

Tri-Chlorinated Diphenyle 含浸 進相高壓 Condenser 에 關하여

吳 永 善*

1. 緒 言

電力用 condenser 의 含浸劑로는 오래 前부터 天然礦物油가 使用 되어 왔는데 誘電率이 적고 可燃性인 缺點 때문에 最近에는 不燃性 絕緣油가 널리 使用 된다.

이 不燃性 絕緣油로는 美國이나 獨逸과 같은 先進 諸國에서도 鹽化 dephenyle이 가장 많이 使用된다. 이 3CD 含浸劑의 特性은 器體가 小型이고 長壽이며 高性能을 얻을 수 있는 것으로 以下 3CD 含浸進相高壓 condenser 에 對한 概要와 特徵을 略述코져 한다.

2. 3CD 含浸進相 高壓 condenser 의 特徵

從來 天然 礦物油를 使用하던 condenser 와 比較해서 3CD 含浸 condenser 의 特徵은 다음과 같다.

- A. 礦物油 含浸 condenser 보다 約 20%小型 輕量
- B. 電氣的 特性이 良好하다.
- C. corona發生 電壓이 1.25 倍로 上昇 됨.
- D. 長 壽命 安定品 임.
- E. 不燃性.
- F. 溫度에 依한 特性 變化가 적고 廣範圍 溫度에도 使用될 수 있다.

3. 一般 電氣特性

3.1 概 要

(A) 進相高壓 condenser 는 電氣特性과 兼해서 壽命上 充分한 安定度를 具備해야 함으로 特性은 多角의 面에서 檢討할 必要를 느낀다. 따라서 使用 原材料·工程材料·製造條件·設計基準等의 要因이 適切해야 한다.

이와같은 要因은 靜電容量·絕緣抵抗·誘電正接·溫度上昇·耐電壓特性·破壞電壓의 時間特性(V-T特性) 등에 關해 檢討 하지 않으면 안된다. 또한 corona 發生 電壓과 壽命과의 關係는 chrolinated dephenyle 系에 있어서는 重要한 問題인 것이다.

(B) condenser 의 電氣的 特性을 決定짓는 重要한 要因은 絕緣紙와 含浸劑인 것이다.

絕緣紙에 關해서는 密度·氣密度·두께 pulp 의 化學的 組成·蒸解方法·不純物·混入度等에 依해 品質이 左右되며 이들 要因이 相互 好條件으로 이룩된 絕緣紙라야 한다.

(C) 含浸劑로서는 鹽素化度·純度·溶解性 不純物의 混入 gas 水分의 混入等으로 크게 左右된다. 그런코로 3CD 精製에는 高度의 技術과 設備를 必要로 한다.

3.2 靜電容量의 溫度 特性

油浸紙는 絕緣紙와 含浸劑의 複合體이므로 靜電容量
① 3CD 含浸 ② 5CD 含浸 ③ 礦物油含浸

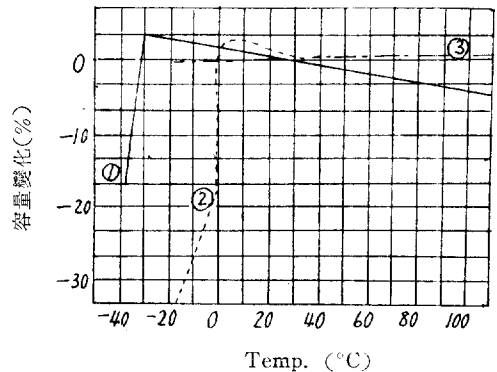


그림 1. Cap. 變化率 - temp. 特性

의 溫度特性은 含浸劑의 誘電率 溫度特性에 依해 決定된다. 그런데 絕緣紙의 誘電率은 溫度에 對해 正特性이지만 3CD는 負特性이다. 따라서 이들의 複合體인 油浸紙의 溫度特性은 兩者의 占有率 및 構成 組織狀態에 依해 正·負 어느쪽이거나 或은 一定值를 나타낸다.

Tri-chlorinated dephenyle 은 各種 chrolinated dephenyle 中 誘電率이 가장 크며 絕緣紙의 纖維 內部에 嵩고 루스며 들기 때문에 複合 含浸劑로서는 가장 理想의 含浸劑이다. 그림 1에서 靜電容量의 溫度特性을 보인 바와 같이 絕緣紙密度關係로 占有率의 差가 있어서 負特性을 나타낸다. 또한 5CD의 粘度는 比較的 크고 流動點이 約 10°C 인 故로 0°C~5°C 附近에서 靜電容量이 急激히 低下되는 反面 3CD는 流動點이 約 -17°C 임으로 靜電容量은 -25°C~30°C 附近에서 減少 된다. 또한 이 特性은 可逆의 이므로 實用上 何等의 問題가 없다. 上記와

* 三和 콘덴서工業 株式會社

같이 3鹽化 dephenyle 은 鹽化 dephenyle 中 誘電率 이 가장 커서 小型 輕量化에 큰 役割을 하는 同時에 低溫度 特性도 良好하여 使用 溫度範圍가 큰 것도 重要한 特徵의 하나이다.

3.3 絶緣抵抗의 溫度特性

一般的으로 含浸劑는 絶緣紙보다 絶緣抵抗이 적고 3CD 는 5CD 나 鑛物油보다 絶緣抵抗이 적은 고로 油浸紙의 絶緣抵抗은 어느程度 低게 된다. 密度가 적은

- ① 3 CD 含浸 ② 5 CD 含浸 ③ 鑛物油含浸

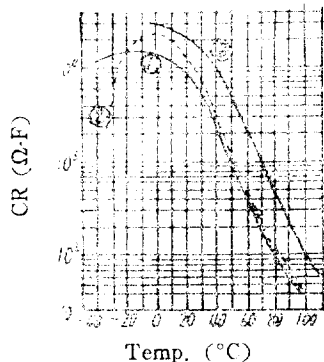


그림 2. CR-temp. 特性

油浸紙는 油層의 並行部가 많고 纖維 構造로서의 迂回 距離가 짧아지기 때문에 相應한 含浸劑의 絶緣抵抗에 依해 油浸紙를 決定해야 한다. 그림 2는 直流 1,000V로 1分間 印加해서 直偏法으로 測定한 絶緣抵抗의 溫度特性을 表示한다. 絶緣이 적다 해도 鑛物油나 5CD 등에 對應한 比較論으로 그 絶對値는 他 電氣 機器보다 훨씬 크다. 또한 이 絶緣抵抗의 數值 그 自體는 condenser의 品質이나 壽命의 良否에 直接關係를 갖는 것은 아니고 OF式(鑛物油)에 비해 DF式(3CD) condenser의 絶緣抵抗이 若干 低다는 事實은 그리 問題될 것이 없다.

絶緣抵抗은 絶緣紙 處理에 있어서 殘留水分이나 含浸劑의 不純物에 依해 影響 받기 때문에 높은 値가 要求되지만 上述한 바와 같이 含浸劑 및 絶緣抵抗의 種類에 依해 顯著히 달라지기 때문에 使用材料가 相異한 condenser에서 絶緣抵抗値를 比較하는 것은 全然 意味가 없는 것이다.

3.4 誘電正接의 溫度特性

(A) 電力用 condenser에 있어서 誘電正接은 corona 發生 電壓과 함께 가장 重要한 特性의 하나이다. 一般的으로 condenser 破壞의 一因은 熱의 不平衡인 고로 誘電正接特性 不良으로 因한 異常溫度上昇은 絶對避하지 않으면 不된다. 特히 電力用 condenser는 容量이 크고 熱放散面積이 限定 되었기 때문에 發熱量은 最少限으로

할 必要가 있다. 特히 condenser를 小型化하면 할수록 使用 周圍溫度가 높을 越過도 考慮해서 高溫度 附近의 誘電正接을 改善할 必要性이 있다.

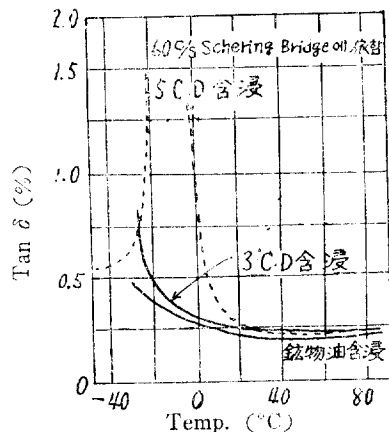


그림 3. Tan δ-Temp. 特性

(B) 絶緣紙와 含浸劑로 構成된 油浸紙의 誘電正接 特性은 當然히 이들 材料의 品質이나 製造 條件에 依해 相異한데 特히 水分·gas·不純物等은 말한 것도 없이 油中에서 分解되는 不純物 같은 것은 高溫度에서의 誘電正接에 顯著한 影響을 준다.

(d) 그림 3은 DF式(3CD) 高壓 condenser와 OF式(鑛物油) 高壓 condenser의 誘電正接을 定格電壓으로 測定한 誘電正接 溫度特性을 나타낸다.

含浸劑의 誘電正接 特性은 一般的으로 鑛物油가 가장 좋고 다음은 5CD, 3CD의 順序이다. 따라서 同一 絶緣紙를 使用하고 同一設計에 依해 前記 3種類의 含浸劑를 含浸 시킨 油浸紙의 誘電正接의 溫度特性 特히 高溫度 誘電正接은 一般的으로 含浸劑의 特性 順序와 同一하다. 그러나 3CD 含浸劑를 使用하더라도 다음과 같은 改善

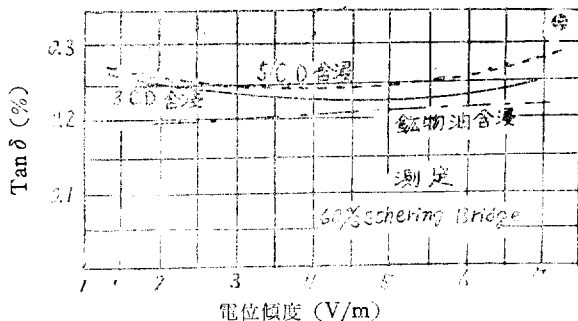


그림 4. 測定溫度와 誘電正接 電壓特性에 依하여 그 誘電正接의 溫度特性을 5CD 含浸 때보다 오히려 좋고 거의 OF式에 가까운 値를 얻을 수 있다.

1. 特殊仕樣 絶緣紙 開發
2. 設計 改善

方法的 改發

3. 最新 精銳 處理 設備에 依한 乾燥와 새로운 含浸
4. 3 CD 精製設備 및 精製方法的 改善
5. 製造 工程 改善으로 不純物 混入 防止

이와 같은 改善의 效果는 단지 誘電正接 改善에만 그치는 것이 아니라 다음에서 말하는 corona 發生 電壓 · 壽命 · 耐電壓 特性等的 改善도 아울러 이룰 수 있는 것이다.

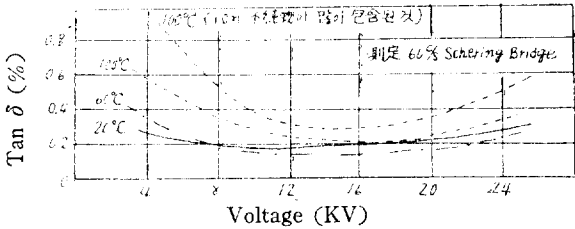


그림 5. Tan δ -V 特性(20°C)

(D) 不燃性油의 異常變化에 關해서는 3.2 項에서 말한 바와 같이 流動點에 依한 差異 때문에 3 CD condenser 는 5 CD condenser 보다 誘電正接 變異點이 低溫에 있고 低溫特性이 良好한 것이다. 그런데 鹽化 dephenyle 含浸 condenser 는 寒冷地方(變異點以下)에서는 使用할 수 없을 것 같으나 3 CD condenser 를 靜電容量 誘電正接의 變異點 附近 或은 그 以下の 溫度에서 電壓을 印加했을 境遇는 誘電正接이 크기 때문에 condenser 의 自己 發熱에 依해 加熱되고 이 變異點은 매우 짧은 時間內에 넘어서서 靜電容量과 誘電正接이 安全한 狀態에서 運轉된다.

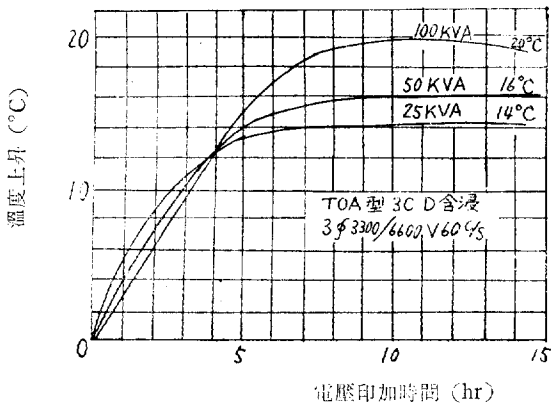


그림 6. 外遊 最高溫度 上昇特性

또한 變異點 以下の 低溫에서 耐電壓試驗 condenser 回路開閉試驗 및 衝擊電壓試驗을 行해도 아무렇지도 않은 것이다.

이와 같은 여러가지 理由로해서 鹽化 dephenyle condenser 의 變異點이 實際 使用面에는 何等 支障이 없는

것이다.

3.5 誘電正接의 電壓 特性

(A) 誘電正接이 印加 電壓에 依해 變化되는 經違는 低電壓에 있어서는 ion에 依한 變化이고, 高電壓때의 誘電正接은 不純物 ion 및 油浸紙中の void에 依한 것이다. 그림 4에는 溫度를 parameter 로한 誘電正接의 電壓 特性을 나타낸 것이다.

그림 4에 依하면 電壓 特性은 溫度가 높을 수록 低電壓에서 顯著하게 變化하고 高電壓이 되어도 漸次로 增大된다. 即 이들 電壓特性은 傳導에 依한 誘電正接의 變化라고 생각 된다. 例컨대 ion 性 不純物이 많이 含有될 境遇는 그림 4의 曲線과 같이 高 · 低電壓에서 더욱 急激히 나빠진다. 따라서 含有 ion 에 不純物의 多少는 이 誘電正接의 電壓特性 特히 高溫度 때의 그것을 利用해서 檢討하는 것이 좋다.

(B) 測定電壓을 急激히 上昇 시키면 誘電正接이 溫度에 關係 없이 極端의으로 나빠지고 電壓을 降下 시켜도 元來의 値로는 되지 않는다. 即 非可逆의 特性을 나타내는 電壓이 있다. 普通 이것은 corona 發生에 依한 不燃性油가 分解 되기 때문인 것이다.

3 CD condenser 는 5 CD condenser 보다도 이 corona 發生電壓이 높아서 condenser 設計時는 이點을 考慮하여 使用 電壓 및 試驗電壓에 對해 充分한 餘裕를 取해야 한다.

DF 式 및 OF 式 高壓 condenser 의 誘電正接 電壓特性을 그림 5에 表示한다.

3.6 溫度上昇 特性

(A) 電力用 condenser 는 熱의 不平衡에 依한 異常 溫度上昇이 破壞의 큰 原因인 故로 溫度上昇은 極力抑

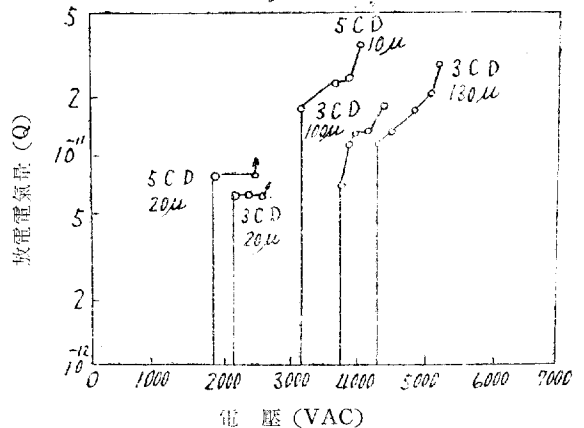


그림 7. 印加電壓—corona 放電 電氣量 (3 CD)

制해야 한다.

一般的으로 高壓 condenser 의 誘電正接은 적지만 KVA 容量이 커지는 만큼 比例해서 熱放散 面積이 커지는

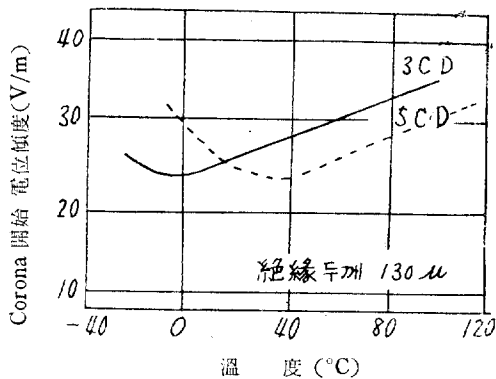


그림 8. Corona 開始電位傾度—溫度特性

않기 때문에 素子(element)의 溫度는 높게 된다. 따라서 溫度 上昇値를 적게 하는 方法으로는

1. 誘電正接을 적게 할 것.
2. 熱放散係數를 크게 할 것.
3. 誘電正接溫度 特性의 最少點을 高溫側에 移行 시켜 溫度 勾配를 緩慢하게 하는 것

등이다.

(B) 3CD 高壓 condenser 에 있어서는 3.4項의 誘電正接의 改善에서 略述한 바와 같이 材料 製法等的 改善과 新案 設計에 依해 誘電正接을 적게 하고 誘電正接의 溫度 勾配를 적게 할 수가 있다.

또한 3CD 는 粘度가 얇으므로 對流에 依한 內部溫度 分布의 均一化와 放熱에 對해서도 冷却效果를 올릴 수 있다.

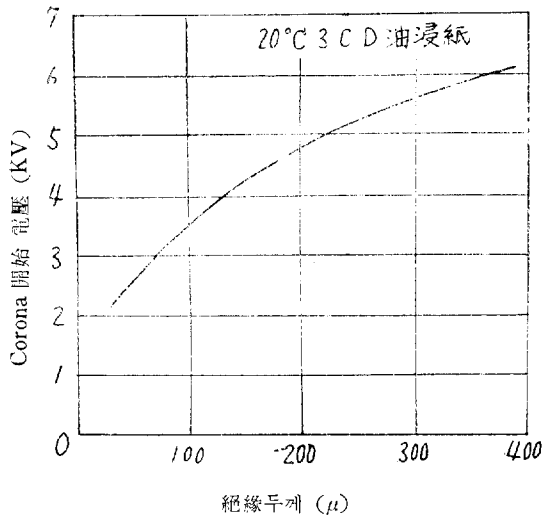


그림 9. Corona 開始電壓과 絶緣 두께

(C) 그림 6 에는 3CD 高壓 condenser 의 溫度上昇

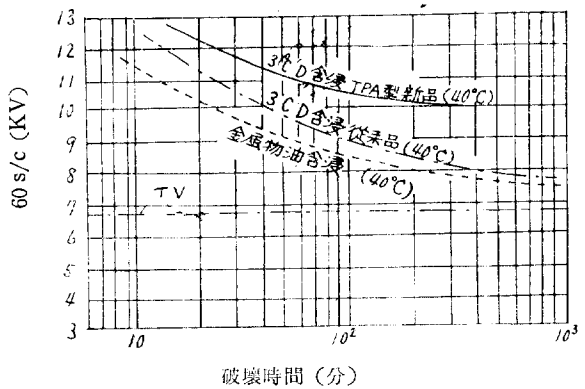


그림 10. 交流破壞電壓—時間特性

特性을 나타냈다.

溫度上昇의 限度는 外壁 最高溫度部에서 測定해 그 1. 昇値가 30°C (KS-C 參照)로 規定하고 있다.

이것은 condenser 材料의 耐熱性에 依해 論議될 問題로 周圍溫度 condenser 와 內外의 溫度勾配 如何에 따라 그 condenser 壽命에 크게 影響 되는 것이다. 이 關係를 式으로 表示하면 다음과 같다.

$$80 \sim 85^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C} + 25 \sim 30^{\circ}\text{C} + 15^{\circ}\text{C}$$

↑ 誘電體溫度 ↓ 周圍溫度 ↑ 溫度上昇 ↓ 內外部 溫度勾配

即 誘電體 溫度를 알게 하려면 溫度上昇 以外에 內外部 間溫度勾配를 적게 하는 것도 重要한 問題이다.

4. Corona 發生 電壓 및 壽命

(A) 電氣機器의 絶緣耐力과 壽命을 究明하려면 絶緣物의 corona 特性을 檢討할 必要가 있다. Condenser 의 耐電性 特히 高壓 condenser 와 같이 絶緣物의 두께가 두꺼운 것의 交流 破壞電壓은 油浸紙의 耐電壓強度가 純粹하지 못하고 ion 化에 依한 corona 破壞가 附隨되어 油浸紙 自身의 耐電壓보다도 낮은 電壓으로 破壞된다. 이 corona 破壞는 주로 電界強度가 강한 電極端面 又は 引出 리드板附近에서 일어난다. 故로 電極(aluminum 箔)의 두께·絶緣紙와 aluminum 箔과의 幅差, 即 沿面距離를 合理的으로 取하고 引出 lead 板의 絶緣保護를 強化 시키는 設計가 必要하다.

(B) Corona 發生은 油浸紙中の void 의 有無 및 그 形狀에 따라 差異가 크다.

Corona 發生과 void는 惡循環的 傾向이 있기 때문에 製造上의 眞空 處理工程 諸 條件에 關해서는 이들을 考慮해서 充分한 處理를 必要로 한다.

(C) Condenser 材料中 corona 發生에 關係 깊은 것으로는 含浸劑와 絶緣紙 密度 및 두께가 있다. 그림 7 은 各種 絶緣 두께와 含浸劑 種類에 따른 印加電壓과 corona 放電 電氣量을 나타낸다.

그림 7에 의해 5 CD 油浸紙보다는 3 CD 油浸紙 쪽이 corona 發生電壓이 높음을 나타낸다. 이것은 주로 含浸劑의 粘度에 關係되는 것으로 兩者의 溫度特性을 그림 8에 表示한다.

그림 8에 의해 약 10°C 以上에서는 3CD 쪽이 corona 開始電壓이 높다. 이것은 3 CD와 5 CD의 曲線을 約 40°C 내려가게 하면 大體로 3 CD와 5 CD가 一致된다. 即 粘度가 同一하면 3 CD와 5 CD 油浸紙의 corona 開始電壓은 同一하게 된다.

電力用 condenser의 使用狀態 및 自己發熱에 依해 內部溫度는 周圍溫度가 特別히 낮지 않은限 普通 10°C 以下일때는 別로 없는 것이다. 故로 3 CD 쪽이 5 CD에 比해 優秀한 含浸劑이다. 그림 9에는 3 CD 油浸紙의 絶緣 두께와 corona 開始電壓의 關係를 나타낸다.

3.5 項에서 말한바와 같이 ion 化에 依한 鹽化 dephenyle의 分解가 일어나 誘電正接이 急激히 나빠지고 재자리로 復歸하지 않기 때문에 從來로부터 電力用 condenser의 壽命 推定의 하나로 破壞電壓時間特性(V-T 特性)을 利用한다. 이 特性은 corona 開始電壓 및 誘電正接特性과 크게 關係되는 것으로 그 一例를 그림 10에 表示한다.

5. 二電壓 切換型

近來 電力會社에서 配電電壓을 6,600 KV로 昇壓 시키는 事業이 推進 되고 있으므로 이에 追從해서 condenser의 定格電壓도 3300/6600 V 兩用型으로 開發되고 있다.

即 이것은 端子의 接續 變更으로 同一 KVA 容量을 維持하면서 簡單히 2電壓으로 切替할 수 있다.

6. 放電抵抗 內臟型

(A) 電力用 condenser를 回路에서 開放했을때 變壓器나 電動機에 直接 接續 되어 放電回路를 갖고 있는 外

에는 殘留電壓이 남게 되는데 이 電壓值은 開放時의 位相에 따라 다르지만 最高 $\sqrt{2}$ V 까지 될수 있다.

萬一 再投入할 境遇 投入電壓의 極性이 殘留電壓의 極性和 相異하면 condenser에는 過大한 過電壓이 걸리게 된다.

이와 같은 境遇는 放電裝置를 並列로 接續할 必要가 있기 때문에 工業規格에도 放電線輪에 對한 規定이 있는 것이다.

그러나 小容量 condenser에 對해서는 放電線輪의 價格이 比較的 높고 그 設置가 複雜하기 때문에 放電裝置 自臟型이 要望된다. 그런데 放電裝置內臟型에 있어서는 抵抗에 依한 I²R 損失때문에 condenser 開路와 同時에 放電 시킬수는 없고 I²R 損失이 tan θ 의 10% 以下가 되도록 하기 때문에 5分間에 50V 以下로 降下 시키기 爲한 相當한 抵抗値를 넣어야 한다.

(B) 3 CD 含浸高壓 condenser에서는 放電抵抗을 內臟하고 있기 때문에 放電線輪를 따로 設置할 必要는 없다.

이 抵抗體는 特히 3 CD 中에서 長年月 使用해도 異常이 없고 抵抗値가 溫度나 電壓 등의 變化에 影響을 거의 받지 않고 condenser 開閉 surge에도 充分히 견디는 것이다. condenser 特性에 있어서는 放電抵抗이 없는 거나 거의 같지만 相間 絶緣抵抗은 放電抵抗體의 抵抗値에 依해 決定되고 condenser 素體가 갖는 本質的 特性과는 相異한 結果를 나타낸다. 따라서 KSC(案)에서도 이와 같은 意味로 相間 絶緣抵抗値를 規定하지 않고 있다.

우리나라에서는 1963 年末頃 三和 condenser 工場이 新設됨으로써 처음으로 電力用 condenser를 製作하게 되고 여기에 使用된 含浸劑는 上記한 不燃性 絶緣油인 tri-chlorinated dephenyle (略해서 3 CD라함)이다.

(1964年 8月 24日 接受)