

# 154 KV 系統直接接地轉換에 따른 誘導協調

報	告
18-1-1	

## Induction coordination of the 154 KV system with direct grounding

孫 弼 榮\*      元 駿 喜\*\*

(Pil Yong Son, Joon Hee Won)

### 1. 序 論

韓電은 1968年 11月 3日 午前 10時 04分을 期하여 154 KV 全系統의 直接接地方式 轉換을 斷行하였다. 從前의 P.C(消孤線輪)中性點接地方式을 直接接地方式으로 轉換한 것으로서 電力史上 特記 할 만한 近代化事業이며 多年間을 두고 推進해 온 重要課題였다. 電力系統의 擴大와 複雜化는 先進國家에서도 實施하고 있는 直接接地方式의 採擇을 不可避하게 하였고 또한 1次 AID送配電借款도 이의 採擇을 條件附로 承認되었던 것으로서 1968年以後에 建設되는 送變電機器는 直接接地系에서만 運轉할 수 있는 絕緣 Level 650 KV 級이 導入되어 釜山火力發電所 3號機가 竣工되는 1968年 10月末까지는 直接接地轉換이 드반시 이루어져야 하는 實情에 놓여 있었다.

그런데 直接接地方式의 短點인 隣近通信線에 미치는 誘導障害을 解決하는 問題가 多年間을 두고 眞摯하게 檢討되어 왔으나 解決이 늦어지고 있었다. 事由는 154 KV 系統에 隣近된 通信線이라면 遞信部, 內務部, 交通部, 國防部등 여러機關의 것이 있는데, 誘導障害保安方法과 誘導補償費問題에 對하여 電力側(商工部, 韓電)과 通信側(上記의 遞信部등)의 見解差가 解消되지 않기에 문이었다.

그것이 1968年 5月에 와서 電力·通信雙方이 汎國家의 立場에서 諸般險路를 무릅쓰고 最少限의 投資로 可能的 範圍內的 保安策으로서 于先 Arrester 保安方式을 採擇하기로 合意되어 經濟長官會議를 거쳐 施工하기에 이른 것이다.

이 欄을 빌려 이 事業의 必要性和 經緯 및 通信線誘導障害防止를 爲한 保安方式內容을 簡單히 紹介함으로써 앞으로 이 分野의 恒久的인 誘導對策研究에 多少나마 參考가 된다면 多幸으로 생각하겠다.

### 2. 直接接地方式의 特徵과 必要性

(1) 地絡故障時에 高速度의 選擇遮斷(0.1秒以內)이

可能하므로 他系統으로의 故障波及擴大를 抑制하고 따라서 複雜化되어가는 電力系統運轉에서는 이 方式으로의 轉換이 不可能하다.

(2) 共振現象, 開閉 Surge, 孤光接地 및 1線斷線등 故障時에 따르는 過渡異常電壓(最大의 境遇는 正常時의 對地基本波高值의 約 4~5倍) 등의 P.C系 問題點이 改善됨.

(3) 系統連結狀態가 變化되어도 P.C의 Tap를 變更시킬 必要가 없고 系統運轉이 容易함

(4) 앞으로 採擇하게 될 超高壓系에서 不可缺한 接地方式임.

(5) 送變電機器의 絕緣 Level이 750 KV 級에서 650 KV 또는 550 KV 級으로 輕減되고 變壓器捲線의 段絕緣이 可能하고 P.C設置가 不必要하므로 經濟的으로 有利하다.

(6) 避雷器의 信賴度가 向上됨

### 3. 誘導協調 經緯

隣近通信線에 미치는 誘導障害保安을 爲한 通信側과 의 誘導協調經緯를 보면

(1) 1964年 11月부터 1966年 10月에 걸쳐 154 KV 系統 直接接地의 實驗의 研究를 하였으며 誘導障害防止用의 保安置置 實系統實驗을 大田~裡里, 大邱~尙州, 大邱~進永 間에서 實施하였고 또한 誘導電壓分布狀態 實驗을 天安~溫陽間에서 實施하였다.

(2) 1964年 11月부터 1967年 10月에 걸쳐 10餘回의 誘導協調會議를 開催한 結果, 保安方式으로서 154 KV 系統의 隣近 通信線路에 Magnet Photector를 設置하는 方案과 絕緣變成器를 設置하는 方案 및 通信線路의 遮蔽 Cable化 方案의 3種으로 集約되었으나 電力側은 可及의 Magnet Protector(Arrester의 1種) 및 絕緣變成器 方案을 主張한데 反하여 通信側은 可及의 高價인 遮蔽 Cable化 方案을 要求하는 見解差를 나타내게 되었다.

(3) 1967年 10月부터 約 2個月間에 걸쳐 誘導障害 保安方式과 誘導補償費算出에 關한 技術用役을 주어 그 結果를 얻게 되었으며 1968年 1月부터 同年 5月에 걸

\* 正會員: 韓電技術調查課長

\*\* 正會員: 韓電技術調查課主務

처 上記 技術用役結果를 根據로 하여 經濟企劃院의 積極의인 仲裁로 合意點 摸索에 努力한 結果, 于先 Arrester 保安方式를 採擇하기로 合意되어 經濟長官會議의 議決을 보게 되었다.

(4) 때마침 斯界의 權威者인 日本의 木村久男 博士의 來韓으로 Arrester 保安方式에 對한 確信을 굳히게 되었다. Arrester(外資)를 購入하는 한편, 施工하기에 이르렀는바 154 KV 全系統의 隣近通信線路中에서 誘導電壓 650 V 以上 區間에 限하여 Arrester를 設置한 後, 1968 年 11 月 3 日에 直接接地轉換을 斷行하게 되었다.

#### 4. 電磁誘導電壓의 計算

電磁誘導電壓은 다음式에 依하여 計算하였다(그림 1)

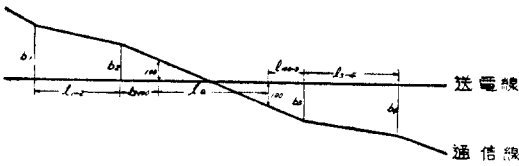


그림 1

$$V = KfI_0 \left[ \sum \frac{l_{1-2}}{\frac{1}{2}(b_1 + b_2)} + \sum \frac{l_a}{100} \right] \quad (V)$$

여기에서

V: 被誘導電壓(V)

K: 地質에 따른 定數

f: 起誘導電流의 周波數(HZ)

I<sub>0</sub>: 起誘導電流(A)로서 該當送電系統에서의 起誘導電流를 直流 또는 交流計算盤등으로 計算한 結果에 依據

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>: 送電線과 通信線과의 水平距離(m)

l<sub>1-2</sub>: b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>間의 通信線의 送電線上의 投影長(m)

l<sub>a</sub>: 離隔距離 100 m 以內의 通信線의 送電線上의 投影長(m)

#### 5. 誘導電壓의 制限值

今般 施設한 Arrester 保安裝置는 上記의 誘導電壓計算值에서 650 V 以上 區間에만 限定시켜다. CCITT(國際電信電話諮問委員會) 및 CCIF(國際電話諮問委員會)는 1950 年에 誘導電壓의 制限值를 300 V에서 430 V로 上昇시켜으며 또 다시 最近에는 650 V(0.5 秒以內)로 上昇案이 採擇되어 勸獎하고 있는 實情에 있는 바 이에 根據를 두고 650 V 0.1 秒로 決定하였으나 各國마다 安全限界의 뚜렷한 論據가 稀薄하여, 그 制限值는 區區하다.

지금 被保安體의 2 가지 檢討對象(人體에 미치는 危險과 通信機器의 保安)과 外國의 誘導電壓制限值 및 그

對策에 對하여 略述하면 다음과 같다.

#### (2) 人體에 미치는 危險

致死에 對한 電流值와 通電時間과의 關係를 보면

$$I_K = \frac{0.165}{\sqrt{t}}$$

여기에서 I<sub>K</sub>: 人體를 通하는 電流(A) R.M.S.

t: 衝擊時間(秒)

(1958 年度 IEEE Transaction of Power Apparatus and System 依據)

지금 t=0.1 秒라면  $I_K = \frac{0.165}{\sqrt{0.1}} = 0.52(A)$

人體抵抗은 男女老少에 따라, 交流直流에 따라, 또는 電壓의 크기에 따라 달라지는 容量性 Impedance의 性格을 띠는 것으로 一律의으로 定할 수는 없으나 여러가지 實驗等에 依한 報告文獻에서 보면 一般의으로 AC 1,000 V 以下에서는 平均 1000Ω~4000Ω이다. 여기에 對地接觸抵抗을 包含하면 1500Ω~6000Ω로 推定되므로 여러가지 境遇의 危險限界電壓值를 計算하면 表 1과 같이 된다.

表 1

人體 抵抗과 對地接觸抵抗의 合算值	1500Ω	2000Ω	5000Ω
危險限界電壓值	780V	1040V	2600V

#### (2) 通信機器의 保安

最近의 通信機器는 絕緣도가 500 V(1 分間) 以上으로 製作되어 있으므로 이 以內에서 誘導電壓을 消去토록 하여야 할 것이다. 그런데 우리나라의 現通信側設備의 絕緣度는 250 V, 300 V, 500 V, 1000 V 等이다. CCIF에서는 誘導電壓을 通信施設의 絕緣耐力試驗電壓의 60 %까지 許容하고 있으며 日本의 電氣試驗所의 試驗에 依하면 公稱電壓 500 V 인 Cable 이나 Cord 에 100μ Sec.의 衝擊電壓을 加하여 試驗한 結果 2 KV의 絕緣耐力이 있음이 確認되었고 電話器 亦是 2~3 KV의 絕緣耐力을 가지고 있음을 認定하였다.

以上的 事實들로 미루어 볼 때 500 V(實効值)의 모든 通信機器는 0.1 秒間은 衝擊電壓에 對하여 적어도 1000 V 程度 以上의 絕緣耐力을 가지고 있는 것으로 豫測할 수 있다.

#### (3) 外國의 誘導電壓制限值 및 그 對策

前述한바와 같이 CCITT 및 CCIF는 誘導電壓制限值를 650 V(0.5 秒 以內)로 採擇하고 勸獎하고 있는데 한편 CIGRE(萬國送電網會議) 및 UIPDE(國際發送電事業者聯合會)에서는 最近의 送電技術進展에 따라 制限值를

600~1500 V로上昇할 것을 提案하고 있다. 外國에서는 誘導電壓을 1200 V까지 許容하고 있는 例도 있다.

① 臺灣……14年前에 154 KV 直接接地 運轉方式으로 轉換하였는데 앞으로 154 KV 系統의 故障電流가 더 커지면 154 KV 系統의 中性點接地線을 導電率이 良好한 것으로 改善하고 通信側에는 中和變壓器를 設置할 計劃으로 있다.

② 佛蘭西……700 V를 制限値로 規定하고 있다.

③ 獨逸……永續性 地絡電流에 依한 複線式電話線은 400 V, 單線式은 100 V를 超過하지 않고 過渡時에는 1000 V를 超過하지 않으며 電壓을 分割中繼시켜 電壓을 減少시킨다.

④ 瑞西……Cable의 試驗電壓의 60%까지 許容하고 있다.

⑤ 日本……舊規定이나 300 V를 限度로 하고 있다.

⑥ 美國……制限値決定을 크게 問題視하지 않고 有効한 防止對策에 重點을 두고 있다.

한편 送電線에 依한 誘導電壓보다도 훨씬 크고(30KV以上) 頻度도 적지 않는 自然雷로 因한 誘導電壓에 對해서 지금까지 通信施設은 保護되고 있고 또한 需用家까지 危險電壓이 印加되지 않도록 함이 通信側의 義務임을 想起할 때 送電線에 依한 誘導電壓을 650 V보다 낮추어 電力側에서 지나친 補償措置를 한다는 것은 不合理한 일이라고 생각된다.

## 6. Arrester 保安方式

電力·通信 雙方이 合意하여 今般 施設한 Arrester 保安方式의 概要를 적어보면 다음과 같다.

### 6-1 Arrester의 設置

(1) 通信線路에 設置하는 Arrester는 다음 4種으로 區分한다.

- ① Carbon Arrester(前置避雷器)
- ② Single Protector(單極保安器)
- ③ Type P-1 Arrester(1號保安器)
- ④ Varistor(바리스타)

(2) 裸通信線의 境遇(그림 2)

① 誘導電壓 1000 V 以上 區間에는 Carbon Arrester, Single protector, Type P-1 Arrester 및 Varistor를 設置한다.

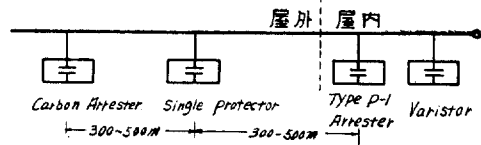
② 誘導電壓 650 V~1000 V 區間에는 Single Protector, Type P-1 Arrester 및 Varistor를 設置한다.

③ Carbon Arrester—Single protector—Type P-1 Arrester의 設置間隔은 各各 300~500 m로 한다.

④ Varistor는 Type P-1 Arrester 後端에 設置한다.

⑤ Carbon Arrester는 1個式 獨立된 것으로 通信柱 腕木에 設置하며 Single protector는 Box에 收容하도록

### 1000 V 以上 區間



### 650V~1000V 區間

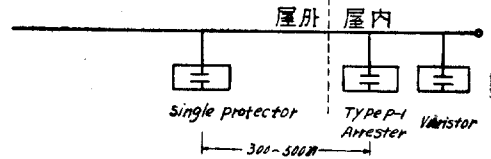


그림 2

여 通信柱上에 架設한다. Type P-1 Arrester 및 Varistor는 屋內에 設置한다.

### (3) 通信 Cable의 境遇

① 屋內에 Type P-1 Arrester 및 Varistor를 設置하고 Cable 外被를 자주 接地한다.

② Type P-1 Arrester의 數量이 많은 境遇에는 鐵架에 設置한다.

### 6-2 接地工事

(1) 接地工事は 다음 3種으로 區分한다.

- ① Carbon Arrester 및 Single protector의 接地工事
- ② Type P-1 Arrester 및 Varistor의 接地工事
- ③ 保守員 被害防止用 接地工事

(2) Carbon Arrester 및 Single Protector用 接地抵抗은 通信線路 回線當 10Ω 以下를 原則으로 한다.

(3) Type P-1 Arrester 및 Varistor의 接地工事は 屋內에 施設하되 既設保安器用 接地와 共同 使用한다. 但, 既設接地施設을 利用하기 困難할 때에는 接地施設을 上記(2)項에 따라 新設한다.

(4) 保守員 被害防止用 接地工事は 誘導電壓이 650 V 以上되는 通信線路區間을 자주 接地하는 것으로서 線路 回線數에 拘碍됨이 없이 每個所當 接地抵抗이 10Ω 以下로 되게 한다.

(注) 保守員 被害防止用 接地工事的 說明: 本 接地工事は 그 立上線을 脚木近方까지 設置하고 通信線과는 連結시키지 않는다. 保守員이 線路保守時에 携帶用 Single Protector 函을 通信線과 上記 接地立上線에 連結시키고 作業하기 爲한 것으로서 保守員의 誘導電壓으로 因한 被害를 防止하는데 目的이 있다.

(5) 接地工事は 通信柱를 中心으로 2方向 또는 4方

向으로 施工하되 接地電極은 接地銅板(또는 接地棒)을 使用하고 立上線은 PVC 絶緣軟銅燃線을 使用한다.

### 6-3 Arrester의 性能

#### (1) Carbon Arrester(前置避雷器)

誘導電壓 1000 V 以上區間的 裸通信線에 設置하는 것으로서 電柱의 腕木 또는 碍子 Bolt의 아래에 取付한다(그림 3). 特히 高性能 炭素電極을 使用하고 있으므로 放電 및 電極特性에 極히 優秀하다(그림 4).

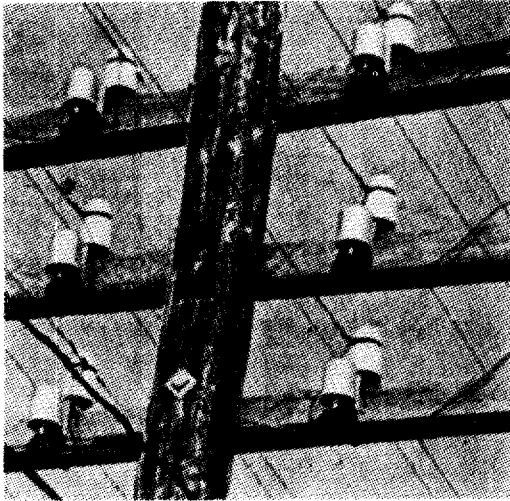


그림 3 Carbon Arrester 設置例

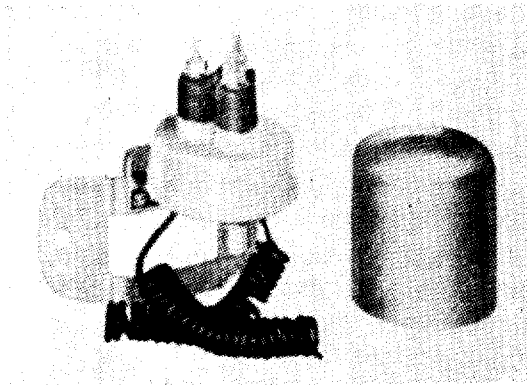


그림 4 Carbon Arrester

- ① 電極間의 放電開始電壓 : AC 900~1300 V(實効值).
- ② 各端子間에 AC 350 V(實効值) 또는 DC 500 V 1分間 印加時에 異常無.
- ③ 反復放電으로 電極이 損耗되었을 境遇에는 電極을 回轉시키면 使用可能하다. 이때 專用的 gap gauge를 使用하여 電極間隙을 規定의 放電電壓이 되게끔 調整하여야 한다.

#### (2) Single protector(單極保安器)

回路圖에서 보는 바와 같이 單線用에 設計되는 避雷裝

置로서 構造는 比較的 簡單하나 利用範圍가 넓은 便利한 保安器이다(그림 5).

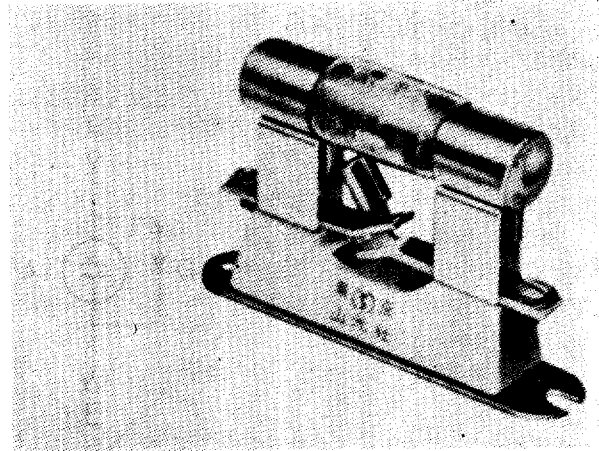


그림 5 Single Protector

Bimetal 付 自復避雷管 1個, SG 空間隙避雷器付基臺 1個로 構成되어 있으며 自復避雷管의 仕様은 다음과 같고 또한 空間隙避雷器의 空間의 放電開始電壓은 AC 1000~1500 V이다.

(注) 自復避雷管의 仕様

- ① Vacuum Tube Arrester 로서
- ② Arrester의 放電開始電壓은 AC 240~270 V(實効值).
- ③ Discharging delay time 은  $1 \times 40$  microsecond. 3000 V의 impulse를 印加時에 0.4~0.6 microsecond.

#### (3) Type P-1 Arrester(1號保安器)

가장 一般的인 保安器이며 주로 加入者引込線과 電話機 또는 交換機와의 사이에 設置되는 것이다. 回路圖에서 簡單히 動作을 說明하면 異常電壓이 line 側에 誘發되던 于先 避雷管(Ar.)이 放電하여 異常電壓을 Earth하여 機器를 保護한다. 이에 萬若에 電流가 強하면 fuse

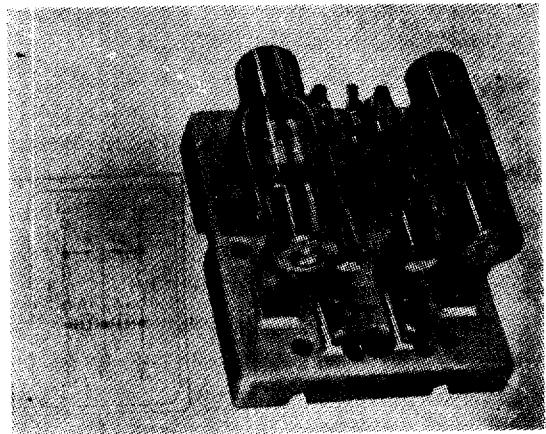


그림 6 Type P-1 Arrester

(F)가 熔斷하여 (T)側을 遮斷한다.

fuse 熔斷後에도 또한 高電壓이 line 側에 繼續 印加될 때에는 空間隙避雷器(SG)가 放電되어 短絡되므로서 line 의 電位를 引下하는 同時에 引込線의 絶緣을 保全한다(그림 6). Bimetal 付 自復避雷管 2 個, fuse 管 2 個, SG 空間隙避雷器 2 個, 磁器臺 1 個로써 構成되어 있으며 仕樣은 上記 single protector 의 境遇와 마찬가지로 이다.

(4) Varistor(바리스타)

Non-linear resistance 特性을 가진 半導體를 利用한 것

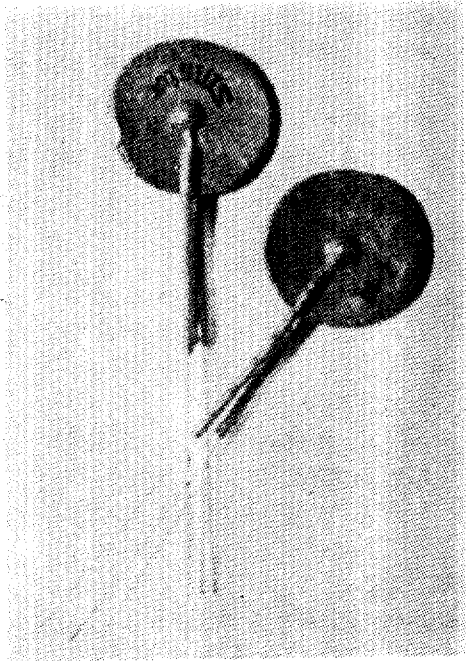


그림 7 Varistor

으로서 通信機器의 back-up protection 에 使用된다.

小型의 平圓盤型으로된 構造로서 平圓盤의 直徑은 26 mm 이다(그림 7).

200 V 前後의 火花消去 및 그 外의 各種 異常電壓의 抑制 等に 使用되며 最大許容電力 W 와 時間을 對數 눈금의 曲線으로 보았을 때 短時間許容電力特性의 曲線은  $\tan \alpha = |1|$  程度의 特性을 갖는다.

7. 結 論

以上에서 154 KV 系統 直接接地轉換에 따른 通信線 誘導協調의 簡單한 經緯와 施工한 Arrester 保安方式을 中心으로 記述하여 보았다. 各國마다 이에 對한 保安方式은 區區하며 近代化된 通信施設을 保有하는 先進國 等에서는 別施策도 없이 雙方 無事히 運轉하고 있는 나라도 많다. 우리나라와 비슷한 臺灣의 境遇도 14 年前에 直接 接地運轉方式으로 轉換하였는데 轉換을 契機로 別 다른 保安對策을 配慮하지 않았는데도 지금까지 아무런 事故도 없었다. 勿論 電力側의 系統轉換에 關係없이 通信施設이 近代化되어 應分の 保安施設로 完備되어져 있는 것으로 推測이 된다.

如何間에 電力·通信 雙方의 當初의 懸隔한 主張과 見解差를 汎國家的이며 大局的인 見地에서 相互 接近시켜 合意點에 到達하였다는 것은 慶賀스러운 일이며 또한 採擇된 이 방식이 效果面으로나 經濟面에서 가장 適切하였느냐 하는 것은 長時日을 두고 評價될 일이지만 어려운 障壁을 雙方이 뜯고 나가므로서 우리나라 最高電壓인 154 KV 系統을 近代化하는 直接接地轉換이 無事히 이루어졌다는 것은 電力界의 흐뜻한 喜消息이 아닐 수 없으며 轉機를 마련해 놓은 것이라고 생각된다.