



洞放電，觀察局部放電量的變化趨勢。然而，也許受限於試片數量或是不同修條件，這些文獻中之劣化趨勢缺乏一致性。

基此，本文擬模擬前述文獻之試驗情況，在相同的環境下，觀察不同試片於過壓情況下之局部放電量的變化趨勢，期能找出較佳之劣化指標，供檢測人員使用。

## 2、試驗架構

本文使用標準測試法[6]之接線(如圖 2 所示)進行量測。圖中之  $Z$  為 40 mH 之電抗器，用以濾除由系統來之干擾訊號， $C_k$  為 850 pF 之標準電容器，使用之儀器為 LDWD-6。實際接線圖示於圖 3。

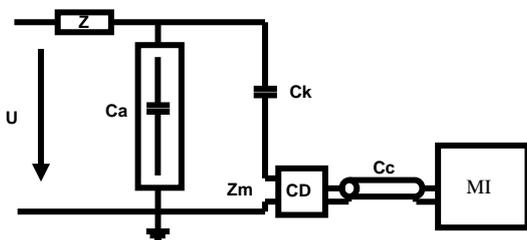


圖 2 接線示意圖



(a) 加壓設備、耦合設備及待試物 (b) 量測設備

圖 3 接線圖

由於目前較常見使用局部放電量測進行檢測之設備為模鑄式變壓器，故本試驗即使用變壓器廠之樹脂材料進行試片之灌鑄。試片尺寸為 150 公釐 X 150 公釐，厚度為 20 公釐，為求加速劣化，使用尖狀電極，加強局部之電場強度，尖狀電極與平板電極之間距為 0.5 公釐，如圖 4 所示。

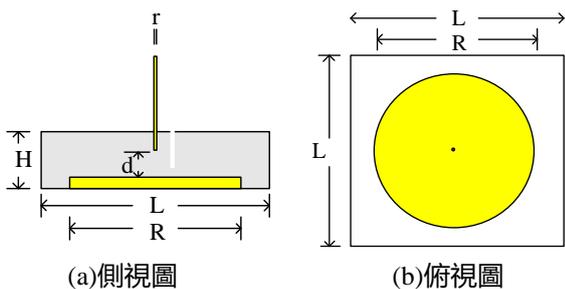


圖 4 試片尺寸

因為常見之模鑄式變壓器的線圈模鑄方法有二：一為線圈僅單純樹脂灌鑄，並於最外層加玻璃纖維強化機械強度；一為於線圈繞製時，即加玻璃纖維或雲母片進行強化。基此，本文之試片亦做成二種型式，一為兩電極間僅靠樹脂絕緣，另一為兩電極間尚加入玻璃纖維加強絕緣，如圖 5 所示。



(a) 單純樹脂

(b) 有玻纖

圖 5 試片

本試驗進行時，將試片、電極與端子夾皆至於絕緣油中，以避免加壓過程中，針狀電極之裸露部份之表面電場強度過大，致使發生電暈放電現象，如圖 6 所示。



圖 6 試片擺置 (紅線為高壓導線，黑色為接地線)

## 3、量測數據

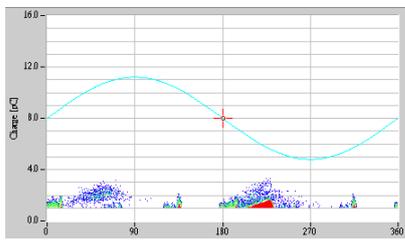
針狀電極與平板電極之設計距離為 0.5 公釐，但因為試片為大量製造，故在製造過程中難免有誤差出現。基此，每塊試片電極間之實際距離並不一定，致使每塊試片之耐壓程度不同。由於電極之實際間距並無法測得，而不同之過電壓狀態將會影響劣化速度。因此，本試驗之劣化趨勢量測中，時間軸僅能用以參考，並無法供做量測間隔之評估。

由於每片試片之耐壓程度不同，故本試驗隨機選用一塊試片進行起始放電電壓之量測，以該放電電壓之 2 倍電壓作為過電壓之大小。

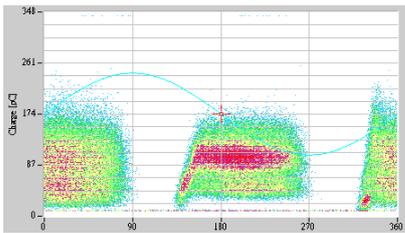
單純樹脂試片之放電量較大，故放電量超過 20 pC 時之電壓為起始放電電壓。圖 7 為選用之單純樹脂試片於起始放電電壓時之放電圖譜，及電壓為 2 倍起始放電

電壓之放電圖譜。單純樹脂試片之劣化趨勢結果示於圖 8，圖中之藍線為局部放電量，綠色為每秒放電次數。如前所述，每片試片過壓情形不一樣，故劣化速度之比較在此並無意義，故圖 8 並未展現加壓全程之劣化變化，僅列出試片崩潰前之局部放電特性變化。

由圖 8 中可觀察到，在試片崩潰前，局部放電量並非會維持一定值（圖 8a）或持續上升（圖 8b），故單純由放電量進行判斷時，容易造成誤判。基此，由圖中可觀察到崩潰前的一個特徵為每秒內之放電次數激增。雖然圖中不易觀察出放電次數激增至試片發生崩潰的時間差有多少，但仍可供作為絕緣劣化嚴重之警訊。

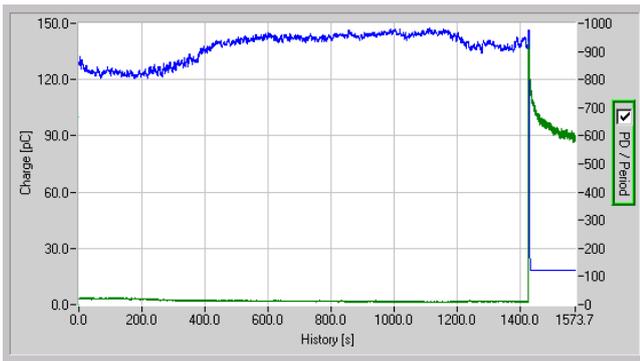


(a) 施加電壓為 5 kV

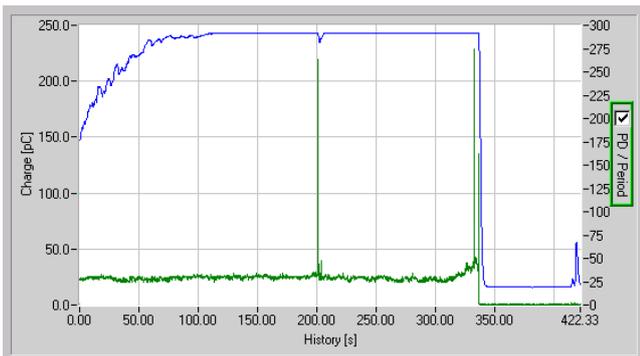


(b) 施加電壓為 10 kV

圖 7 試片 1 之放電圖譜



(a) 試片 1

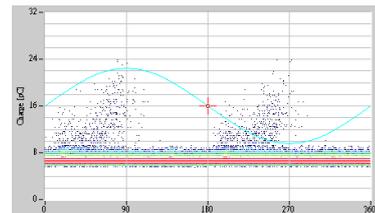


(b) 試片 2

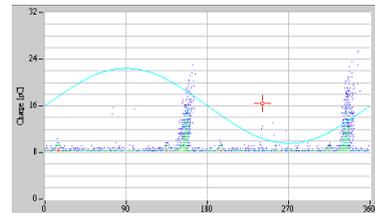
圖 8 純樹脂試片之局部放電量、重覆次數與時間之關係

具玻璃纖維之樹脂試片之放電量較小，選擇放電量超過 10 pC 時之電壓為起始放電電壓。圖 9 為選用之電極間具有玻璃纖維之樹脂試片於起始放電電壓及 2 倍起始放電電壓時之放電圖譜。具玻璃纖維之樹脂試片的劣化趨勢結果示於圖 10，圖中之藍線為局部放電量，綠色為每秒放電次數。如前所述，圖 10 並未展現加壓全程之劣化變化，僅列出試片崩潰前之局部放電特性變化。

由圖 10 中可觀察到，在具玻璃纖維之樹脂試片在崩潰前，局部放電量並非會維持一定值或持續上升，故由放電量進行劣化狀態之辨析時，不易作出決擇。然而，由圖中可觀察到崩潰前的一個特徵為每秒內之放電次數激增，與圖 8 之趨勢相同。雖然圖中不易觀察出放電次數激增至試片發生崩潰的時間差有多少，但仍可供作為絕緣劣化嚴重之警訊。

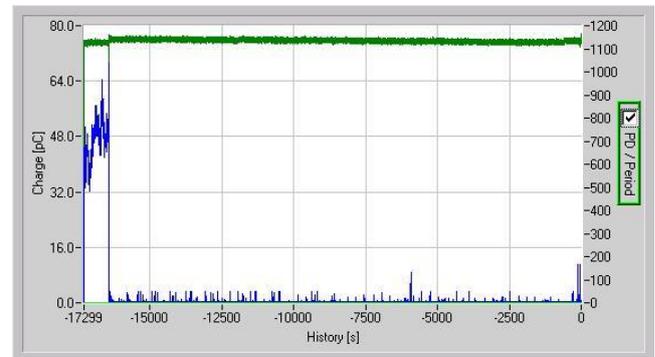


(a) 施加電壓為 4.5 kV

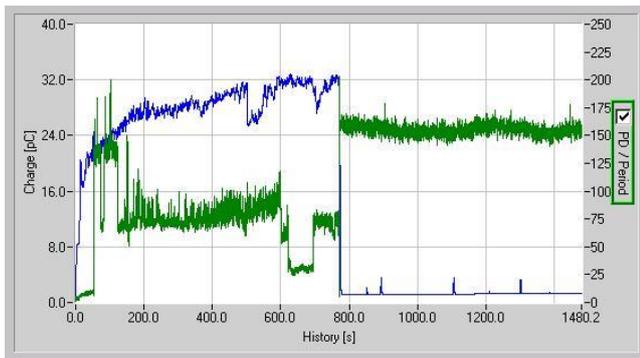


(b) 施加電壓為 9 kV

圖 9 具玻纖之試片 3 之放電圖譜



(a) 試片 3



(b)試片 4

圖 10 具玻纖之樹脂試片的局部放電量、重覆次數與時間之關係

綜合前述試驗，單純由局部放電量測並不易瞭解絕緣劣化之程度。若能搭配每秒之放電次數進行劣化趨勢之比對，則較能提早預知絕緣材料崩潰。

此外，圖 7 及圖 9 可觀察到，在 2 倍起始放電電壓時，放電角度會變寬或前移。因為絕緣材料劣化後之崩潰電壓會降低，故在相同跨壓下，劣化區域之相對過壓情形或許會增加。基此，觀察放電區域之變化，或可做為劣化趨勢之預警訊號。

#### 4、結論

由於試片之設計及製造考量不完整，至使無法明確瞭解試片之耐電壓程度，造成無法比較不同過電壓情形對劣化速度之影響。此外，本文為求加速劣化，故以 2 倍起始放電電壓加於試片，導致崩潰時間過快，喪失許多細節。與其它文獻比較，本文使用之試片劣化速度過快，許多文獻中提及之特性在本文中皆沒有被觀察到。

由第三節的有限樣本中（圖 8 及圖 10），不論是何種試片，局部放電量之趨勢在試片崩潰前皆未有明顯變化，即單由局部放電量並不容易檢測出絕緣材料的劣化程度。但在試片崩潰前一小段時間，每秒之局部放電次數皆有明顯增加的情形。此點可做為劣化趨勢之預警訊號。與文獻相比較，此現象為電樹長成，故局放量快速下降，但由於電樹主幹成形後，會往四週擴散，故此時重覆率會增加。

圖 7 及圖 9 顯示，在過電壓情形較嚴重時，放電區域會變寬或前移。考慮實際情形中，因為絕緣材料劣化後之崩潰電壓會降低，故在相同跨壓下，劣化區域之相對過壓情形或許會增加，故或可輔以放電區域用以辨識

絕緣劣化之程度。

因為本試驗之試片及試驗方法皆有所不足之處，故無法確實掌握試片之過電壓狀態。因此，試驗結果仍無法有效推估試片之劣化速度，亦無法用以決定檢測之間隔。

綜上所述，應用局部放電檢測絕緣材料之劣化程度，除了觀察有無發生局部放電外，放電量之大小並無法提供足夠資料判斷設備的劣化程度，另應輔以放電次數及放電角度的變化趨勢，方能有效辨別劣化程度。

#### 5、參考文獻

- [1] 李長興，邱敏彥，黃智賢，吳明學，顏世雄，“比壓器絕緣特性診斷方法差異之研究”，中華民國第 26 屆電力工程研討會，9-10 Dec, 2005
- [2] “Maintenance Testing Specifications for Electrical Power Distribution Equipment and System”，InterNational Electrical Testing Association.
- [3] L. A. Dissado, J. C. Fothergill, “Electrical Degradation and Breakdown in Polymers”，IEE MATERIALS AND DEVICES SERIES 9.
- [4] R. Vogelsang, B. Fruth, T. Farr, K. Fröhlich, “Detection of electrical tree propagation by partial discharge measurements”，15th International Conference on Electrical Machines, August, 2002, Brugge-Belgium