗을 한 結果 開閉써어지電壓을 2.1倍 以下로 하고 碍子 個數는 35個를 使用하기로 되어 있다. 送電線에는 分路리액토르가 發電所側과 受電變電所에 設置되기로 되어 있으며 機器의 絕緣强度는 2,050Kv, 遮斷器는 2,200Kv로 되어 있다.

7. 쏘 聯

쏘聯은 國土가 廣大하고 水力地點이나 産炭地가 負荷中心地로부터 멀리 떠러져 있기 때문에 일찍이 1956年에 400Kv 送電線이 完成되어 運轉에 들어 갔다. 1959年 以後부터는 500Kv 送電線이 運轉을 開始하여 400Kv에서 500Kv로의 昇壓이 實施되었다. 1960年度 現在 쏘聯에 있어서의 超高壓送電線의 一覽表는 아래와 같다.

區 間	亘長(마일)	回線數	電壓(Kv)
뀌뷔세프—모스크바 南線	506	1	400
뀌뷔세프—모스크바 北線	502	1	400
뀌뷔세프—스베르들로프스크	652	1	400
볼고그라아드—모스크바	621	1	500
모스크바 外輪線	133	1	500

시베라아方面에서도 大容量 水力發電所의 建設에 隨伴하여 500Kv 送電線이 計劃되어 建設되고 있다. 그리고 꼬나꼬바火力發電所와 모스크바 間 90km에 750Kv 送電線을 建設中인데 1965年 末까지에는 運轉開始豫定이라고 報道되어 있으며 次期 5個年計劃에서는 數個處에 750Kv 送電線이 建設될 豫定으로 있다.

다음에 超高壓直流送電線으로는 볼고그라아드와 돈바스火力發電所 사이에 800Kv(±400Kv), 294마일, 1回線이 運轉되고 있으며 將次는 이것을 基礎로 하여 1,400Kv, 1,000~2,000km 程度의 雄大한

直流送電計劃도 推進되고 있다.

쏘聯의 超高壓送電線의 特徵으로는 다음의 諸點을 들 수 있다.

(1) 500Kv 送電線의 機器의 絕緣强度는 1,550Kv 碍子는 徑 300mm, 20~22個를 採用하고 있는데 碍子 個數는 400Kv 系統과 거의 같은 値로 되어 있다. 이것은 開閉써어지 專用 또는 雷써어지와의 兼用의 特殊한 並列갭付 避雷器를 開發하여 異常電壓을 2.5倍 以下로 抑制하는 方式을 確立하였음에 起因한다.

(2) 送電線의 安定度를 向上시키기 爲하여 速應勵磁方式 發電機의 리악탄스의 減少, 慣性定數의 增大가 採用되었으며 또한 200~300km 마다 있는 中間開閉所에 直列蓄電器가 設置되어 33%의 線路리악탄스를 補償하며 變電所 및 中間開閉所에는 强力한 勵磁方式의 75,000KvA의 同期調相機가 設備되어 있다.

(3) 水力發電所 및 中間開閉所에 分路리액토르 設置되어 있으며 發電機의 並列方式으로서는 强制並列方式이 採用되고 있다.

8. 其他 諸國

上記 諸國 以外에 400Kv級 送電線이 運轉되고 있는 나라로는 瑞西, 뉴랜드, 아르젠틴 等이 있으며 오스트리아에서도 400Kv 級 送電線이 計劃되고 있는데 그 詳細한 內容은 省略하기로 한다.

結 言

以上으로 諸 外國에 있어서의 超高壓送電線의 現狀을 紹介하였다. 各國이 모두 各自의 必要性에서, 例컨데 水力發電의 長距離送電의 必要性 또는 産炭地火力發電과 水力發電地帶와의 連繫의 必要性에서 超高壓送電線을 建設하게 되었음을 알 수 있는데 어떤 경우에 있어서나 發電電力의 增加가 基本的인 理由가 되어 있는 것이다.

더욱이 各國의 超高壓送電計劃은 例外없이 建設하기 10年쯤 前부터 計劃을 세우고 各處에서 實規模에 依한 試驗送電線이며 機器의 試驗을 綿密히 하고 있고 또한 各種 計算機를 利用하여 潮流, 電壓의 制御, 開閉써어지電壓의 豫測 等을 計算함으로써 超高壓送電線의 信賴度를 높이는 한便 그 經濟性도 充分히 檢討한 後 建設되고 있음은 注目할만한 일이라 하겠다.

(資料 : 日本「電氣協會雜誌」· 1965年 10月號)

東南亞의 電力事情

(Energy International
1965年 11月號에서 譯載)

日 本

未電化戶數 不過 0.22% (2,280萬戶 中 5萬戶). 農村電化率은 世界에서도 最高 水準.

印 度

國民所得 年間 增加率 7%로 電力需要는 1980-81年에 2,040億 Kwh 豫想.

馬 來

電力需要 增加率 年間 12%. 過去 5年間에 中央電力廳은 電源開發에 3億弗을 投資.