

美國最初の 765kV送電線 및 變電所의 開閉서어지 試驗

技術解説

辛 大 承*

— 차 례 —

- 1. 要 約
- 2. 序 言
- 3. 系統과 試驗의 概要
- 4. 開閉서어지電壓
- 5. 再閉路時의 過電壓抑制對策
- 6. Shunt Reactor의 事故時運轉
- 7. 遮斷器의 位相制御投入
- 8. RI (Radio Influence) 및 可聽雜音의 測定
- 9. TNA의 誤差
- 10. 避電器特性
- 11. 機 器
- 12. 結 論
- 參考文獻

1. 要 約

American Electric Power會社에서 建設한 美國最初の A.C 765kV送電線과 變電所에서 一連의 159회에 達하는 開閉試驗과 其他試驗을 商業運轉에 앞서 施行하였다. 여기서 얻은 廣範圍한 Data, 即 여러 條件下에서의 開閉서어지電壓, 機器特性, 過電壓抑制方法, Radio障害 및 可聽雜音等에 對해 設計値와 比較檢討하였으며 그 結果를 여기에 提示한다.

2. 序 言

1969年 Winter Power Meeting에서 AEP(American Electric Power Service Cooperation)는 1972年 完工目標로 建設中인 765kV系統의 計劃 및 設計에 對하여 報告하였다. 系統은 送電線이 1,100 Mile, 11個 變電所로서 變壓器容量은 18,000MVA, Shunt Reactor 容量도 4,000MVA나 되었다.

이에 所要되는 設備投資는 無慮 \$2億이나 되었으므로 最初の 設備가 運轉可能한 時點에서 嚴格한 實證試驗을 할 必要가 있을 것으로 보였다. 이 試驗은 1969年 여름에 施行되었으며 159회의 開閉試驗으로 數千의 記錄을 얻었으며 이 論文을 作成하는 時點에서는 이 모든 Data를 分析할 수는 없었으므로 興味있는 下記事項에 關한 것만을 추려서 여기 提示한다.

(1) 여러 條件에서의 閉路 및 高速度再閉路時의 開閉서어지 過電壓

(2) 過電壓抑制方法

(3) 系統正常運轉時에 發生할지도 모르는 Shunt Reactor의 異常配列運轉

(4) 遮斷器의 位相制御投入

(5) 最初の RI 및 可聽雜音測定

3. 系統과 試驗의 概要

그림 1은 765kV系統인데 最初の 送電線은 Baker와 Marquis端子를 連結하여 345kV系統을 連系하는 68 Mile(110km) 區間이며 1969年 5月 2日에 加壓되었다 이 線路를 이번 試驗에 利用하였으며 Baker發電所의 345kV側에 連結되는 800MW發電機는 그 當時에는 竣工되지 않았으므로 試驗時의 系統은 그림 2와 같았다.

이 系統構成은 他設備가 完工되기 前의 相當期間 實際運轉될 수 있는 것이며 따라서 Transient Network Analyzer로 Switching Surge Study도 하였다.

765kV線路는 水平配列로서 相間距離는 41~45Feet (12.5~13.7m)이고 4複導體로서 導體는 ACSR 直徑 1,165inch(29.6mm)이고 導體間隔은 18inch(45.7cm)이다(그림 3 參照)

Marquis變電所에서는 變壓器와 Shunt Reactor가 遮斷器없이 765kV線路에 直接 連結되었고 線路加壓은 345kV, 2cycle ABB(空氣遮斷器)로 하게 되며 이 遮斷器에는 一段動作의 140 Ohm Closing Resistor가 있어서 投入時에 6ms間 回路에 插入된다.

Baker發電所에는 Shunt Reactor는 없으며 線路는 765kV, 2cycle ABB로 加壓되며 一段動作 350ohm의 Closing Resistor가 있어서 亦是 6ms 間插入 된다. Tripping Resistor는 없다.

各端子에는 測定을 위해 Cathod Ray 및 Magnetic Oscillograph等이 準備되었고 線路와 母線側의 諸量을 測定토록 하였다. Marquis의 變電所側, 測定裝置는

*正會員 : 韓國電氣機器試驗研究所 試驗部長 · 技術士

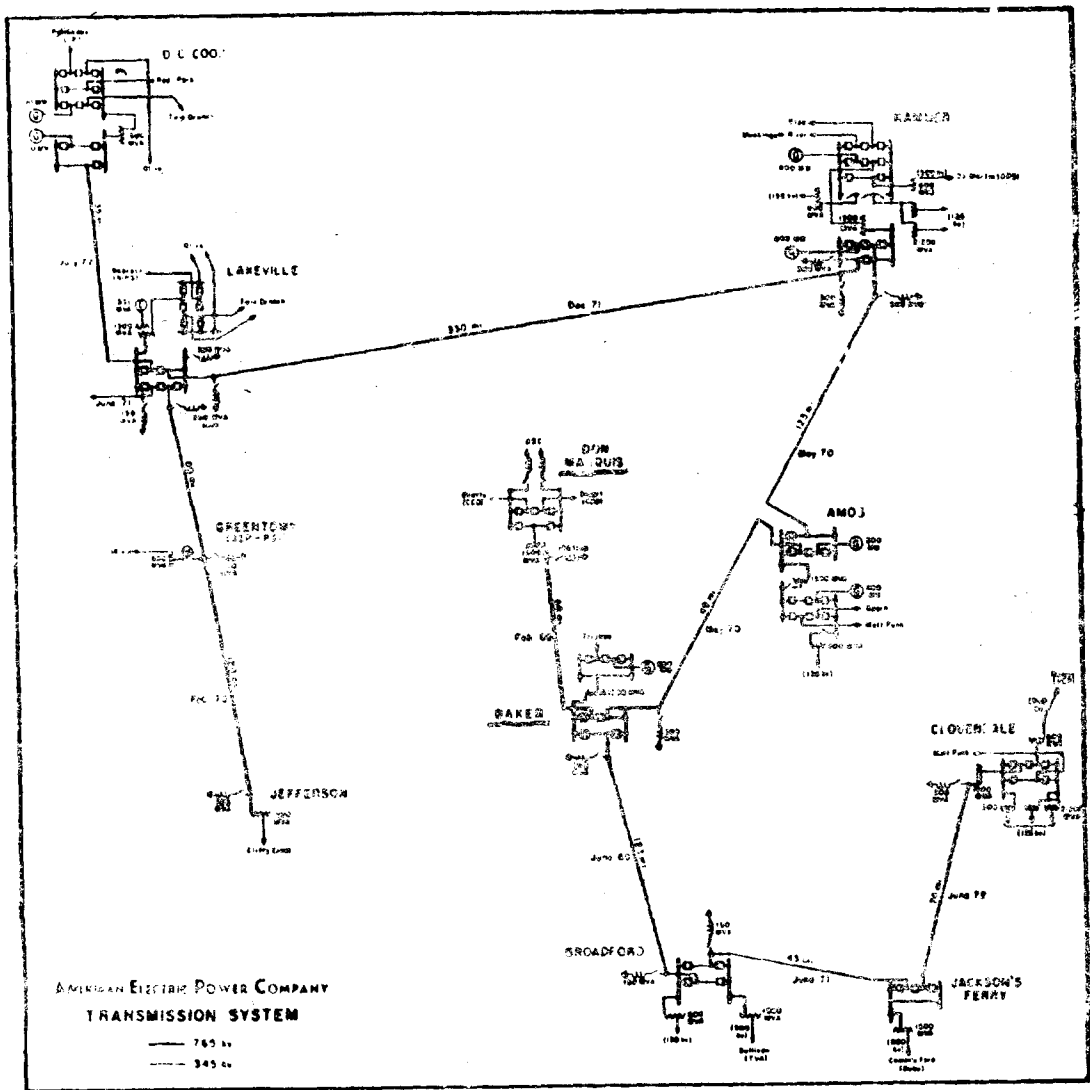


Fig. 1. The 765kV System of the American Electric Power Company As Planned for Completion by June, 1972

S & C 會社의 Mobile Laboratory를 賃貸한 것이며 한원 765kV 電壓은 Capacitor形 Voltage Divider를 썼다. Marquis 變電所側은 Coupling Capacitor와 變壓器 및 Reactor의 Busing을 使用했으며 Baker發電所側은 765kV遮斷器의 Bushing Potential Divider를 使用하였다. 또 避雷器特性을 檢出하는 特特別한 測定에는 Ohio Brass와 General Electric에서 供給한 避雷器를 使用하였다. 이 避雷器는 이 系統을 爲해 特別히 設計된 것으로서 全系統設計에 크게 影響을 미친

것이다. 따라서 그 能力에 對한 詳細한 知識은 特히 興味로운 것이었으나 試驗時發生한 電壓은 期待한만큼 苛酷하지 못하여 避雷器에 苛酷한 負擔이 걸리지 않았다.

試驗은 여러가지 系統條件下에서의 遮斷器開閉動作을 하여 開閉서어지 Data를 얻는 것이 主目的이었으며 故障을 包含하는 試驗은 하지 않았다.

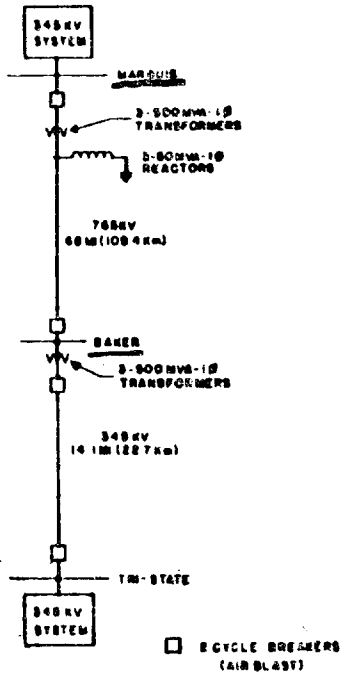


Fig. 2 Facilities Available for Test: May-June, 1969

4. 開閉서어지電壓

모든 가능한 Data를 基礎로하여 系統은 開閉서어지 過電壓을 2.0 per unit로 하여 設計하였다. 이 값은 어떤 境遇에는 좀 적은 때도 있겠으나 어떤 系統이던 偶發的인 閃絡事故를 甘受할 수 있으므로 받아들일 수 있는 實際的인 設計限界值이다. 여기서 말한 甘受할 수 있는 閃絡事故한 機器의 內部가 아닌 外部事故, 致命的인 아닌 事故란 뜻이다. 따라서 避雷器特性과 絕緣 協調의 重要性을 強調하는 바이다. 그림 2의 系統에 對한 TNA study를 하였으며 여기서 345kV 系統의 임피 이던스는 實際보다 20% 더 높게 보았다(그림 4 參照).

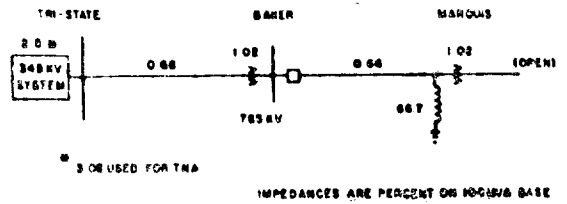


Fig. 4. Impedance Values at Time of Testing

그림 5는 線路를 投入 및 再閉路했을 경우의 TNA study와 現場實測值의 確率曲線이다. 線路投入 및 開閉路는 Baker 發電所에서 하였으며 이 경우가 더 높은

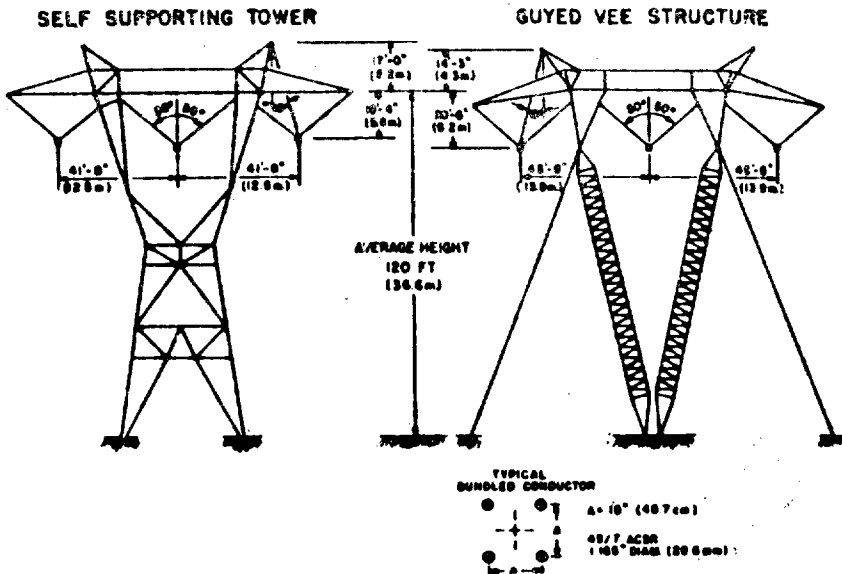


Fig. 3 Typical 765kV Tower and Conductor Arrangement

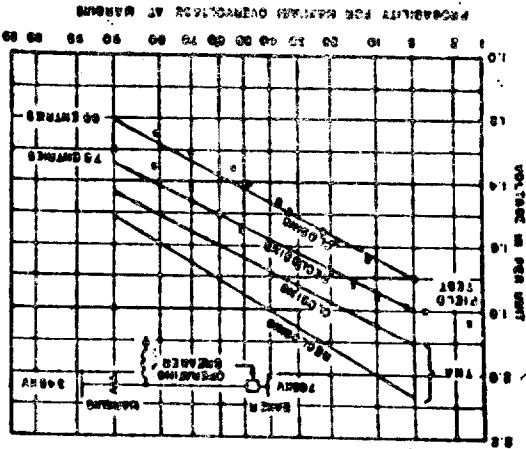


Fig. 5. Switching Surge Level Probabilities—TNA vs Field Results

서어지電壓을 보였다. 再閉路는 遮斷器의 Trip 回路 勵磁에서부터 線路再投入까지의 時間이 30cycle인 高速度再閉路(UHSR)를 말한다. Baker發電所에서 765 kV線路를 再閉路하는 경우 最惡으로 5%의 確率로 2.1p.u의 서어지電壓이 생기는 것으로 T.N.A에서 나타났으나, 26회의 現場試驗(78個 Data)으로는 5%의 確率로 1.8p.u를 記錄했으며, 最高 1.85p.u를 超過하지 않았다.

典型的인 UHSR動作을 그림 6의 오실로 그램으로

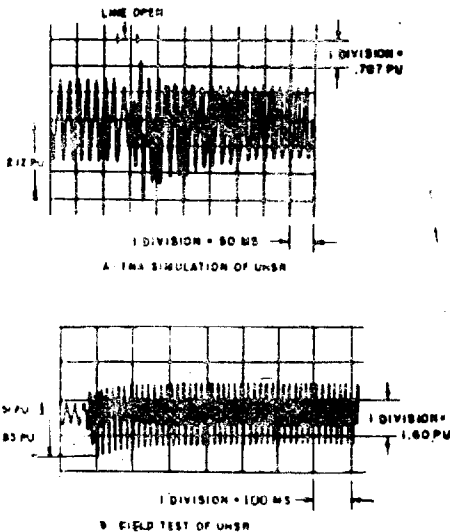


Fig. 6. Oscillographic Records of TNA and Field Test Voltages for Worst Condition of Reclosing(UHSR)

보인다. 開閉서어지 電壓에 關聯되는 線路의 殘留電荷는 再閉路하는 30cycle 時點에서 0.50~0.60p.u의 範圍에 있으며 他記錄에서 보면 殘留電荷의 周波數는 約 40Hz로 計算된다.

再閉路가 아닌 線路投入時의 過電壓은 記錄值에서 보면 恒常 受電端이 가장 높고 그 값은 아래와 같다.

1) 765kV에서 線路加壓(Baker 發電所)

	最大	5%確率	Data Points
MarquisS/S에 變壓器와 Reactor 連結	1.22p.u	1.20p.u	24
MarquisS/S에 變壓器와 Reactor連結	1.72p.u	1.70p.u	69

2) 345kV에서 加壓(Marquis 變電所)

	最大	5%確率	Data Points
Marquis에 Reactor 連結, 765kV線路는 Baker P/P에서 開放	1.17p.u	1.15p.u	24
Marquis에 Reactor 連結, 765/345kV變壓器는 Baker P/P에 連結, 345kV 遮斷器는 Baker P/P에서 開放	1.54p.u	1.47p.u	39

典型的인 開閉서어지波형을 그림 7에 보인다. 7(a)

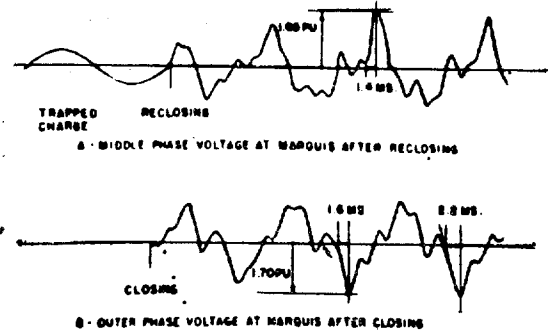


Fig. 7. Analysis of Typical Surge Waves from Field Results

는 再閉路, 7(b)는 閉路인 경우며 765kV遮斷器를 Baker 發電所에서 動作시켰고 Marquis 變電所의 變壓器와 遮斷器를 連結한 最惡條件인 경우이다.

再閉路時의 電壓波頭는 1400μs, 閉路時의 波頭는 1600μs로서 追加로 他設備가 完工되어 Baker發電所의 母線背後 Impedance가 減少될 때의 豫測值보다 더 길었다. 電壓上昇時間은 實測值과 TNA值가 一致되었고 波高值는 實測值가 TNA值보다 낮아졌다.

5. 再閉路時의 過電壓抑制對策

最高의 過電壓은 高速度再閉路時에 發生하였고 이것

은 線路의 殘留電荷 때문이다. 그러므로 再閉路前에 이 電荷를 消散시키는 方法이 곧 過電壓을 減少시키는 것이 될 것이다. 電荷의 消散은 遮斷器가 開放된 後에 線路에 抵抗을 連結하면 可能하며 實際의 方法은 各線路區間마다 適切한 特性의 電壓變成器를 連結하는 것이 되겠다. 이번 試驗에서는 다른 方式을 試圖하였다.

이 方式은 그림 8에 보인 것처럼 Marquis 變電所에 있는 Shunt Reactor의 中性點測에 抵抗을 投入하는 것이다.

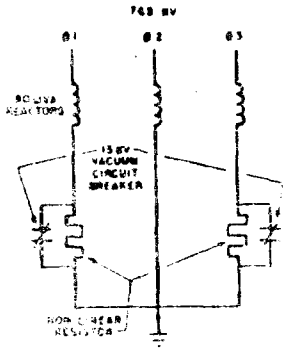


Fig. 8. Scheme for Dissipation of Trapped Charge

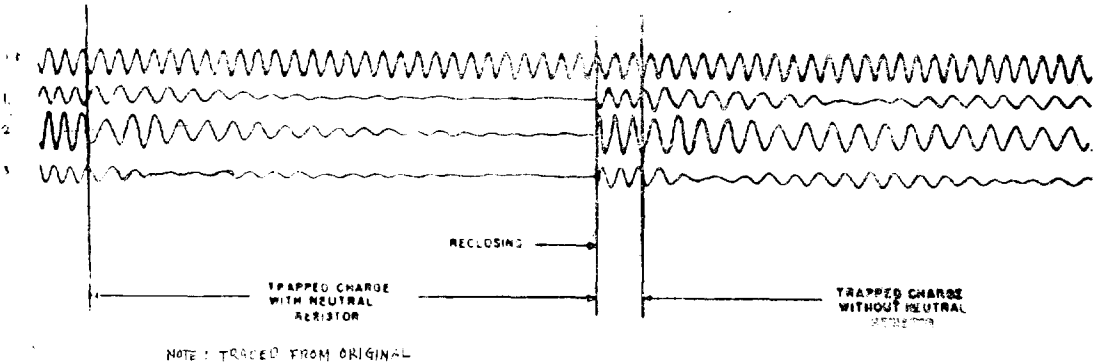


Fig. 9. Results of Tests of Scheme for Dissipation of Trapped Charge

抵抗은 常時에는 15kV의 高速度眞空스윗치로 短絡되어 있으나 345kV 遮斷器가 開放되면 스윗치도 同時에 勵磁되어 開放되며 約 30cycle後 다시 自動閉路하여 抵抗을 保護한다.

이 抵抗은 非線形抵抗이며 처음에 나타날 수 있는 過電壓으로부터 Reactor의 Neutral Bushing(BIL 150kV)을 保護한다. 이 抵抗은 避雷器에 쓰이는 것과 같은 Ceramic Element이다.

이번 試驗에서는 計算結果에 따라 바깥측의 2相에만 抵抗을 連結하였고 1相에만 抵抗을 넣으면 有效하지 못하기 때문이었다.

그림 9는 代表的인 試驗結果를 보인다.

殘留電荷는 遮斷器의 Trip coil 勵磁後 20cycle에서는 無視할 수 있는 값까지 減衰하였고 再閉路時點인 30cycle에서는 完全히 消滅하였다.

이 方法은 相當히 有效하며 系統絕緣이 더 高電壓으로 設計되었다고 할지라도 Shunt 抵抗을 모두 設置하는 것은 바람직하다.

이러한 低減策을 採用할 경우, 將次의 765kV線路는 開閉서어지過電壓을 2.0p.u가 아닌 1.5p.u 未滿으로 設計可能할 것으로 보인다. 萬一 그렇게 된다면 다른 條件들, 例컨데, 衝擊電壓, 正常電壓에 견디기 위한 汚損電壓 등이 絕緣設計에서의 主要 Factor가 될 것이다.

6. Shunt Reactor의 事故時運轉

Shunt Reactor는 輕負荷時의 運轉過電壓을 抑制하기 위해 必隨的인 것이다. 이 系統에서 線路들이 Reactor 없이도 運轉可能할 時點까지 到達하려면 相當히 오랜 時日이 要할 것이다. 따라서 처음에 系統設計時, Reactor가 事故로 除去될 경우 線로도 停電시켜야 한다는 것이 重大問題로 擡頭되었었다. 事故 Reactor를

豫備品으로 交替하는 데는 機器가 크기 때문에 數週日이 所要될 수도 있으므로 이것으로 인해 線路停電도 길어져서 系統運轉에 莫大한 支障을 招來할 것이 豫想되었다 따라서 이 Reactor들은 單相 unit이므로 한개의 Reactor만을 떼어내고 運轉할 때의 影響을 調査할 것이 要求되었다.

그림 2의 系統에 對한 TNA 豫備計算으로는 그린 運轉(Reactor 1相 欠相), 鐵共振效果를 招來할 수도 있어서 變壓器와 나머지 Reactor들에 아주 큰 異常電壓이 反復的으로 繼續印加된다는 點이다. 그러나 이 共振은 線路靜電容量에 아주 敏感해서 TNA로는 完全히

燃架된 線路만을 考慮하기 때문에 實際대로 模擬되지 못해 正確하지는 못하였다.

한편 水平配列인 完全燃架가 안된 實線路의 不平衡 靜電容量을 가지고 손으로 計算한 結果로는 共振이나 큰 過電壓이 發生할 念慮는 없는 것으로 나타났다. 따라서 이 경우의 實際試驗을 해 보기로 하였다.

그림 2의 系統에서 Marquis 變電所의 外側相 Reactor 1대를 빼내고, Baker發電所의 765kV遮斷器로 765kV線路를 約 10秒間 加壓하였다. 이때 Marquis變電所의 各相對地電壓은 그림 10과 같으며 제 3, 제 5 고조파에 의한 波形歪形은 있으나 큰 異常電壓은 없으며 鐵共振도 일어나지 않았다. Marquis變電所의 遮斷

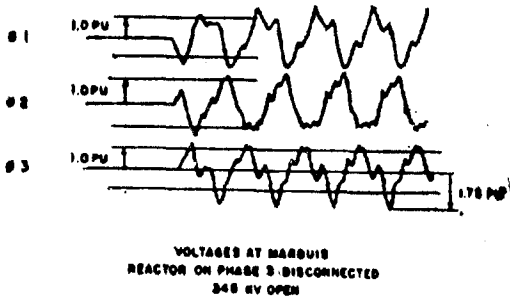


Fig. 10. Record of Performance with One-Phase Reactor Out of Service

器도 이어서 投入하여 345kV系統과 連系시켰으며, 若干의 電壓不平衡(3% 未滿)만이 있었다.

따라서 이 線路나 或은 다른 線路도 1相分 Reactor가 없는 非常條件에서도 支障없이 運轉可能할 것으로 看做된다.

7. 遮斷器의 位相制御投入

AEP는 遮斷器의 位相制御投入을 할 수 있는 靜止

式裝置를 設計製作하였다.

이것은 이번 試驗에 使用되었으며 正弦波電壓의 360° 區間에서 15°間隔으로 投入할 수 있었다. 그 性能은 良好하였으며 勿論 遮斷器가 close 指令을 받고 定해진 時間에서 어김없이 閉路할 수 있는 能力을 가져야만 效果의이다. 이번 試驗에서는 765kV 및 345kV遮斷器들은 性能이 良好하여 159試驗에서 10°以內의 投入位相變動中을 나타냈고 처음 相과 마지막 相間의 投入時間差는 最大로 0.7ms를 넘지 않았다.

將次 UHV系統에서는 投入時의 서어지過電壓을 抑制하기 위하여 遮斷器의 投入位相制御가 可能할 것이 證明된 셈이다.

8. RI(Radio Influence) 및 可聽雜音의 測定

直徑 1,165inch(29.6mm, 954MCM) ACSR 4複導體의 765kV에서의 最大電位傾度는 가운데 相이 21.8 kVrms(對地間), 바깥相이 20.7kVrms로 計算되었으며 다른 UHV 線路의 경우보다 좀 크게 나타났다. Apple Grove Test Project에서 長期間施行한 RI 分析에서 1,196inch(30.4cm) 導體의 Data를 根據로 하면 이 경우에는 54dB의 RI Level이 된다(線路徑過地에서 200feet(61m) 地點에서는 1MHz에서 1 μ V/m (quasi-peak)이고 75feet(22.8m) 더 멀어지면 41dB 이다).

44dB는 345kV系統에서 좋은 日氣때의 標準值보다 높지만 AEP地域 最低의 放送出力을 갖는 放送局에 對해서도 AM放送帶에서는 雜音比가 22dB程度로서 許容할 수 있는 값이다. 또 이들 放送局들은 漸次 FM와 텔레비放送으로 바꾸어 가는 中이며 FM이나 TV는 RI에 對해 덜敏感하므로 無關係가 된다.

實線路의 RI特性은 豫想했던 바와 거의 같으며 線

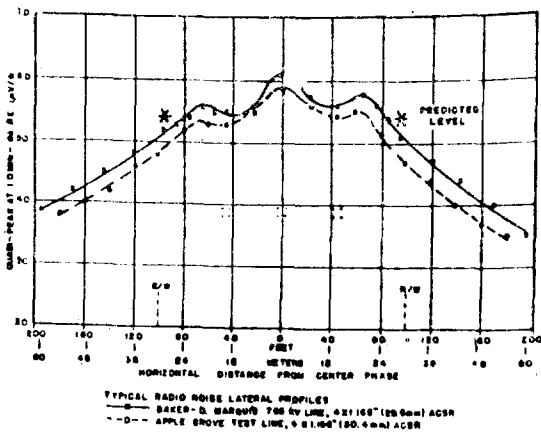


Fig. 11. RI Performance-Lateral Profile

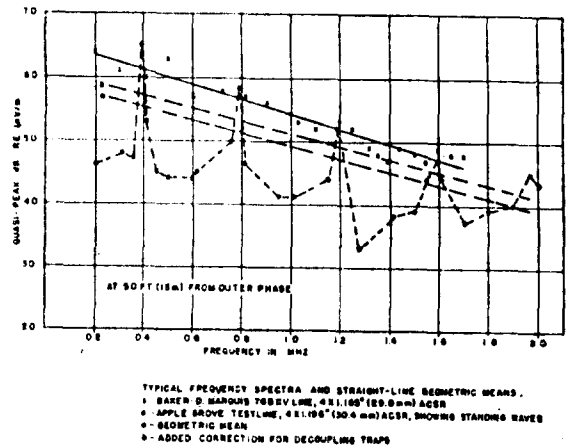


Fig. 12. RI Performance-Frequency Spectra(Left)

路徑過地가가이에서 AM受信은 影響을 받았으나 FM이나 TV(Colour包含) 受信은 良好하였다. 그림 11의 測面音圖와 그림 12의 周波數스펙트럼에서 보는 바와 같이 試驗 Data는 Apple Grove의 경우와 매우 類似함을 알 수 있다. 2400feet(732m)의 開放回線의 測定波形을 긴 線路로 換算하는 幾何平均值도 나타내었다.

시골地域에서 이른 아침안개때 導體에 물방울이 맺히는 경우에 可聽雜音이 豫想值보다 큰 경우가 있었으나 좋은 日氣때는 훨씬 낮았다.

音壓레벨은 안개나 가랑비의 같은 條件에서도 많이 變動되었으며 凝縮條件은 變動이 많고 可聽雜音에 크게 影響하였다. 더구나 試驗當時에는 線路에 正常負荷는 없어서 溫度上昇이 없었으므로 凝縮을 막는 作用이 없었으며 導體도 새것이라 Aging에 依한 凝縮防止의 利點도 없는 狀態였다.

가장 苛酷한 狀態를 그림 13의 周波數스펙트럼에 나타내며 745kV電壓때 바깥相에서 75feet(22.8m) 떨어진 地點의 것이다.

Bruel & Kjaer 計器의 A-scale weighting 測定値는 56dB였다. 또 設計最高電壓인 800kV 때 좋은 日氣條件에서의 測定值도 그림 13에 나타냈다. 이들값은 조용한 시골地方의 晝間이나 이른아침의 아주 조용한 때의 暗音帶와 거의 一致한다.

안개때 125Hz는 特異한 妨害要素로 나타났으나 恒常 一定한 크기로 나타나는 않아서 어떻게 이 要素가 나타나는지 찾아낼 수 없었다.

그림 14는 그림 13의 스펙트럼의 옥타브帶(1MHz)와 A-scale에 대한 測面音圖이다.

暗音은 35~45dB範圍內이며 距離가 倍加되면 레벨은 2~3dB씩 減衰되어 RI보다 減衰가 느리다.

56dB때는 觀測者가 듣기싫을 程度였으나 48dB때는

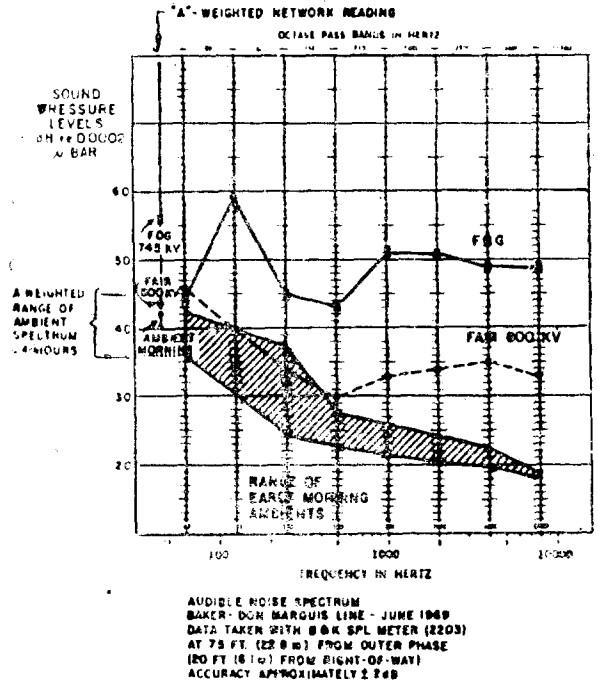


Fig. 13. Audible Noise-Frequency Spectra During Fog

매우 조용하였다. 環境保全問題가 提高되고 있는 이때 可聽雜音을 減少시키는 問題는 送電技術者에게는 더 研究해볼 만한 價値가 있는 것으로 생각된다

9. TNA의 誤差

前에 말한바와 같이 TNA結果와 現場試驗結果에는

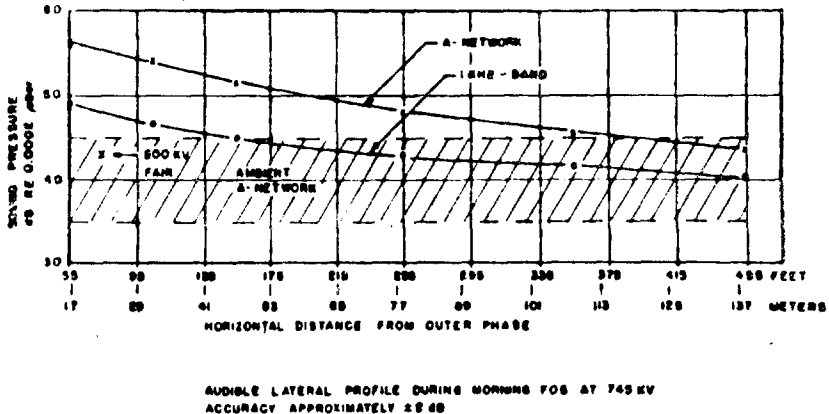


Fig. 14. Audible Noise-Lateral Profile During Fog

多少 差異가 있다.

그 하나의 理由는 TNA 模擬는 完全燃架된 線路로 했는데 實際는 燃架가 안되었다는 點이며 이것은 TNA 檢討를 實際와 같게 模擬할 수 있도록 修正해야 할 것이다.

또 하나의 理由는 Reactor의 等價抵抗을 그대로 模擬할 수 없는 TNA의 設備能力이다. TNA는 Reactor의 리액턴스 10.4H로 設定할 수는 있으나 Q Factor $\frac{\omega L}{R}$ 은 아주 낮아서 實際는 350이나 17로 밖에 設定 안된다.

그 結果, 線路開放時 TNA에서 發生하는 過渡電壓은 數 cycle에서 減衰해 버려서 實系統의 減衰時間 數秒에 미치지 못한다. 이 比較는 그림 6(a)와 6(b)의 오실로 그램에서 볼수 있겠으며 TNA의 빠른 制動은 殘留電荷와 再開路解析에서 相當한 推測과 人爲的 模擬를 必要로 한다. 예컨대 그림 6(a)의 TNA 結果에서 再開路時間은 實時間인 30cycle代身 2cycle을 使用했다.

또 變壓器나 Reactor의 磁氣回路 parameter, 特히 飽和特性이 完全하게 模擬되지 않는다.

이 系統에 쓰는 Shunt Reactor는 120%~125%에서 急峻하게 飽和하도록 意圖的으로 設計되었기 때문에 이 模擬는 特히 重要하다.

Reactor가 이런 飽和特性을 갖지 않으면 約 50%의 容量增加가 必要하며 Reactor는 繼續勵磁狀態로 運轉되는 點을 고려하면 損失電力은 急激하게 增加될 것이다 100MVA Reactor는 工場에서 135%電壓으로 試驗한다. 그림 15는 Reactor의 飽和特性和 TNA에 쓰이는 特性과를 比較한 것이다.

또한 系統負荷時의 效果를 TNA로 適切하게 表現하기는 매우 困難하다.

이러한 差異때문에 TNA 結果는 實際보다 苛酷하게 나타나며, 萬一 結果를 適切하게 判斷解析하지 않으면 系統設計時 不必要하게 高價로 系統構成을 하게 된다는 悲觀的인 見解도 있다.

10. 避雷器特性

TNA 結果에 의하면 避雷器는 그림 6(a)와 같은 反復的 過渡異常電壓을 받게 되므로 이러한 苛酷한 條件에 견디도록 設計되었다. 그러나 現場試驗 때는 그러한 過電壓은 發生하지 않았다. 波形은 TNA 結果와 類似하였으나 크기는 훨씬 낮아서 765kV나 345kV 避雷器 放電은 없었다.

現場試驗에서 避雷器能力을 全部試驗할 수는 없었으나 EHV나 將來 UHV 系統에서 서어지制限器로 充分

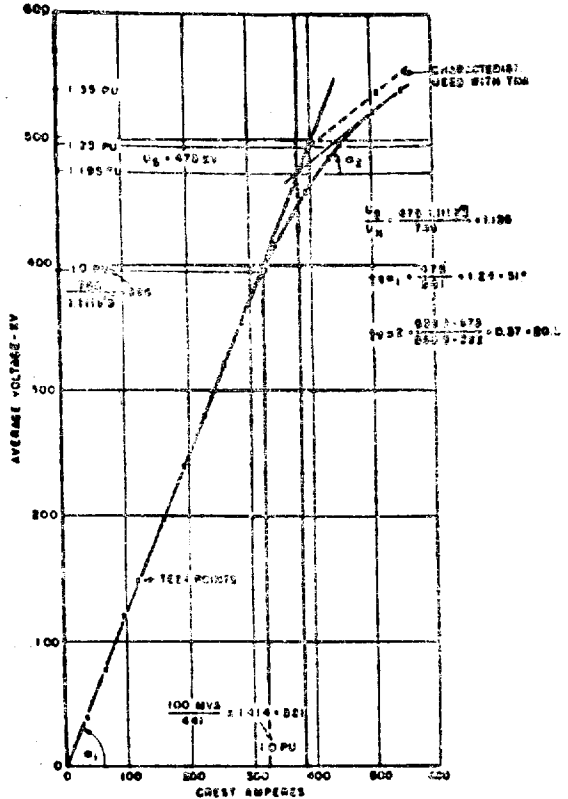


Fig. 15. Saturation Characteristics—General Design vs Test of 100mva Reactor

한 能力을 갖고 寄與할 수 있음을 보여주었다.

11. 機器

765kV 機器의 性能에 對해서는 重大한 欠陷은 아무 것도 發生하지 않았으나 些少한 몇가지 事故가 있었으며 높은 電壓이 印加되었을 때 기름(油)의 絶緣性에 대한 研究가 더 必要함을 보여주었다.

12. 結論

試驗結果에 對한 1次的 分析으로 다음의 結論을 얻었다.

(1) AEP 765kV 系統의 開閉서어지는 變壓器와 Reactor만 連結된 無負荷送電線의 高速度再開路(30cycle 再開路) 때 最高로 나타나나 81.5p.u.(1%確率) 以上은 되지 않는다.

(2) 線路殘留電壓의 消散을 위해서 Shunt Reactor의 中性點側에 抵抗을 插入하는 것은 開閉異常電壓을 減少시키는데 相當히 有効하다. Shunt Reactor가 없

는 곳에서도 다른 同等하게 有効한 方式을 쓰는 것이 바람직하다.

(3) 70%補償度の Reactor가 달린 線路에서 1相 Reactor를 떼어내도 運轉上問題는 없다.

(4) 投入位相制御遮斷器의 實現可能性은 크다.

(5) 더 높은 電壓의 線路를 設計하는데 있어서 RI보다 可聽雜音이 더 큰 比重으로 考慮되어야 한다.

(6) TNA는 適切하게 使用되면 線路特性을 充分한 精度로 解析可能하나 그렇지 않으면 結果는 지나치게 苛酷하게 나온다. 磁氣回路, 燃氣안된 線路의 特性 및 線路負荷의 영향等を 正確히 模擬해야 한다.

(7) 現場試驗은 系統設計의 正確한 資料를 얻기 위해서 꼭 必要하다.

AEP 765kV系統은 現在까지 滿足하게 運轉되고 있으며 線路의 代表的인 特性을 參考로 提示하면 아래와 같다.

- Normal Rating/Circuit : 2234MW(SIL)
- Average No. of Structure/Mile : 4
- Min 60cps Flashover : 1000kV(Wet), 1550kV (Dry)
- Average Weight/Structure : 38,000Lbs(17,236-kg)
- Max. Corona loss : 120kW/3-phase Mile(Mean)
- Basic Impulse Level : 2500kV(line)

No of Disk insulator : 30 outphase, 32 center-phase

BIL of terminal apparatus : 1800kV TR. Reactor, 2130kV Bus

Arrester Rating : 588kV station type

Expected outage : <2/100mile/Year

Type of Relaying : Dir. Comp. Ph. Comp. Tran T.

Breaker Time : 2cycle Trip, 28cycle High S' Reclosing

Carrier Frequency : 30~200KHz.

우리나라의 345kV EHV系統도 運轉後 3년이 徑過되었고 電力需要의 增加에 對備하여 더 높은 次期送電 電壓을 檢討하고 있는만큼, 美國 最初의 765kV系統에서의 여러가지 現場試驗結果는 多少의 參考가 될 것으로 생각되어 IEEE PAS中에서 이를 번역소개하였다.

參 考 文 獻

1. IEEE PAS Vol.90, No.2 March/April 1971 "Preliminary Analysis of Extensive Switching Surge Testing of American Electric Power's First 765kV Line and Stations"
2. "Transmission Line Reference Book 345kV and Above" EPRI.