

# 沿面閃絡特性的 한 改善方法에

論 文  
18-1-1

## 대한 理論的 考察

### Theoretical consideration on some method of improving surface flash over discharge characteristic,

丁 性 桂  
(Sung Kae Chung)

#### [ABSTRACT]

This paper shows theoretically the possibility of raising up the flash over voltage in suspension insulators or bushing according to the results which was gotten by previous study done by the Author. If some conducting metallic barriers are inserted into the flash over discharge path, the flash over voltage is found to be increased considerably.

Applying this principle, some methods of improving flash over characteristics are discussed theoretically.

#### 1. 緒 論

沿面放電은 一種의 複合誘電體에 있어서의 放電現象으로서, 沿面距離의 증가에 따른 閃絡電壓의 증가는 直線的으로 되지 않고, 일반적으로 沿面距離의 增加에 비하여 閃絡電壓이 增加하는 比率은 극히 적다. 이것은 固體誘電體와 空氣와의 複合誘電體에 있어서 空氣部分의 電位傾도가 높아져 코로나放電이 일어나기 쉽게 되고, 그 결과 閃絡電壓이 심하게 低下하게 되는 傾向이 있기 때문이다. 그러므로 靜電的으로 강한 스트레스를 받는 空氣部分이 생기지 않도록 하고, 또 만일 沿面放電이 발생하여도 그 沿面放電距離가 길어서 그것이 進展하기 곤란하도록 하기 위하여 적당한 모양의 凹凸을 붙인 것이 現在 우리가 볼 수 있는 바와 같은 碍子, 套管等이라는 것은 周知의 사실이다. 따라서 凹凸을 붙인 것은 結局은 閃絡電壓을 上昇시키자는 것, 및 漏洩距離를 길게 하여 漏洩抵抗을 증가시키자는 것이 그 궁극적인 主目的이다.

筆者는 過去의 研究結果<sup>(1)</sup>에 의하여 上記한 바와 같은 凹凸을 붙이지 않고 閃絡電壓을 상당히 上昇시킬 수 있다는 것을 理論的으로 考察하여, 그 結果를 碍子類 또는 套管等에 適切히 應用하면 그들의 閃絡電壓을 상당히 上昇시킬 수 있을 뿐만 아니라, 適切히 設計하면 構造가 간단한 送電線用 新型碍子 또는 新型봉성의 製作이 可能할 것이라는 結論을 얻었다.

過去의 文獻에 A. Schwaiger 式套管<sup>(2)</sup> 또는 日本의

鳥養式套管<sup>(3)</sup>이 있으나, 이들은 全部 套管에 대한 것이고, 碍子에 대한 것은 아니며, 또 이들은 原理的으로는 筆者의 理論과 궁극적으로 多少 一致할지도 모르지만 方法的으로는 전혀 다르다고 볼 수 있기 때문에 여기에 그 理論的考察을 報告하기로 한다.

#### 2. 理 論

지금 그림 2-1과 같은 圓筒型絶緣物을 생각하여, 그 兩端에 電極用 金屬벨트가 있고, 中央에 幅이 좁은 導電層벨트가 있다고 한다. 電極間距離를  $l$ , 導電層의 幅

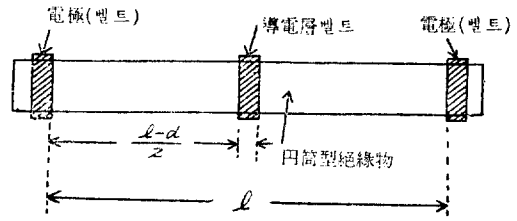


그림 2-1 導電層이 있는 圓筒型絶緣物  
Fig. 2-1 Cylindrical insulator with metallic barrier belt

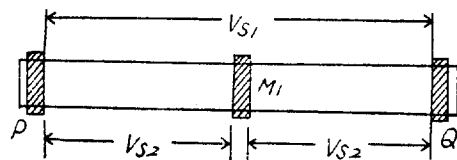


그림 2-2 閃絡電壓관계  
Fig. 2-2 flash over voltage relation

\* 正會員: 서울大學校 工科大學 教授

을  $d$  라 하면, 두 電極과 導電層사이의 沿面距離는 모두  $\frac{l-d}{2}$  가 된다. 그림 2-2에서와 같이 導電層  $M_1$ 이 없을 때의  $PQ$  電極사이의 閃絡電壓을  $V_{S1}$ ,  $M_1$ 이 있을 때  $PM_1$ ,  $M_1Q$  사이의 閃絡電壓을 모두  $V_{S2}$ 라 한다.  $PM_1$ ,  $M_1Q$  사이의 沿面距離가 동일하므로 그들의 閃絡電壓은  $V_{S2}$ 로 동일하다.  $PQ$  사이에 交番電壓  $V$ 를 印加하면  $PM_1$ ,  $M_1Q$ 의 分擔電壓은 同一하며 모두  $\frac{V}{2}$ 가 된다.

그런데 이  $\frac{V}{2}$ 란 分擔電壓이  $V_{S2}$ 에 달하면  $PM_1$ ,  $M_1Q$ 에서 동시에 閃絡이 일어나므로,  $M_1$ 이 存在할 때의 全路閃絡電壓  $V_S$ 는  $\frac{V_S}{2} = V_{S2}$ 로부터

$$V_S = 2V_{S2} \dots \dots \dots (2-1)$$

를 얻는다. 단  $V_{S2}$ 는  $\frac{l-d}{2}$ 의 沿面距離에 대한 閃絡電壓이다.

다음에 지금 沿面距離와 閃絡電壓과의 關係를 그려보면 直線的으로 되지 않고, 그림 2-3  $OAB$ 와 같이 曲線이 밑으로 처지는 것이 보통이다. 이 그림에서  $\frac{l-d}{2}$ 에 세운 垂直線과  $OAB$ 線과의 交點을  $A$ 라 하면,  $A$ 點의

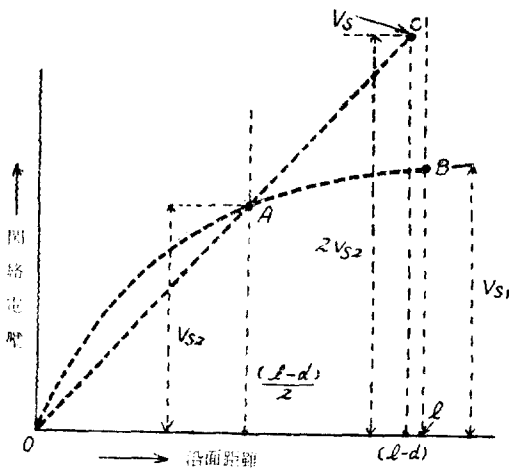


그림 2-3 閃絡電壓曲線  
Fig. 2-3 flash over voltage curve

縱座標는  $V_{S2}$ 가 되고, 直線  $OA$ 를 延長한 線과  $(l-d)$ 에 세운 垂直線과의 交點을  $C$ 라 하면,  $C$ 點의 縱座標는  $2V_{S2}$ 가 되므로, (2-1)式으로부터 이것이 즉 導電層이 있는 경우의 閃絡電壓  $V_S$ 가 된다. 그런데 導電層이 없는 경우의 閃絡電壓은  $l$ 에 세운 垂直線과  $OAB$ 曲線과의 交點  $B$ 의 縱座標  $V_{S1}$ 이 되므로,  $V_S$ 는  $V_{S1}$ 보다 훨씬 높아진다. 즉 導電層이 있는 경우의 閃絡電壓  $V_S$ 는 沿面距離  $\frac{l-d}{2}$ 에 대한 閃絡電壓  $V_{S2}$ 의 2倍로, 導電層이 없는 경우의  $l$ 에 대한 閃絡電壓  $V_{S1}$ 보다 훨씬

높아짐을 알 수 있다.

마찬가지로 導電層이 그림 2-4에서와 같이 等距離로 2個 있는 경우에는,  $PM_2$ ,  $M_2M_2'$ ,  $M_2'Q$  사이의 閃絡電壓은 모두  $V_{S3}$ 가 되며, 印加電壓  $V$ 는 3等分되어  $\frac{V}{3}$ 씩 各各 分擔된다. 따라서  $\frac{V}{3} = V_{S3}$ 이면 各區間에서 閃絡이 同時에 일어나 全路閃絡되므로, 이 경우의 全路閃絡電壓  $V_S'$ 는

$$V_S' = 3V_{S3} \dots \dots \dots (2-2)$$

가 된다. 이 關係를 그림 2-3의 關係도 포함하여 그림 2-5와 같다.

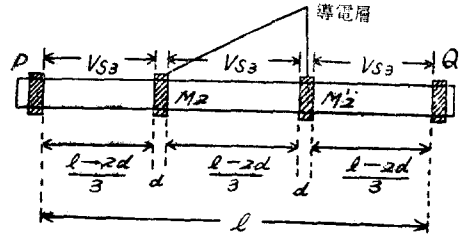


그림 2-4 2個의 導電層이 있는 경우  
Fig. 2-4 The case of 2 metallic barrier

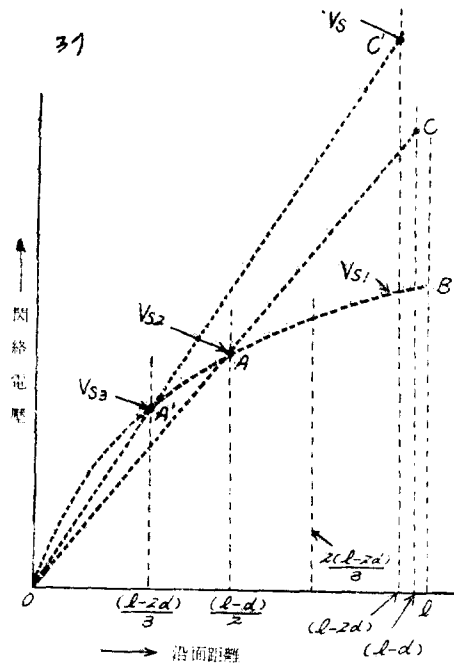


그림 2-5 閃絡電壓曲線  
Fig. 2-5 flash over voltage curve

그림 2-3의 關係 및 (2-2)式의 關係로부터 이 경우의 全路閃絡電壓은 그림 2-5의  $C'$ 點에 해당하는 縱座標가 되며,  $C'$ 點은  $C$ 點보다 더 위로 올라가고 있다. 따라서 導電層이 없는 경우, 1個 있는 경우, 2個 있는 경우에 따라 電極사이의 閃絡電壓은  $B, C, C'$ 의 順序로

차차上昇하게 된다. 이와 같이 되는 것은 물론 *OAB* 閃絡電壓曲線이 直線으로 되지 않고 밑으로 처진 曲線으로 되기 때문이다.

이와 같이 하여 導電層의 個數를 증가시키면  $V_s$ 는 더욱上昇하게 되는데, 各區間의 距離를 *OAB* 閃絡電壓曲線이 밑으로 가장 심하게 처지기 시작한 點 즉 直線으로부터 벗어나기 시작한 點에 해당하는 沿面距離와 동일하게 하면 全路閃絡이 가장 높아지게 된다.

그러나 실제로는 *OAB* 曲線의 實驗式으로부터, 理論的으로 最大의  $V_s$ 를 줄 벨트의 數  $n$ 를 決定할 수 있다.

그림 2-6, 2-7은  $n$ 개의 導電層벨트를 等間隙으로

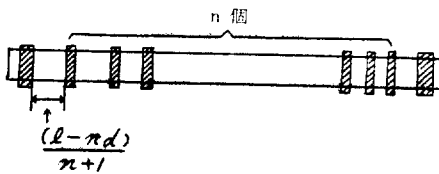


그림 2-6  $n$ 개의 導電層  
Fig. 2-6  $n$  metallic barrier

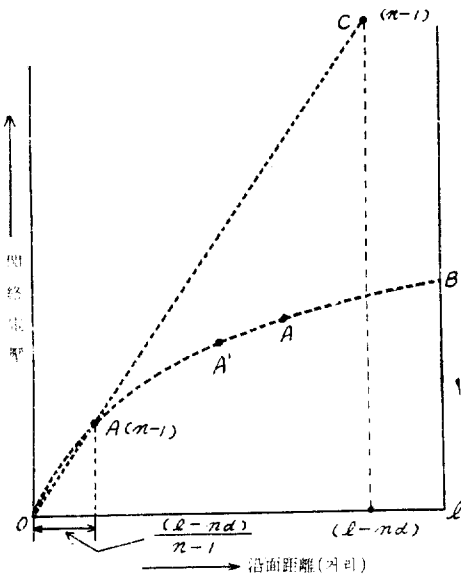


그림 2-7  $n$ 개의 導電層인 경우의  $V_s$   
Fig. 2-7. The case of  $n$  metallic barrier

配置한 경우의 모양과, 그 때의 閃絡電壓의 上昇樣相을 나타낸 것이다. 그림 2-7에서  $C^{(n-1)}$ 에 해당하는 縱座標가 이 경우의  $V_s$ 가 되며, 이것을 보면 閃絡電壓이 沿面距離에 따라 比例해서 增加한 것처럼 되어 있다. 이리하여 沿面距離內에 導電層벨트를 적당히 삽입하면, 그 閃絡電壓이 沿面距離에 따라 比例하도록 할 수 있다는 結果가 된다.

以上은 商用周波數交番電壓인 경우인데, 衝擊沿面閃絡電壓에 대하여도 마찬가지로 結論을 얻을 수 있다. 衝擊電壓에 대하여도 沿面距離에 대한 閃絡電壓特性은 商用周波數의 경우와 비슷하므로, 즉 上記한 *OAB* 曲線이 심하게 아래로 처지게 되므로, 導電層의 衝擊閃絡電壓 上昇效果도 상당히 현저하여진다. 이를테면 화이바圓筒의 衝擊沿面閃絡電壓特性的 實驗結果<sup>(4)</sup>를 引用하여 衝擊閃絡電壓이 上昇하는 率을 考察해 보면 다음과 같다. 沿面距離 20 cm의 화이바圓筒의 電極사이의 衝擊閃絡電壓은 약 30 kv 인데, 그 電極間 沿面距離에 幅 1mm 정도의 導電層을 4個 等間隙으로 놓면 電極間衝擊閃絡電壓은 약 3倍인 90 kv로 증가한다는 것을 알 수 있다. 또 만일 導電層의 個數를 9個로 하면 理論的으로는 5倍 즉 150 kv로 증가하는 結果가 된다.

### 3. 考 察

理論的으로는 導電層을 삽입함으로써 沿面閃絡電壓特性을 直線的으로 만들 수는 있으나, 실제로는 沿面코로나 또는 空間電荷效果로 인하여 完全히 直線的으로 할 수 없을 것으로 생각된다. 導電層이 없을 때와 있을 때와는 沿面距離內에 있어서의 沿面코로나 發生樣相 및 空間電荷分布樣相이 달라질 것이므로, 閃絡電壓의 上昇은 理論에서와 같은 정도로 期待하기는 어려운 것으로 본다. 이것은 實地實驗을 통하여 앞으로 확인해야 할 問題이지마는, 이들의 效果가 存在한다 하여도 導電層의 存在로 인하여 閃絡電壓은 상당히 上昇할 것으로 예측된다.

다음에 上記의 理論的結果를 實地의 送電線絕緣用 帶子에 應用할라고 한 경우 다음과 같은 몇가지 問題點이 派生된다.

- (1) 各導電層의 對地靜電容量의 영향
  - (2) 漏洩距離의 過小
  - (3) 導電層벨트外周端에서의 코로나發生
  - (4) 磁器와 金屬體와의 熱膨脹係數의 相異
- 以下 各項의 問題點에 대하여 檢討해 본다.

(가) 導電層을 等間隙으로 配置하면 對地靜電容量效果로 送電線導體에 가까운 區間일수록 分擔電壓이 커지므로, 이렇게 되면 導電層의 插入效果는 輕減된다. 이를 防止하기 위하여는 送電線導體에 가까운 區間일수록 그 沿面距離를 차례로 增加시켜, 그들 各區間의 閃絡電壓이 그 區間의 分擔電壓에 比例하도록 하면 되며, 또 대략 이와 같이 되도록 導電層을 적당히 配置할 수 있을 것으로 본다.

(나) 表面에 凹凸이 없으면 漏洩距離가 過小하여 특히 雨나時漏洩電流가 증가할 위험성이 있다. 이를 위하여는 一端에 적당한 스카아트(skirt)를 만드는 設計가 필요하다고 생각된다. 따라서 實地應用面에서는 이 間

題解決이 상당히 研究되어야 할 것으로 본다.

(다) 導電層端部에서의 코로나發生은 그 端部를 등갈게 한다든가, 또는 導電層을 磁器質內에 埋入하여 導電層表面과 磁器質表面이 一致하도록 한다든가 하여 어느 정도 解決될 것으로 본다.

(라) 끝으로 磁器質과 金屬導電層과의 熱膨脹係數의 相異로 인하여 導電層벨트가 弛緩될 우려가 생기는데, 이 문제해결이 가장 難點인 것으로 생각된다.

以上과 같은 難點은 導電層의 原理를 套管에 應用하려고 하는 경우에도 생기는데, 이 경우에는 背後電極이 있는 경우로서 圓筒內部的 引入導體와 各導電層 사이의 靜電容量도 作用하여 문제는 더욱 복잡해질 것으로 생각되는데, 이것은 앞으로의 檢討課題가 될 것이다.

以上과 같은 문제가 만일 解決된다면 送電線導體絶緣用碍子 또는 套管등에 導電層의 原理를 적용하여 構造가 간단하고도 商用周波數閃絡特性 또는 衝擊閃絡特性이 극히 良好한 圓筒型비슷한 新型碍子 또는 套管의 製作이 可能할 것으로 추측된다. 그러나 이의 實用까지의 前途에는 앞으로 많은 研究가 있어야 할 것으로 생각된

다.

#### 4. 結 論

以上을 要約하면 다음의 結論을 얻는다.

1. 導電層의 挿入으로 商用周波數沿面閃絡特性 및 衝擊沿面閃絡特性을 沿面距離에 대하여 直線的으로 만들 수 있다.
2. 이 導電層의 原理를 實地로 應用하자면 몇가지 問題點이 있어, 그 解決에는 앞으로의 많은 實驗的研究가 필요하다.
3. 上記의 問題만 解決될 수 있다면 新型碍子 또는 套管의 製作이 可能하다.

#### 參 考 文 獻

- (1) 丁性桂: 大韓電氣學會誌. 1968. 9月. p.7.
- (2) A. Schwaiger: Elektrische Festigkeitslehre. 1925.
- (3) 鳥養利三郎: JIEE. 1920, 및 日本電氣評論. 大正 10年.
- (4) 放電Hand Book: p. 344, Fig. 111.