

沿面閃絡特性的 한 改善方法에 대한 實驗的 考察

論 文
18~2~3

Experimental consideration on some method of improving surface flashover discharge characteristics

丁 性 桂* · 李 啓 浩** · 金 元 燮***
(Sung Kae Chung, Kae Ho Lee, Won Sob Kim)

[ABSTRACT]

This paper shows experimentally the characteristics of raising up the flashover voltage in suspension insulators or bushing according to the theoretical results which was gotten by previous study It was shown theoretically that, if some conducting metallic barriers are inserted into the flashover discharge path, the flashover voltage is found to be increased considerably. In order to verify this theoretical results, some basic experimental study was done, and the results was found to be more or less satisfactory except some problems which must be considered in future study.

1. 緒 論

過去の 研究結果¹⁾에 의하여, 導電層을 사용함으로써 沿面閃絡電壓을 상당히 上昇시킬 수 있다는 것을 理論的으로 考察한 바있고, 그 結果를 실제의 碍子類 또는 套管등에 適當히 應用하면, 그들의 閃絡電壓을 상당히 上昇시킬 수 있을뿐만 아니라, 이를 適當히 設計하면 構造가 簡單한 送電線用 新型碍子 또는 新型봉경의 設計, 製作이 可能할 것이라는 結論을 얻은 바 있다. 筆者들은 이러한 理論이 실제의 경우에 있어서 成立하는가의 與否를 確認하기 위하여 基礎的인 實驗을 한 結果, 완전히 理論대로는 되지 않으나 閃絡電壓이 상당히 上昇한다는 實驗結果를 얻었다. 또 이와 같이 理論値와 實驗値 사이에 差異가 생기는 것은 주로 導電層附近에 있어서의 沿面코로나 放電에 기인한다는 것도 確認하였다.

2. 理 論

그림 2-1과 같이 유리圓筒의 兩端에 電極을 놓고, 그들 電極사이의 유리圓筒表面에 n 개의 導電層을 等間隔으로 配置한 경우를 생각한다. 導電層의 幅을 d , 두 電極間距離를 l 라 하면, 導電層사이의 沿面距離도 모두 $\frac{l-nd}{n+1}$ 가 된다. 電極사이의 印電壓을 V 라하면 各 導電層사이의 沿面距離는 전부 동일하며 그 값은 모두 $\frac{V}{n+1}$ 가 된다. 이 경우 물론 各 導電層의 對地靜

電容量은 우선 무시한다. 이 裝置에 대한 等價回路는 導電層間漏洩抵抗 R 와 靜電容量 C 와의 並列回路가 $(n+1)$ 個 直列로 되어 있는 것이 되므로, 各 導電層間의 分擔電壓은 전부 $\frac{V}{n+1}$ 로 동일하다고 볼 수 있다.

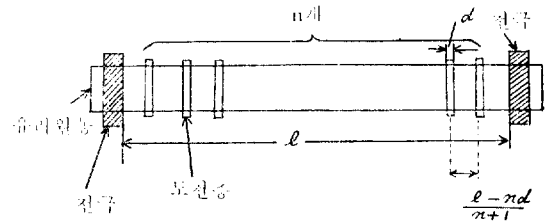


그림 2-1 n 개의 導電層
Fig. 2-1. n metallic barriers

지靜 導電層의 厚이가 상당히 커서, 電極間에 簡用周波數交番電壓을 印加한 경우, 電極사이에서 일어나는 閃絡은 導電層外部周圍空間을 통하여 일어나지 않고, 各 導電層을 통하여서만 일어난다고 가정한다. 이 假定은 導電層의 外徑이 適當히 크면 電磁氣學的으로 妥當하다고 볼 수 있다. 이와 같이 假定한 경우 電極사이에서 沿面閃絡이 일어나자면 各 導電層사이의 分擔電壓 $\frac{V}{n+1}$ 가 그들의 固有沿面閃絡電壓 V_{sn} 이 되어야 한다. 이렇게 되면 各 導電層사이가 閃絡되므로 따라서 全路閃絡이 일어나게 된다. 그러므로 全路閃絡이 일어나기 위한 印加電壓은

$$\frac{V}{n+1} = V_{sn} \quad (2-1)$$

로부터

* 正會員 서울大學校工科學
** 正會員 全南大學校工科學
*** 正會員 全南大學校工科學

$$V = (n+1)V_{s,n} \quad (2-2)$$

가 되며, 이것이 즉 두 電極間의 全路沿面閃絡電壓 V_s 가 된다. 따라서

$$V_{s,n} = (n+1)V_{s,n} \quad (2-3)$$

이 된다. 여기서 $V_{s,n}$ 은 沿面距離가 $\frac{l-nd}{n+1}$ 인 導電層間의 固有沿面閃絡電壓이다. 그림 2-2는 導電層을 n 個 삽입한 경우 그 閃絡電壓이 上昇한다는 것을 幾何學的으로 表示하는 그림이다.

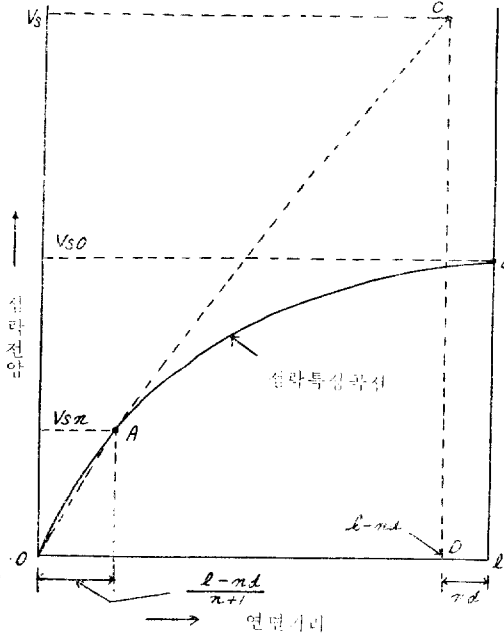


그림 2-2 n 個의 導電層인 경우의 V_s
Fig. 2-2 V_s in the case of n metallic barriers.

그림에서 OAB 는 導電層이 없는 경우 沿面距離와 그 閃絡電壓과의 관계를 나타내는 곡선이다. 이 곡선을 보면 특성이 直線的이 아니고, 沿面距離의 增加에 따라 曲線이 아래로 처져 있다. 導電層을 삽입하여 閃絡電壓을 上昇시킬 수 있는 것은 순전히 이 곡선의 垂下特性에 의한다. 電極사이에 導電層이 없는 경우의 閃絡電壓은 그림의 B 點에 상당한 V_{s0} 인데, 導電層을 n 個 等間隙으로 배치하면 前述한 바와 같이 全路閃絡電壓은 $(n+1)V_{s,n}$ 이 되므로, 이 값은 그림에서 OA 를 延長한 線과, 沿面距離 $(l-nd)$ 인 D 點에서 세운 垂線과의 交點 C 에 해당한 縱座標 V_s 가 되다. 그러므로 導電層이 없는 경우의 V_{s0} 보다, 導電層이 n 個 있는 경우의 V_s 가 훨씬 높아진다는 것을 알 수 있다. 요는 沿面閃絡特性의 垂下特性이 導電層을 配置함으로써 OAC 와 같은 直線的인 特性으로 된다는 結果가 된다. 따라서 閃絡電壓의 垂下特性이 甚할수록 導電層의 効果는 더욱 현저하게 나타난다는 것을 알 수 있다.

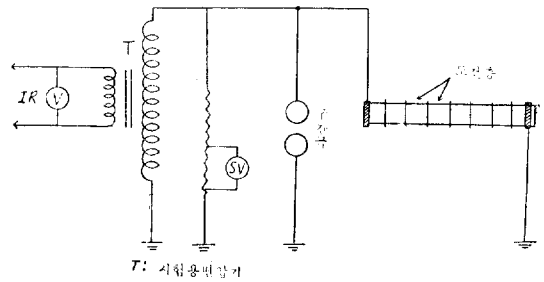


그림 3-1 實驗回路
Fig. 3-1. Experimental circuit

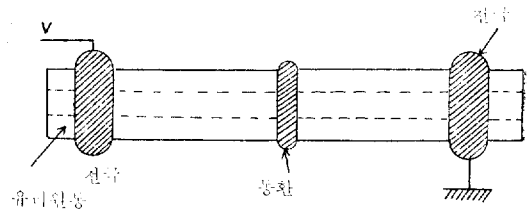


그림 3-2 沿面放電裝置(背後電極無)
Fig. 3-2 Surface discharge device(no back electrode)

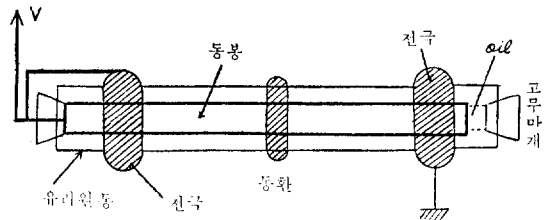


그림 3-3 沿面放電裝置(背後電極有)
Fig. 3-3 Surface discharge device(on back electrode)

3. 實驗裝置 및 方法

그림 3-1은 本研究에 사용된 實驗回路이다. IR 은 誘導電壓調整器, T 는 誘導電壓調整器(154KV, 50KVA), SV 는 靜電電壓計이다. 그림 3-2, 3-3은 유리圓筒 위에 導電層을 배치한 沿面放電裝置이다. 그림 3-2는 背後電極이 없는 경우, 그림 3-3은 유리圓筒內部에 銅棒을 넣어 背後電極으로 한 경우를 표시한다. 유리圓筒의 內外徑은 각각 3.5cm이며, 그 두께는 따라서 2cm가 된다. 導電層의 幅 d 는 1.5mm, 그 높이는 0.75mm이다. 電極 및 導電層의 外周은 半圓型으로 하여 그곳에서의 코로나發生을 가급적 억제하였다. 그림 3-3에서 背後電極인 銅棒과 유리內面과의 사이의 氣溫, 空隙을 없애기 위하여 絶緣油을 그들의 接觸部에 渗透시켜 유리圓筒兩端을 고무마개로 막고, 絶緣油에 어느 정도의 壓力을 줌으로써 그들의 接觸面에의 絶緣油의 渗透을 완전하게 하였다.

實驗에 있어서는 各 沿面距離에 대하여 背後電極이 있

는 경우와 없는 경우 또 導電層이 있는 경우와 없는 경우 등의 各各에 대한 閃絡電壓을 測定하되, 導電層의 數를 變化시킨 경우의 閃絡電壓을 測定하였다.

4. 實驗結果

그림 4-1은 導電層이 없는 경우 沿面距離와 閃絡電壓과의 關係를 實測한 結果이다. 背後電極의 有無에 關係없이 沿面距離의 증가에 따른 閃絡電壓의 上昇은 直線的이 아니며 垂下特性을 나타내고 있다.

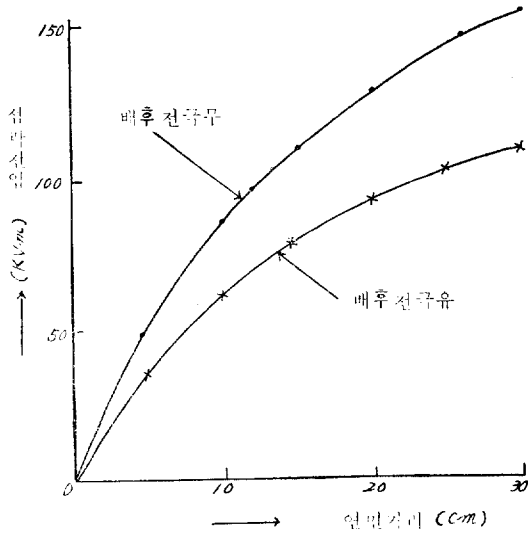


그림 4-1 沿面閃絡電壓特性

Fig. 4-1. Surface creepage discharge characteristic

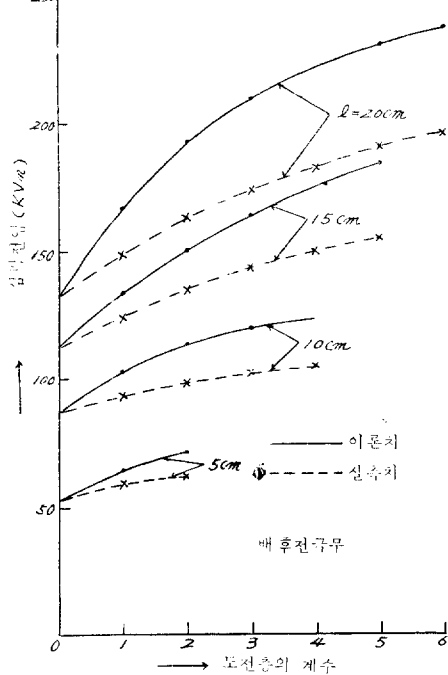


그림 4-2 導電層의 個數와 閃絡電壓(導電層無)

Fig. 4-2. Flashover voltage as a function of number of metallic barrier. (no back electrode)

그림 4-2는 背後電極이 없는 경우 導電層의 個數와 閃絡電壓의 關係를, l 즉 電極間의 距離를 媒介變數로 하여 實測한 結果를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보던 동일한 沿面距離에 있어서 導電層의 個數 $n-1$ 증가함에 따라 閃絡電壓이 점점 上昇하고 있음을 알 수 있다. 또 그림 4-3은 背後電極이 있는 場合의 동일한 關係를 나타내는 曲線群이며, 여기서도 導電層의 個數에 따른 閃絡電壓의 上昇現象은 여전히 나타나 있다. 이들 두 그림을 보면 實測曲線의 傾斜가 沿面距離의 減少와 더불어 점점 緩漫해지고 있다. 이것은 沿面距離가 짧으면 導電層의 個數의 增加가 그 閃絡電壓의 增加에 기여하는 정도가 점점 줄어들어 가는 것을 의미하는 것으로, 따라서 導電層의 閃絡電壓上昇效果는 沿面距離가 긴 場合に 특히 현저하다는 것을 알 수 있다.

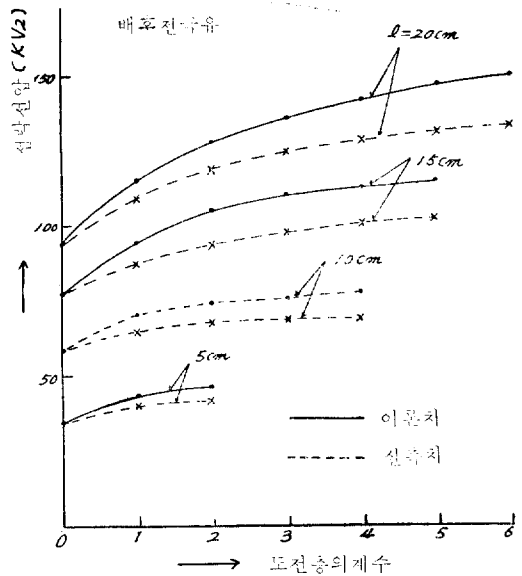


그림 4-3 導電層의 個數와 閃絡電壓(導電層有)

Fig. 4-3 Flashover voltage as a function of number of metallic barrier. (on back electrode)

그림 4-4, 4-5는 導電層의 個數를 媒介變數로 하여 各各 導電層이 없는 場合와 있는 場合に 대한 沿面距離와 閃絡電壓과의 關係를 實測한 結果이다. 그림에서 點線은 導電層이 없는 場合의 閃絡電壓特性이다. 이들 그림을 보면 導電層의 個數 n 의 增加에 따라 閃絡電壓이 上昇하고 있으며, 導電層이 있으면 閃絡電壓特性이 거의 直線的으로 增加하고 있다는 것을 알 수 있다. 그러므로 導電層을 배치하여 閃絡電壓特性을 거의 直線的으로 만들 수 있다는 結果가 된다. 더욱 導電層의 個數가 증가하면 曲線의 傾斜가 점점 急해진다 는 것은 導電層의 效果가 긴 沿面距離에 대하여 많은 個數의 導電層을 사용했을 때 특히 현저하다는 것을 암시해 주고 있다.

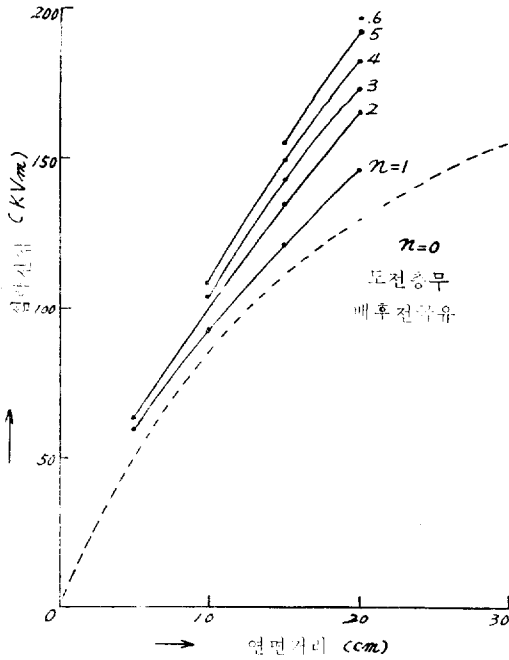


그림 4-4 沿面距離와閃絡電壓(背後電極無)
Fig 4-4 Flashover voltage characteristics (no back electrode)

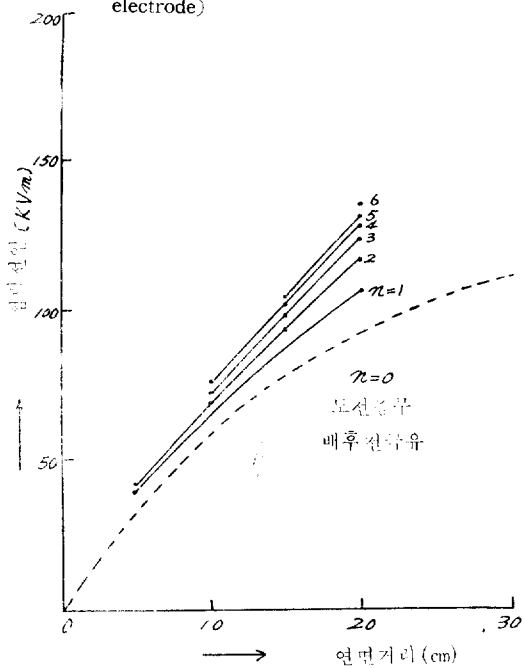


그림 4-5 沿面距離와閃絡電壓(背後電極有)
Fig. 4-5 Flashover voltage characteristics (on back electrode)

5. 檢 討

導電層을 沿面距離內에 삽입한 경우 그閃絡電壓이上昇한다는 것은 前記理論에서 지적된 바에 의하나, 物理

的으로는 導電層의 삽입으로 電極間的 電位分布가 均等하게 된다는 사실에 귀착한다. 沿面放電에 있어서는 電極周圍의 誘電體表面에 접한 空氣中の 電界가 다른部分보다 甚하게 強해지므로, 이部分에서 코로나放電이 일어나고, 이 코로나放電은 空間電荷效果로 인하여 그伸張이 용이하게 되어 드디어는 낮은 印加電壓에서 閃絡放電을 일으키게 된다. 그런데 沿面距離의 途中에 導電層을 배치하면 電極間電位分布가 均一하게 되어, 局部的인 電界의 集中을 억제하게 되므로 閃絡放電이 上昇하게 된다고 볼 수 있다.

그림 4-2, 4-3은 導電層의 閃絡電壓上昇效果에 대한 理論値와 實測値를 비교한 것이다. 어느 경우어나 實測値는 理論値보다 상당히 적다. 이와 같이 理論値와 實測値사이엔 차이가 생기는 것은

1. 導電層에서의 코로나放電.
2. 導電層間隙의 不均一.
3. 各導電層사이의 固有閃絡電壓의 變動.
4. 導電層의 높이 的 不適當.

등의 이유를 들 수 있다.

첫째로 導電層을 삽입하고 印加電壓을 올리면 비교적 낮은 電壓에서 導電層周圍에서 코로나放電이 발생하므로, 이렇게 되면 導電層의 幅 d 가 增加하는 셈이 되어 유리表面만의 沿面距離가 적어지는 結果가 되므로 閃絡電壓이 理論値보다 적어지게 된다.

둘째로 導電層間의 距離는 실제의 경우 완전히 동일하게 하기가 若干 곤란하므로, 間隙이 동일하지 않으면 間隙이 가장 짧은部分에서 먼저 破壞되기 쉽고, 이部分이 破壞되면 이어서 其他部分도 破壞되므로 全路閃絡이 理論値보다 좀 낮은 電壓에서 일어날 수 있게 된다.

셋째로 導電層사이의 沿面間隙이 여러 개 있는데, 이들 間隙에 대한 各 固有閃絡電壓이 同時에 동일한 값으로 된다고는 볼 수 없기 때문에, 어느 沿面間隙에서 최초로 部分的인 沿面閃絡이 일어나면 이어서 다른部分도 閃絡되어버리므로 全路閃絡이 낮은 電壓에서 일어날 수 있다.

넷째로 間隙距離에 비해서 導電層의 높이 즉 外徑이 不適當하면, 沿面全路閃絡이 導電層을 거치지 않고 單純히 電極사이의 空間을 통하여 弧型으로 일어날 수 있기 때문에 이렇게 되면 導電層의 效果에 대한 理論은 맞지 않게 된다. 本實驗에서도 導電層全部를 통하지 않은 일은 없었으나 여러 개의 導電層中 數個는 통하지 않고 閃絡이 일어나는 경우를 볼 수 있었다.

以上の 네가지 原因中에서 제 1, 4의 原因이 가장 심하게 作用하며, 제 2, 3의 原因은 그다지 심한 것은 되지 못한다. 이들 原因의 除去는, 導電層의 幅 d 를 적당히 크게 하고, 그 모양을 적당히 함으로써 코로나放

電을 더욱 抑制하고, 導電層間의 距離를 정확히 동일하게 함과 동시에, 導電層의 높이 즉 外徑을 沿面距離에 따라 적당히 크게 하는 데 있다. 특히 導電層의 치수와 형태에 대하여는 앞으로 더욱 實驗的인 考察을 더 해 볼 필요가 있다.

6. 結 論

導電層에 의한 沿面閃絡特性的 改善策에 대한 實驗的 考察에서 얻은 結論을 列擧하면 다음과 같다.

1. 沿面閃絡 電壓은 導電層의 삽입으로 上昇하며, 동일한 沿面距離에 있어서 導電層의 數를 증가하면 어느 限度의 數까지는 그 閃絡電壓이 점점 上昇한다.
2. 導電層을 삽입하면 沿面距離에 따른 閃絡電壓特性이 거의 直線的으로 된다.

3. 理論値와 實測値사이의 상당한 差異가 있는데, 이것은 주로 導電層의 치수와 형태의 不適當함에 기인한다.

4. 導電層의 치수와 형태등을 適當히 선정하여 이것을 碍子 또는 套管에 응용하면 新型碍子 또는 新型套管의 設計, 製作이 가능하다는 實驗的인 見解를 確認하였다.

끝으로 本研究實驗에 많은 協助을 하여준 서울大學校 工科大學電氣科技員인 李丈夫君에게 謝意를 표명한다.

參 考 文 獻

- 1) 丁性桂: 大韓電氣學會誌, 1968年 9月號
- 2) 丁性桂: 大韓電氣學會誌, 1969年 1月號
- 3) 日本電氣學會: 放電 Handbook.

學術發表會開催案内

1969年度第1回學術發表會를 아래와 같이 開催코져 하오니 積極參與하여 주시기 바랍니다.

아 래

發表論文의 草稿提出

- 磨 勘 : 1969. 4. 10
200字原稿紙 100枚程度
- 發 表 時 間 : 30分程度
- 開 催 日 時 : 1969. 4. 25~26(豫定)
- 場 所 : 電氣會館 講堂
(서울特別市中區水標洞11의4)
- 發表時間配定 : 追後連絡

大韓電氣學會