

臨海地域の 電氣設備 塩害對策

The Countermeasure Against
Salt Contamination of Electric
Facilities in the Seaside



張 正 泰

韓電 技術研究院 配電研究室 先任研究員

1. 序 論

電力設備의 事故中에서 塩害事故는 큰 比重을 차지하는 것은 아니지만 한번 發生하면 被害領域이 甚大하여 復旧에 많은 時間과 人力이 要求된다.

이와같은 塩害事故를 輕減시키기 위해 그동안 研究해온 內容을 中心으로 臨海地域의 自家用 受電設備 塩害對策을 略述하고자 한다.

2. 耐塩 對策

電力設備의 耐塩對策이란 塩分等에 依해 汚損된 設備가 閃絡事故를 일으키지 않고 維持되도록 하는 것으로 이를 위해서는

첫째 그 地域의 設備가 어느 정도 汚損되는가를 分析하고

둘째 施設된 設備가 그 汚損值를 감당할 수 있는지 해당 機資材의 耐汚損 特性을 檢討해야 한다.

따라서 耐汚損力이 부족할 경우 適切히 그 耐汚損特性을 補完해야 된다.

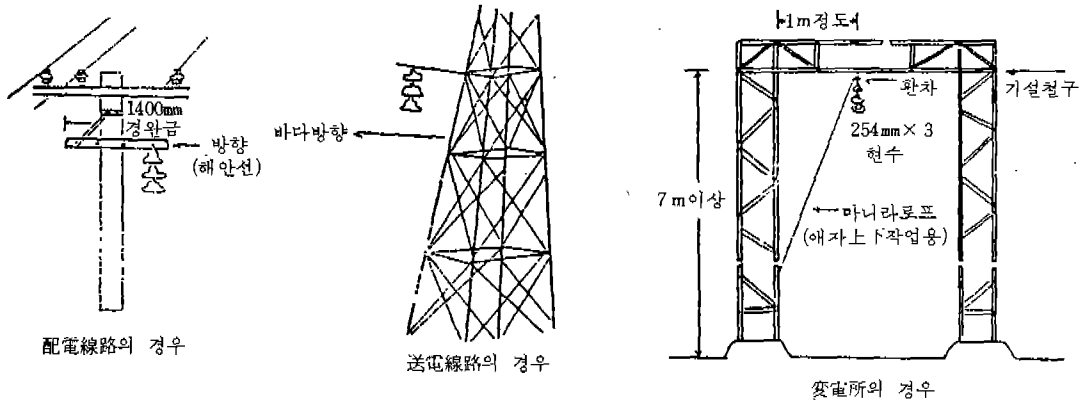
2·1 汚損度의 分析

그 地域의 汚損 程度를 알기 위해서는 實測할 수 밖에 없으며 보다 높은 信賴性을 얻기 爲해서는 長期間에 걸쳐 觀測하지 않으면 안된다.

대만, 일본등에서도 일찍부터 254mm현수애자 3련을 無電壓 狀態로 現場 實際設備와 같은 높이로 塩害 汚損이 가장 큰 方向으로 施設하여 測定하고 있으며 우리의 경우도 '81. 1부터 全海岸을 對象으로 月單位로 測定하고 있다. 그동안의 實測을 통해 극심한 汚損이 아닌 경우에는 無電壓時와 電壓印加時가 별 차이가 없는 것으로 判明되었으므로 無電壓狀態로 254mm 현수애자 3련을 組合하여 測定하면 된다. 即, 該當地域에서 가장 汚損 被害가 甚한 設備와 유사한 높이에 그림 1과 같이 測定用 애자를 設置하여 每月 一定한 測定日을 定하고 測定한다.

2·2 汚損度 測定要領

海水의 成分을 分析해 보면 約 70%가 NaCl이므로

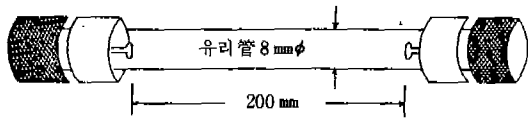


〈그림-1〉 汚損度 測定用 模型圖

로 溶液의 電氣抵抗을 測定하면 附着된 塩分量 곧 汚損度を 알 수 있다. 따라서 일정한 洗淨液의 電氣抵抗을 測定하면 된다.

一般적으로 汚損도는 等價塩分附着密度 (Equivalent Salt Deposit Density : E. S. D. D. mg/cm²)로 나타내며 앞에서 말한 254mm 현수애자 汚損량을 기본으로 하고 있다.

變電에서 使用해온 方法을 소개하면 그림 2와 같은 直徑 8mm, 兩 電極間隔 200mm의 별도 測定管을 利用하여 兩 端間의 汚損液의 絶緣抵抗値를 測定하여 관계도에서 求한다.



〈그림-2〉 測定管

特性그래프는 NaCl을 케미칼 바란서 (Chemical Balancer)로 10~1000mg을 區分하여 正確하게 秤 다음 每回 순수한 蒸溜水 400cc에 溶解시킨뒤 10cc가 所要되는 測定管에 高루 희석된 汚損液을 넣고 絶緣抵抗을 測定하여 만든 것이다. 이때 溶解液은 溫度에 의해 負性係數를 가지므로 반드시 溫度를 測定해야 한다. 이상을 고려하여 對數눈금으로 만든다.

따라서 아래 要領으로 測定한다.

- (1) 測定에 必要한 部分은 가운데 애자 下面 이므로 取扱時 汚損量이 영향받지 않도록 해야한다.
 - (2) 測定管, 뚜을 斗, 또는 面, 용기등에 異物質이 없도록 깨끗하게 세척해야 한다.
 - (3) 使用할 순수 蒸溜水는 測定管에 넣고 絶緣抵抗이 10MΩ 以上인 것을 使用한다.
 - (4) 애자를 斗은 斗에는 물어있는 汚物質이 없도록 充分히 洗淨液에 斗어 斗다.
 - (5) 測定管 外部는 마른걸레등으로 잘 斗아서 外部 漏洩에 의한 誤差가 없도록 한다.
 - (6) 測定이 끝나면 溫度計, 測定管, 斗, 용기등을 깨끗하게 씻어 斗다.
 - (7) 洗淨時는 精確히 400cc 蒸溜水를 使用하며 中央金屬部分이나 水泥트 部分을 斗지 斗아야 斗다.
 - (8) 測定管에는 잘 희석된 洗淨汚損液을 氣泡가 생기지 斗도록 가득 채운 뒤 뚜정을 斗고 500V 以下 메가를 使用하여 測定한다.
 - (9) 위에서 測定한 絶緣抵抗과 洗淨液 測定溫度를 利用하여 塩分量을 구한다.
 - (10) 구한 塩分量을 800으로 나누면 그 測定地域의 E. S. D. D가 된다. (애자 下面斷面積 : 800cm²)
- 또다른 方法으로서는 絶緣抵抗計 代身에 콘덕턴스計에 依한 것이 있다. 이 方法은 蒸溜水 200cc를 부어가며 汚損애자를 洗淨한 뒤 구한다. 그러나 콘도계 (Cond-meter)의 指示값은 주위 溫度特性에 依

감하므로 溫度 補償을 充分히 해야 한다. 一般의인 휴대용은 常溫에 補定되어 있으므로 다소 誤差가 있는 셈이다.

지금까지 說明한 方法은 該當地域의 汚損度를 正 確하게 分析할 수 있는 白體的인 要領이다.

그러나 이미 分析된 데이터를 活用하여도 대체적

〈표-1〉 各 海岸別 汚損度 現況

※ ()内는 해당분리별 점유율(%)

| 구분 (km) 해안별 | 오손등급 | 0 ~ 0.1 km 이내 | 0.1 ~ 0.3km 이내 | 0.3 ~ 0.5 km 이내 | 0.5 ~ 1.0 km 이내 | 1.0 ~ 3.0 km 이내 | 3.0 ~ 10 km 이내 | 10 ~ 20 km 이내 | 20 ~ 30 km 이내 | 30 km 이상 | 계 |
|-------------------|------|------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------------|-----------|
| 동 해 | A | | 1 (11.1) | 2 (100.0) | 2 (22.2) | 11 (68.8) | 20 (80.0) | 10 (100) | 10 (100) | 5 (100) | 52 (60.5) |
| | B | 1 (11.1) | 3 (33.3) | | 2 (22.2) | 5 (31.2) | 4 (16.0) | | | | 15 (17.4) |
| | C | 6 (66.7) | 3 (33.3) | | 2 (22.2) | | 1 (4.0) | | | | 12 (14.0) |
| | D | 1 (11.1) | 2 (22.3) | | 2 (22.2) | | | | | | 5 (5.8) |
| | E | 1 (11.1) | | | 1 (11.2) | | | | | | 2 (2.3) |
| 서 해 | A | 3 (25.0) | 5 (41.7) | 3 (25.0) | 6 (54.5) | 9 (56.3) | 19 (67.9) | 19 (73.1) | 7 (100.0) | | 71 (56.8) |
| | B | 5 (41.7) | 5 (41.7) | 9 (75.0) | 3 (27.3) | 7 (43.7) | 7 (25.0) | 7 (26.9) | | 1 (100.0) | 44 (35.2) |
| | C | 3 (25.0) | 2 (16.6) | | | | 1 (3.6) | | | | 6 (4.8) |
| | D | 1 (8.3) | | | 1 (9.1) | | 1 (3.6) | | | | 3 (2.4) |
| | E | | | | 1 (9.1) | | | | | | 1 (0.8) |
| 남 해 | A | 21 (91.3) | 22 (61.1) | 3 (50.0) | 4 (80.0) | 5 (55.6) | 7 (53.8) | 10 (91.9) | 5 (100.0) | 1 (100.0) | 78 (71.6) |
| | B | 2 (8.7) | 10 (27.8) | 2 (33.3) | 1 (20.0) | 3 (33.3) | 6 (46.2) | 1 (9.1) | | | 25 (22.9) |
| | C | | 4 (11.1) | 1 (16.7) | | 1 (11.1) | | | | | 6 (5.5) |
| | D | | | | | | | | | | |
| | E | | | | | | | | | | |
| 제주 도 | A | | | | | | 1 (25.0) | | | | 1 (7.1) |
| | B | | | | | | 3 (75.0) | | | | 3 (21.4) |
| | C | | | 2 (66.7) | 1 (50.0) | 3 (100.0) | | | | | 6 (42.9) |
| | D | 1 (100.0) | 1 (100.0) | 1 (33.3) | 1 (50.0) | | | | | | 4 (28.6) |
| | E | | | | | | | | | | |
| 전체 (제주포함) | A | 24 (53.3) | 28 (48.3) | 8 (34.8) | 12 (44.4) | 25 (56.8) | 47 (67.1) | 39 (63.0) | 13 (100) | 7 (100) | 209(61.8) |
| | B | 8 (17.8) | 18 (31.0) | 11 (47.8) | 6 (22.2) | 15 (34.1) | 20 (28.6) | 8 (17.0) | | | 86 (25.7) |
| | C | 9 (20.0) | 9 (15.5) | 3 (13.0) | 3 (11.1) | 4 (9.1) | 2 (2.9) | | | | 30 (9.0) |
| | D | 3 (6.7) | 3 (5.2) | 1 (4.4) | 4 (14.8) | | | 1 (1.4) | | | 12 (3.6) |
| | E | 1 (2.2) | | | 2 (7.4) | | | | | | 3 (0.9) |
| 전체 (제주 제외) | A | 24 (54.5) | 28 (49.1) | 8 (40.0) | 12 (48.0) | 25 (61.0) | 46 (69.7) | 39 (63.0) | 13 (100) | 7 (100) | 202(63.1) |
| | B | 8 (18.2) | 18 (31.6) | 11 (55.0) | 6 (24.0) | 15 (36.5) | 17 (25.8) | 8 (17.0) | | | 83 (25.9) |
| | C | 9 (20.5) | 9 (15.8) | 1 (5.0) | 2 (8.0) | 1 (2.4) | 2 (3.0) | | | | 24 (7.5) |
| | D | 2 (4.5) | 2 (3.5) | | 3 (12.0) | | | 1 (1.5) | | | 8 (2.5) |
| | E | 1 (2.3) | | | 2 (8.0) | | | | | | 3 (1.0) |

인 汚損度를 정의할 수 있다. '81. 1부터 '85. 12 간의 月間 單位 汚損度 測定値에 依하면 各 海岸別 汚損程度는 表 1 과 같다. 여기서 나눈 汚損等級은 A級은 0~0.063mg/cm²이고 B級은 그 이상 0.125 까지, C級은 0.125를 넘고 0.25까지, D級은 이 이상 0.5까지이며 E級은 그 이상으로 區分하였다.

2.3 資材의 選定

現在 使用中인 配電用 애자를 中心으로 耐汚損特性을 分析한 內容은 아래 表 2와 같다. 여기서 보면 L, P애자는 C級까지 使用할 수 있는 좋은 特性을 나타내고 있으나 颱風, 塩霧等 急速汚損에서는 不良하므로 地理的 조건을 감안하여 사용해야 되겠다. 또 191mm 현수애자 3련 조합은 거의 완벽한 것으로 耐汚損 特性은 分析되었지만 現實的으로 多少 差異가 있음을 감안해야 한다.

〈표-2〉 配電用애자의 耐汚損 特性

| 구 분 | 14.9KV의 5% F. O. U ES. DD | 적 용 지 역 |
|--------------|---------------------------|------------------|
| 191mm 현수(2련) | 0.199 | A, B |
| " (3련) | 1.09(?) | A, B, C, D, E(?) |
| 특고압편 | 0.148 | A, B |
| LP | 0.196 | A, B, C |

한편 送·變電系統에서는 Smog, Anti fog애자등 耐塩애자들이 開發되어 活用되고 있으며 塩害設計 基準이 있으므로 汚損等級만 分析되면 適用은 簡單하다. 關聯設計 基準은 韓電 送電設計基準-1031의 12項을 참고하기 바라며 여기서는 日本 塩害 對策 專門委員會에서 分析한 內容을 表 3에 소개한다.

2.4 絶緣強化策

耐汚損 特性에 가장 크게 영향을 주는 것은 漏洩 距離이므로 이의 增大 곧 絶緣強化 乃至 過絶緣 方法을 適用하여 현수애자의 境遇에는 連結個數를 增加시키며 그외는 現在와 같은 形狀대로 形態를 擴大하든가 同-狀態의 것을 增結하여 使用한다. 또

特殊形狀 애자, 애관등을 使用하는 方法도 있다.

送電線에서 애자增結에 의한 過絶緣은 電圧이 높아지면 애자增結個數가 커져 Jumper 部分이 길게 되어 振動防止裝置를 고려해야 하는 등의 問題가 發生한다.

또 垂直型 현수애자는 支持物의 높이 및 완금길이에 영향이 있음을 고려해야 한다. 이밖에 長幹애자는 兩洗效果가 평상시 좋은 점을 참고하며 使用을 決定해야 한다.

2.5 洗淨對象

앞에서 記述한 바와 같이 汚損管理를 철저히 하게 되면 그 資材의 耐汚損 特性에 對比하여 洗淨時期를 適切히 選定하여 洗淨作業으로 塩害事故를 防止할 수 있다. 물론 塩害事故의 矛防對象에 따라 洗淨時期는 다르다. 例컨데 急速汚損을 對象으로 할 때는 短時間에 多量의 塩分이 附着되므로 그 前에 애자를 깨끗이 하여 颱風等 急速汚損時 被害가 적도록 하며 이후는 耐汚損 特性이 낮은 애자를 우선적으로 洗淨해야 한다.

一般的으로 애자를 洗淨하는 方法으로는

- 가. 注水 洗淨法
- 나. 濕潤 Brush法
- 다. 乾燥 "
- 라. 濕潤 걸레法
- 마. 乾燥 "

등이 있으며 대체로 나項의 濕潤 Brush法이 많이 쓰이고 있다. 이들 各 方法의 特徵을 살펴보면 表 4와 같다.

또 作業條件에 따라 死線과 活線으로 大別할 수 있으며 近來처럼 無停電이 要求되는 立場에서는 活線洗淨할 필요가 있다. 活線洗淨을 할 때는 避雷器와 같이 外部絶緣이 内部의 特性에 영향을 미치는 機器는 避하는 것이 좋다. 대체로 60~154KV級 애자련의 洗淨은 20~40초 정도면 되나 不溶性 固着物은 2분 정도의 注水가 필요하다.

洗淨順序로서는 下部로부터 上部로 洗淨하여 下部에서부터 絶緣性을 回復하면서 洗淨하는 것이 좋다.

〈丑-3〉汚損區分別 各種애자 取附個數

| 汚損區分 | | | A | B | C | D | E | | |
|--------------------------|-------------|------------|--------|---------------|---------------|---------------|--|-----------|-------|
| 想定最大等價塩分附着量 (mg/下面外) | | | 50 | 100 | 200 | 400 | 海水의 물보라가 미치는 경우를 대상으로 3%塩水0.3mm/min(수평分)의 주수를 상정 | | |
| 想定最大等價塩分付 | | 縣垂 | 0.063 | 0.125 | 0.25 | 0.5 | | | |
| 着密度(mg/cm ²) | | 長幹 | 0.03 | 0.06 | 0.12 | 0.35 | 耐張 | 縣垂 | |
| 250mm 縣垂 碍子 | 設計電圧値(KV/個) | | 10.3 | 8.9 | 7.8 | 6.8 | 6.0 | 5.0 | |
| | 系統電圧 | 耐電圧 日標値 | 碍子個數 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 |
| | 66KV | 40KV | 同上絶緣強度 | 41.2 | 44.5 | 46.8 | 40.8 | 42.0 | 40.0 |
| | | | 同上絶緣裕度 | 1.03 | 1.11 | 1.17 | 1.02 | 1.05 | 100.0 |
| | | | " | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 19 |
| | | " | 103.0 | 97.9 | 93.6 | 95.2 | 96.0 | 95.0 | |
| | | " | 1.11 | 1.05 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | |
| 250mm Smo 碍子 | 設計電圧値(KV/個) | | 13.39 | 11.57 | 10.14 | 8.84 | 7.8 | | |
| | 系統電圧 | 耐電圧 目標値 | 碍子個數 | - | - | 5 | 5 | 6 | |
| | 66KV | 40KV | 同上絶緣強度 | - | - | 50.7 | 44.2 | 46.8 | |
| | | | 同上絶緣裕度 | - | - | 1.26 | 1.10 | 1.17 | |
| | | | " | - | - | 10 | 11 | 12 | |
| | | " | - | - | 101.4 | 97.2 | 93.6 | | |
| | | " | - | - | 1.09 | 1.04 | 1.00 | | |
| 280mm 縣垂 碍子 | 設計電圧値(KV/個) | | 11.8 | 10.2 | 8.9 | 7.8 | 6.9 | | |
| | 系統電圧 | 耐電圧 目標値 | 碍子個數 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | |
| | 66KV | 40KV | 同上絶緣強度 | 59.0 | 51.0 | 44.5 | 46.8 | 41.4 | |
| | | | 同上絶緣裕度 | 1.47 | 1.27 | 1.11 | 1.17 | 1.03 | |
| | | | " | 8 | 10 | 11 | 12 | 14 | |
| | | " | 94.4 | 102.0 | 97.9 | 93.6 | 96.6 | | |
| | | " | 1.01 | 1.09 | 1.05 | 1.00 | 1.03 | | |
| 長幹및 長幹支持 碍子 | | | " | LC-8017 ×1 | LC-8017 ×1 | LC-8021 ×1 | LC-8021 ×1 | LC-8021×1 | |
| | | | " | 65 | 59 | 54 | 57 | 45 | |
| | 66KV | 40KV | " | 1.62 | 1.47 | 1.35 | 1.42 | 1.12 | |
| | | | " | LC-8017 ×2 | LC-8017 ×2 | LC-8021 ×2 | LC-8021 ×2 | LC-8024×2 | |
| | | | " | 117 | 105 | 116 | 105 | 96.03 | |
| | | " | 1.25 | 1.12 | 1.24 | 1.12 | 1.03 | | |

2.6 Silicon Compound 塗布法

이 방법은 現場 立地條件과 經濟性등을 考慮해서 使用해야 하는 것으로 過電線이나 洗淨이 困難할때 쓸 수 있는 方法이다. 塗布 두께는 經濟性을 考慮

하여 汚損條件 및 必要 壽命에 따라 適當히 하여야 한다.

參考로 日本에서 適用하는 事例를 보면, 가. 颶風塩害로 직접 물방울이 튀는 곳 나. 태풍塩害를 받는 場所로 耐塩特性이 나쁘고

〈丑-4〉 各種 洗淨法의 比較

| 洗淨方法 | 洗淨後의 殘存量 (%) | 特 長 | |
|---------------------------|--|--|---|
| | | 長 點 | 短 點 |
| 注水 洗淨法 | 현수애자 上面 15~30 下面 20~40 Pin 주변 거의 40 ~70 | · 殘存량이 적다 · 操作이容易하다 | · 多量의 물이 必要하다 · 汚水의 飛散에의 해市街地에서는問題가 된다 · 設備가 크고 移動 및 取扱이 不便하다 |
| 濕潤 Brush法 | 현수애자 上面 10~40 下面 15~45 Pin 주변 거의 100 | · 殘存량이 적다 · 使用水量이 적다 · 活線에서 行할 수 있다 | · 操作은 注水에 比해 不便하다 |
| 젖은걸레法 (물使用) (洗劑 使用) | | · 마른걸레에의한 方法보다 殘存량이 적다 · 물만으로 보다 빠르게 淸淨되며 그程度도 좋다 | · 停電이 必要하다 · 使用水量이 많다 · 藥劑의 取扱에 注意를 要한다. |
| 마른걸레法 | 현수애자 上面 25~50 下面 20~80 Pin 주변 거의 100 | · 물이 필요치않다 | · 停電이 필요하다 · 殘存량이 많다 |

* 一般의 洗淨前의 塩分付着量이 적으면 殘存量의 %가 크게 되는 傾向이다.

洗淨이 곤란한 곳

- 다. 急速汚損이 잦은 場所로 過絶緣이 經濟的으로 困難한 곳
 - 라. 常時汚損地域으로 洗淨回數가 많은 곳
 - 마. 높은 信賴度를 필요로 하는 곳
 - 바. Cement 等에 의하여 汚損되는 곳
- 에 많이 適用하며 原則的으로 停電이 많은 地域에서

는 使用하지 않는다.

Silicon Compound가 塩煙害 防止에 有效한 것은 電氣的 絶緣性 外에도 우수한 滲水性(碍子表面에 물방울이 흡착되지 않고 굴러 떨어짐)에 依해 漏洩通路를 形成치 않으며 電位分布의 不平等化를 억제하는 機能이 있기 때문이다.

또 마치 Ameba가 細菌을 둘러싸는 것처럼 包含性作用으로 塗布面에 附着된 汚損物을 速히 皮膜內로 包含시켜 새로운 皮膜으로 形成되어 滲水性을 지니나 壽命이 다 되면 오히려 皮膜內에 포함된 汚物質의 通電加速으로 더 큰 事故 誘發의 소지가 있다 그러므로 수명 判定이 대단히 重要한 意義를 가진다. 대체로 이를 判定하는 方法으로는

- 가. 表面의 滲水性 有無 視察
- 나. 局部 Arc發生 有無 視察
- 다. 發色反應의 利用
- 라. 漏洩電流의 測定
- 마. 附着量의 測定 및 成分 分析
- 바. 耐電圧 試驗

등에 의한다. 概略的인 壽命은 표 5와 같다.

〈丑-5〉 概略的인 Silicon Compound 壽命

| 汚損 地區의 種類 | | 壽命 |
|----------------|-------------|---------|
| 塩害汚損이 主가 되는 地區 | | 18~24個月 |
| 塩(主)+砂 汚損地區 | | 9~15 " |
| 塩(主)+塵塵 汚損地區 | | 9~12 " |
| 塵塵이 극히 많은 地區 | | 6個月程度 |
| Coment 汚損地區 | 汚損量이 많은 地區 | 9 " |
| | 汚損量이 普通인 地區 | 18~24個月 |
| 기타 汚損이 극심한 地區 | | 6個月程度 |

*