

成層絶緣體의 商用周波數에 있어서의 破壞電壓에 關한 研究

論 文
17-4-2

A study on the break-down voltage of laminated insulators at commercial frequency

李 啓 浩*
(Kye Ho Lee)

[ABSTRACT]

Up to the present time, laminated insulators have been used for the insulation of electrical apparatus. The reason to use laminated insulators is based on the fact that electrical break-down voltage depends on the weak spot theory. If thin insulators are laminated, the weak spot existence probability across the electrodes decreases according to the number of lamination.

In this test, the effect of the number of lamination and the thickness of each lamination sheets on their break-down voltage are discussed.

The results taken as a whole indicate; (1) The break-down voltage of laminated insulators composed of thin sheets are higher than those of thick sheets, however, the voltage may become the same beyond any definite thickness of laminated insulators. (2) When the lamination sheets become thinner, the variation of break-down voltage is great according to the number of lamination sheets. (3) It may be effective to use laminated insulators even when the insulators are aparted from the electrodes.

1. 緒 論

近來에 와서 電氣機器는 大客量化되어 가고 있어서 高電壓 絶緣을 取扱할 頻度가 甚하여져 가고있다. 따라서 高電壓機器의 出現은 必然的으로 絶緣問題를 수반하게 된다.

一般的으로 高電壓機器의 絶緣에는 固體成層 絶緣物이 많이 使用되고 있는데 이것은 얇은 固體絶緣物을 成層하면 그 絶緣破壞電壓이 上昇한다는 實驗的事實과 또한 絶緣破壞는 所謂 weak spot theory란 理論的 根據에 依한 것이기 때문이다. 즉 絶緣破壞는 電極사이에 있는 固體의 가장 弱한 點에서 일어나므로 電極面積이 클수록 이러한 弱點이 電極사이에 오는 確率이 커서 破壞電壓이 낮아진다는 것이다.

質이 均一한 板狀絶緣物 일수록 破壞電壓이 上昇한다. 成層 絶緣物의 絶緣破壞電壓은 板狀絶緣物內에 包含되어 있는 weak spot의 分布狀態 및 密度等에 따라서 變化할것은 勿論이다.

本實驗에서는 同質의 두께가 다른 얇은 板狀絶緣物을

테하여 各板狀絶緣物의 成層枚數와 成層絶緣破壞電壓과의 關係 및 各板狀 絶緣物을 電極間의 油中에 任意의 枚數만큼 隔壁으로 놓았을때의 破壞電壓의 變化을 weak spot의 規點에서 究明하는데 目的이 있다. 이러한 問題는 電氣機器의 絶緣에 成層 固體絶緣物을 使用하는 경우 成層 枚數에 따라 破壞電壓이 어떻게 變化하는가, 또는 成層하드레도 어떤 두께의것을 成層하여 쓰는것이 有效하겠는가 하는것을 다루는데 있어서 極히 重要하다.

여기서 얻은 實驗結果는 電氣機器의 絶緣에 成層絶緣物을 使用하는 경우 參考가 될것이며 또 絶緣設計에도 一助가 될 것이다.

2. 實驗裝置 및 方法

- P; Electrode
- S; Laminated Insulators
- O; Transformer Oil
- T; Testing Transformer
- K.V; Electrostatic Voltmeter
- A; Ammeter
- V; Voltmeter

* 正會員: 全南大學校專任講師

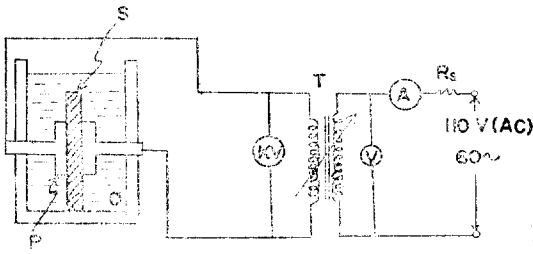


그림 1 實驗回路
Fig 1 Experimental circuit

本實驗에서 使用한 裝置 및 回路는 Fig 1과 같다. Fig 1에서와 같이 半徑 2cm의 平行圓板 電極間의 間隙을 一定하게 然後 板狀絶緣體 S를 插入한다. 兩 電極사이의 絶緣油로서는 耐力 2.5mm에 3,000V의 變壓器油를 使用하였다.

濕氣에 對한 影響을 除去하기 爲하여 잘 乾燥시킨 厚 絶緣油를 充分히 含浸시킨 다음에 實驗을 하였다.

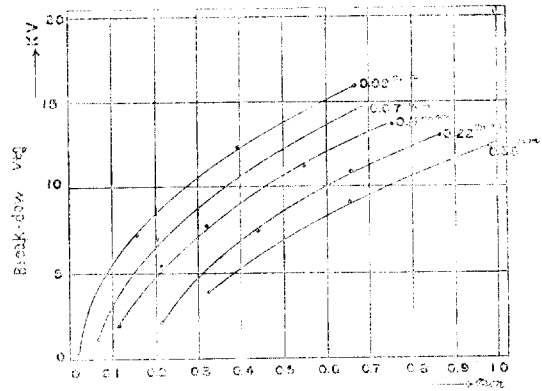
이 實驗에 使用한 固體板狀 絶緣物로서는 表面處理가 比較的 잘 되어있는 0.02mm 0.07mm 0.11mm 0.33mm 0.22mm 두께의 5種의 모조紙를 使用하였다. 이 固體絶緣物의 沿面放電을 防止하기 爲하여 油中에서 破壞電壓 試驗을 하였으며 電壓 印加時間과 破壞 電壓과는 密接한 關係가 있으므로 電壓 上昇 速度는 1,000V/sec 程度로 하였다. 測定値는 變化가 甚했으므로 各各 10~13回 測定하여 그들의 平均値를 取하였다.

3. 實驗結果 및 考察

(1) 成層絶緣物의 두께와 絶緣破壞電壓 Fig 2는 두께가 틀린 5種의 板狀絶緣物로된 成層絶緣物의 두께와 破壞電壓과의 關係를 板狀絶緣物의 두께를 媒介變數로 하여 나타낸 曲線이다.

이들 그림에서 본바와 같이 두께가 增加함에 따라서 成層固體絶緣物의 破壞電壓도 增加함을 나타내고 있다. 이것은 두께가 增加함으로써 絶緣破壞 電壓이 上昇하고 있음은 勿論인데 이關係는 直線의 이 아니고 曲線을 그리고 있다. 이것은 板狀絶緣體 사이의 空隙 및 變壓器 河中의 水分 및 夾雜物等에 起因한 複雜한 原因이 있기 때문이다. (1)

成層絶緣物의 두께가 작을때에는 急激히 曲線이 上昇하고 있으나 두께가 增加함에 따라서 絶緣破壞電壓은 緩慢한 曲線으로 됨을 알수있다. 이것은 枚數가 增加함에 따라 弱點이 漸次 없어져 試料의 質이 均等化되어 가고 있음을 立證하고 있다. 成層絶緣物을 構成하는 板狀固體絶緣物의 個個의 두께가 얇은것이 두꺼운 것보다도



Thickness of Laminated insulators

그림 2. 成層絶緣物의 各成層物의 두께와 破壞電壓
Fig 2 Thickness of Laminated insulators and Break-down voltage

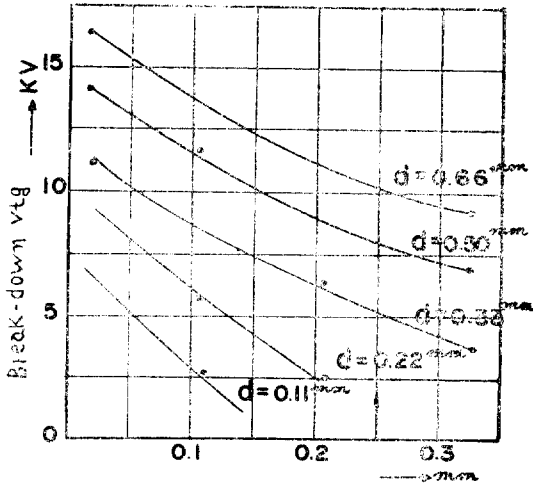
絶緣破壞電壓이 높다. 즉 0.02mm와 0.33mm의 두께를 갖는 두種의 板狀絶緣物을 0.6mm로 成層한 것을 比較해 보면 얇은 0.02mm의 경우가 絶緣破壞電壓이 15KV이며 0.33mm의 경우는 8KV로 낮아진다. 이것은 두꺼운 試料가 電極面에 올때 弱點이 存在할 可能性이 많으므로 絶緣破壞電壓이 낮아 진다고 생각된다. 그리고 얇은것을 成層했을 경우에는 弱點의 連續이 電極面에 存在할 可能性이 적어져 破壞電壓이 보다 더 높다는 것이다.

本實驗에서는 裝置의 容量 不足으로 實驗 不可能했으나 成層 絶緣物의 두께를 大端히 크게하면 이 曲線들은 勿論 한點에 收斂하여 結局 이點 以後부터의 固體絶緣 破壞電壓은 同一하게 되리라는 것이 推測된다. 이것은 두꺼울때에는 弱點의 영향이 없어져 同一한 破壞電壓이 될것으로 생각된다.

Fig 3은 Fig 2로부터 얻은 것인데 이는 電極間隙 d가 一定한 境遇 成層絶緣物을 構成하는 板狀絶緣物의 두께가 破壞電壓에 미치는 影響을 나타낸 것이다. d가 一定한 境遇 破壞電壓이 成層絶緣物이 종이 한장의 두께가 增加함에 따라 破壞電壓이 增加한다는 것을 나타내고 있다. 그리고 電極間隙이 크면 클수록 絶緣破壞電壓도 上昇하며 一般의 종이 한장의 두께가 얇을 때 보다 클때의 경우에 두께에 따른 電壓變動率이 緩慢하며, 따라서 成層絶緣體를 電極間에 插入할 경우 두꺼운 종이는 얇은 종이보다 그 영향이 작음을 나타내고 있다.

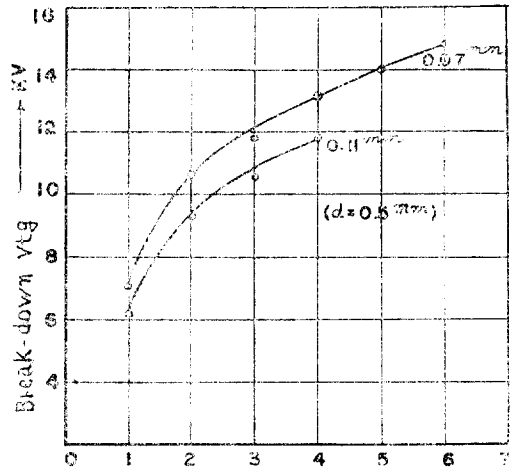
(2) 隙壁의 數와 絶緣破壞電壓

Fig 4에서 Fig 12까지는 電極間隙을 0.35mm 0.5mm 0.75mm 1.0mm 1.5mm로 固定시키고 絶緣油中에 充分



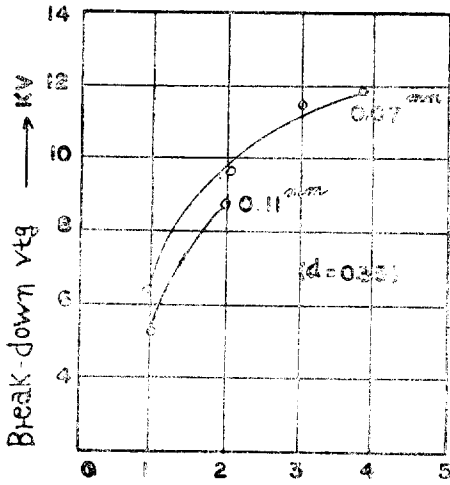
Thickness of Laminated sheets

그림 3 成層쉬이트이 두께와 破壞電壓
Fig 3. Thickness of Laminated sheets and Break-down vtg.



Number of Lamination sheets

그림 5 쉬이트數와 破壞電壓
Fig 5. Number of lamination sheets and Break-down vtg

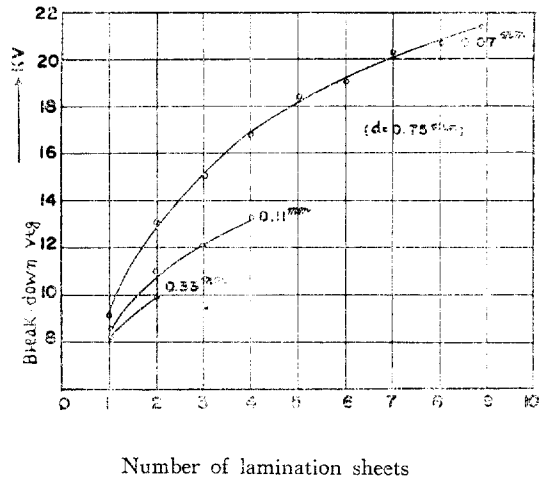


Number of sheets

그림 4 쉬이트數와 破壞電壓

Fig 4. Number of sheets and Break-down vtg

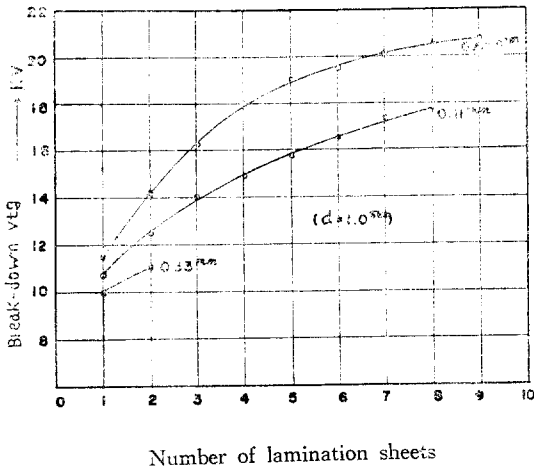
하 含浸시킨 0.07mm 0.11mm 및 0.33mm 두께의 試料 3가지를 1枚로부터 順次的으로 枚數를 增加하여 插入하였을 경우 絶緣破壞電壓과 枚數와의 關係曲線 및 電極間隙과 絶緣破壞電壓과의 關係曲線을 나타낸 것이다. 그림 4에서 그림 8까지에서 表示되어 있는 바와같이 1枚의 경우 電極間隙이 클수록 電壓에 미치는 試料의 두께의 影響이 比較的 적다. 電極間隙이 적으면 적을수록 破壞電壓에 差가 있어 試料의 影響이 比較的 큼을 나타



Number of lamination sheets

그림 6 쉬이트數와 破壞電壓
Fig 6. Number of lamination sheets and Break-down voltage

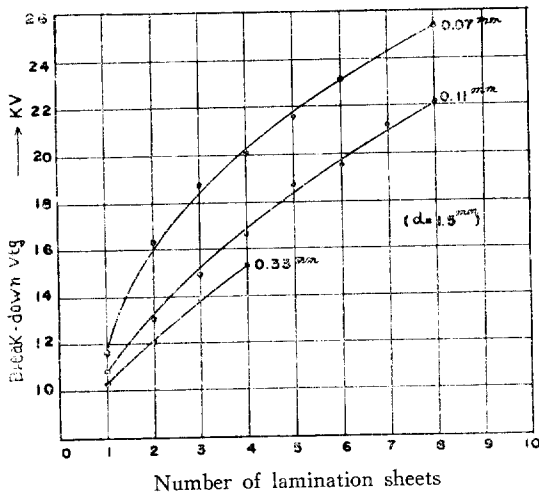
내고 있다. 그리고 平板電極의 間隙을 크게 함과 同時에 枚數도 더해가면 弱은 試料에 있어서나 두꺼운 試料에 있어서나 電壓變動率이 같게 될을 나타내고 있다. 왜냐하면 弱은 試料의 曲線은 指數函數의으로 되고 두꺼운 試料의 曲線은 直線的으로 되어서 最終的으로 重合 만나고 그後부터는 同一한 曲線으로 될것이다. 이것은 枚數가 增加하고 電極間隙이 大端히 멀어지면 弱點이 全部 없어진 結果와 同一하게 되기 때문이다. 同一한 電極間隙에서 固體 絶緣物의 두께가 增加해 나가면 曲



Number of lamination sheets

그림 7 쉬이트數와 破壞電壓

Fig 7. Number of lamination sheets and Break-down voltage



Number of lamination sheets

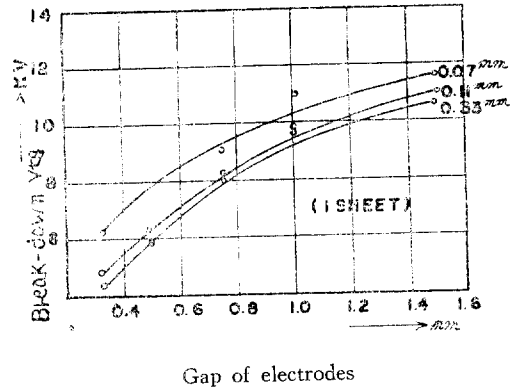
그림 8 쉬이트數와 破壞電壓

Fig 8. Number of lamination sheets and Break-down voltage

線的으로 變해가든것이 直線的으로 畵은 絶緣破壞電壓은 두께에 比例하는 것으로 되어 있는데 이것은 처음에는 weak spot의 영향 때문이며 다음에는 그의 영향이 없어지기 때문이다.

枚數가 적으면 적을수록 絶緣破壞電壓은 熱的破壞보다는 오히려 電氣的破壞에 依한다고(2)(3) 하나 本實驗에서는 液體的 絶緣破壞電壓과 類似한 曲線으로 되어있다. 이 曲線에서도 枚數가 增加함에 따라 絶緣破壞電壓이 增加하고 있으나 電極거리가 畵될 크면 同一한 破壞電壓이 될것이라고 하는것도 나타나고 있다.

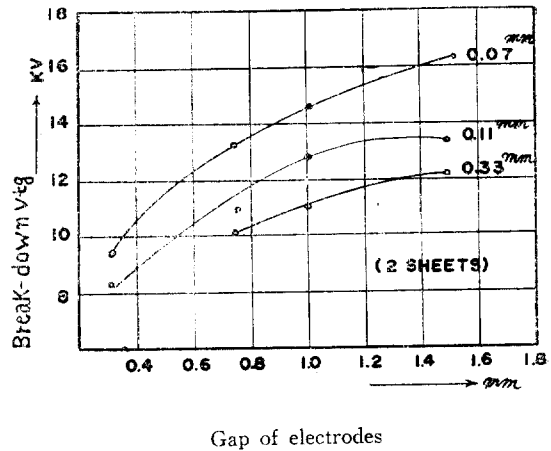
實驗中 枚數가 적을때 에는 圓板電極의 周圍에 검은



Gap of electrodes

그림 9 電極距離와 破壞電壓

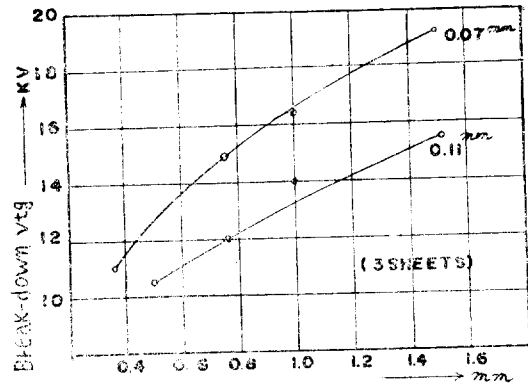
Fig 9. Gap of electrodes and Break-down vtg-Break-down vtg



Gap of electrodes

그림 10 電極距離와 破壞電壓

Fig 10. Gap of electrodes and Break-down vtg



Gap of electrodes

그림 11 電極距離와 破壞電壓

Fig 11. Gap of electrodes and Break-down vtg

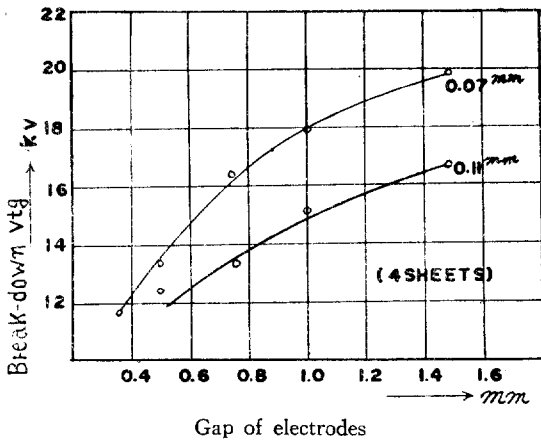


그림 12 電極距離와 破壞電壓

Fig 12. Gap of electrodes and Break-down vtg

貫通구멍이 생겼고 枚數가 增加하면 할수록 漸漸 電極의 中心에 가까운 곳으로 검은 貫通 구멍이 移動해 감을 알았다.

다음에 Fig 9에서 Fig 12까지는 各間隔에 對하여 枚數가 적으면 두께의 影響이 電壓變動率에 對하여 큰차가 없이 曲線은 平行으로 그려지고 있다.

4. 結 論

위에서 實驗한 結果에 對한 結論은 다음과 같다.

(1) 固體絶緣物을 成層하여 使用할 경우 얇은 固體絶緣物을 쓰는것이 두꺼운것을 쓰는것보다 破壞電壓이 上昇한다.

(2) 成層絶緣物의 두께가 相當히 큰 경우에는 얇은것을 쓰나 두꺼운것을 쓰나 破壞電壓에는 大差가 없다.

(3) 固體絶緣物이 얇으면 얇을수록 枚數의 變化에 따른 絶緣破壞電壓의 變動이 甚하다.

(4) 固體絶緣物을 隔壁으로 使用하는 경우도 成層된것을 使用하는것이 有利하다.

本實驗 研究는 電氣機械 또는 變壓器捲線등에 使用되고 있는 絶緣紙 即종이의 두께에 따른 絶緣特性을 暗示해 주고있으며 winding할때 도움이될 것이며 指導해주신 丁性柱教授님께 感謝해 드립니다.

參 考 文 獻

- (1) 丁性柱 : 高電壓工學
- (2) G.L. Moses : Electrical insulation
- (3) Abraham. U. Föppl : Theorie der Electricität
- (4) 木下隆博 : 高電壓現象
- (5) 石黑種 : 高電壓入門
- (6) 法貫四郎外 10名 : 高電壓工學
- (7) 鳥山四郎 : 電氣絶緣論

—31p에서 계속—

本鐵塔設計에서 느끼는點은, 將次 우리나라에서 建設할 345KV送電用鐵塔도 國內에서 設計可能함은 勿論, 組部件材方式을 活用하면 所要鋼材도 大部分國産品을 充當할 수 있을 것이다. 그리고, 國內技術의 向上을 爲해시는 技術者에게 研究하고, 設計할 수 있는 時間的餘裕等與件向上이 絶對로 必要하다는 것이다.

國內에서 使用하는 機器는 우리나라 技術者가 國産資材를 利用하는 方針下에서 設計하고 設計가 끝난다음 이것을 國內에서 加工 또는 製作해야 많은 外貨도 節約할 수 있고, 生産費도 節下할 수 있고 國內産業의 有機的發展을 期待할 수 있는 것이다.