

出國報告 (出國類別：實習)

# 變電設備不停電預知診斷維護技術 及制度實習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：蘇華宗 電機工程監

派赴國家：美國

出國期間：95.06.17 95.06.30

報告日期：95.08.23

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：變電設備不停電預知診斷維護技術及制度實習

頁數 33 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

蘇華宗/台灣電力公司/業務處/十一等電機工程監/(02)23666698

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：95.06.17 95.06.30 出國地區：美國

報告日期：95.08.23

分類號/目：

內容摘要：

電力設備由於運轉操作、使用年數、使用頻度及使用環境等影響，會逐年發生劣化，進而發生故障或事故，世界各國皆投入大量的人力從事設備維護及研究故障預測的診斷技術。一般變電設備之預知診斷維護技術皆先利用不停電方式監測設備有無異狀，如有發現異常狀況再進一步作停電檢測。

目前美國電力公司使用之變電設備不停電預知診斷技術種類繁多，諸如紅外線熱影像分析、油中氣體分析、部分放電測試、紫外線電暈檢測以及有載分接頭切換器溫度差異監視系統等。整體而言，變電設備不停電預知診斷監視系統之技術障礙在過去幾年來已逐漸克服，而且價格也逐漸降低，然而準確性與成本效益仍然是美國各電力公司考量是否使用之主要因素。

上傳至出國報告資訊網(<http://report.nat.gov.tw/work>)。

# 變電設備不停電預知診斷維護技術及制度實習

## 目 錄

壹、研習目的.....	1
貳、研習過程.....	1
參、前言.....	1
肆、美國電力公司變電維護技術應用 .....	3
一、變電設備維護檢測方式 .....	3
二、不停電監測種類 .....	4
三、變電設備維護週期 .....	7
四、測試方法與測試標準 .....	9
五、不停電預知診斷維護技術應用 .....	9
六、其他應用.....	21
伍、Siemens 公司線上診斷監視系統.....	22
一、線上診斷監視系統目的 .....	22
二、線上診斷監視系統偵測項目 .....	23
三、線上診斷監視系統元件 .....	23
四、感應器種類型式 .....	24
五、線上診斷監視系統架構 .....	24
陸、心得與建議.....	28
一、心得.....	28
二、建議.....	29

## 壹、研習目的

為提昇各區營業處二次變電所變電設備預知診斷維護技術，使維護工作由預防性維護逐步轉化為預知性維護，以期在不停電下能診斷預知設備之異常情況，防範事故於未然。本次出國至美國太平洋瓦斯電力公司、美國電力研究學會及西門子電力輸配電公司研習相關維護技術經驗與作法。

## 貳、研習過程

### 一、出國期間

95年06月17日 95年06月30日（計14天）

### 二、研習行程

(一) 95.06.17：往程（台北至舊金山）

(二) 95.06.18 95.06.28：

赴美國太平洋瓦斯電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E) 美國電力研究學會(Electric Power Research Institute, EPRI)及西門子電力輸配電公司(Siemens Power Transmission & Distribution, Inc.)等機構研習變電設備不停電預知診斷維護技術及制度。

(三) 95.06.29 95.06.30：返程（舊金山至台北）

## 參、前言

電力設備由於運轉操作、使用年數、使用頻度及使用環境等影響，會逐年發生劣化，進而發生故障或事故。早期變電所設備維護採事後維護(break-down maintenance)，即發生故障後才進行修理。

後來發展為預防維護(preventive maintenance)，即事先安排一定時間進行大修或更換零件，以防止突發事故。近年則採用預知維護(predictive maintenance)，於日常運轉中實施不停電預知診斷維護，從設備之外部發覺其異常徵兆，事先預知其嚴重性，在未發生故障前予以處理。

由於電力需求日益增加，使得電力設備所使用的絕緣材料所承受的電氣應力與日俱增，設備使用的壽命往往取決於絕緣材料的絕緣強度，目前世界各國皆投入大量的人力從事設備維護及研究故障預測的診斷技術。

美國電力公司應用於變電設備預知診斷維護技術常見的有紅外線熱影像分析、油中氣體分析、部分放電測試、紫外線電暈檢測以及有載分接頭切換器溫度差異監視系統等。其中，紅外線熱影像分析與油中氣體分析之技術較成熟；而部分放電因現場干擾因素較多，且放電位置之定位準確性仍有待突破，致尚未能普遍應用，但未來應用部分放電技術檢測電力設備之絕緣劣化具有相當之潛力。

另外，美國太平洋瓦斯電力公司(Pacific Gas & Electric Company, PG&E)使用相當多之有載分接頭切換器溫度差異監視系統(Temperature Differential Monitoring, TDM) 具有不錯之成效，值得本公司學習並逐步視需要開發引進。

## 肆、美國電力公司變電維護技術應用

### 一、變電設備維護檢測方式

變電設備是由機械、電氣和化學等系統組合而成，因此沒有一個單項試驗可以用來決定設備之異常狀況。一般變電設備之預知診斷維護技術皆先利用不停電方式監測設備有無異狀，如有發現異常狀況再進一步作停電檢測。下列係美國電力公司現行不停電與停電檢測之方式：

#### (一) 不停電檢測方式 ( Non-outage Tests )

1. 紅外線測溫 ( Infra-red Emissions )
2. 部分放電檢測 ( Partial Discharge )
3. 油中氣體分析 ( Dissolved Gas Oil Analysis )
4. 震動分析 ( Vibration Analysis )
5. 有載分接頭切換器檢測 ( Tap Changer/Selector Condition )
6. 箱體狀態 ( Tank Condition )
7. 油中含水量分析 ( Water Content Analysis )
8. 紫外線電暈檢測 ( Ultraviolet Emissions )

#### (二) 停電檢測方式 ( Outage Tests )

1. 介質電力因數 ( Power Factor )
2. 頻率響應分析 ( Frequency Response Analysis )

3. 激磁電流 ( Magnetic Current )
4. 繞組電阻 ( Winding Resistance )
5. 線圈匝比 ( Turns Ratio )
6. 心體與本體絕緣電阻 ( Core to Frame Resistance )
7. 套管狀態 ( Bushing Condition )

## 二、不停電監測種類

一般不停電檢測(test)係利用可攜式(portable)試驗設備在現場量測，而不停電監測(monitors)則是針對設備作長期監視量測分析並可發出異常警報(alarm)之功能。下列係油中氫氣監測、油中氣體分量監測、溫度監測、油泵性能監測、油中含水量監測、部分放電監測、有載分接頭切換器監測、套管監測等不停電監測方式之優缺點分析：

### (一) 油中氫氣監測(Gas-In-Oil Hydrogen Sensors)

1. 操作容易、性能優越，依據氫氣成長趨勢可作早期預警。
2. 可應用於各型變壓器溫度與機械方面之故障檢測。
3. 可偵測電弧、部份放電和過熱。
4. 可作連續監測，惟需定期校正，另使用壽命尚無定論。

### (二) 油中氣體分量監測(Multi Gas-In-Oil Sensors)

1. 可提供比油中氫氣監測更多之資訊諸如：電弧、過熱、部分

放電和油絕緣老化。

2. 價格昂貴，惟為符合成本效益可裝在重要之變壓器或懷疑有問題之變壓器。
3. 長期可靠度仍未明確，需要定期校正。
4. 近幾年來油中氣體分量監測之技術研發已逐漸緩慢。

### (三) 溫度監測(Temperature Sensors)

1. 過載期間可提供運轉狀態評估之依據，使變壓器容量可以作最大之利用。
2. 電阻式之溫度裝置具有高準確性與可靠度。
3. 可正確量測到熱點溫度，而且依溫度指示器可提供使用壽命與負載相關資訊。
4. 屬於直接量測之裝置，不適合裝在高壓位置，僅能裝在油槽部位。

### (四) 油泵性能監測(Oil Pump performance Sensors)

1. 利用壓力流動之差異性瞭解油泵之運轉與性能。
2. 葉片形式之油流指示器可確認運轉情形。
3. 音頻油泵軸承損耗偵測器可定期讀出軸承損耗情形，惟僅適用於套管型軸承。

### (五) 油中含水量監測(Water-In-Oil Sensors)



1. 油中含水量監測可評估絕緣油介質強度。
2. 感應器之性能良劣係依據油溫、含水量和感應薄膜之特性。
3. 依實驗室測試顯示，不同廠牌之感應器其性能在油中會有不同，在空氣中則相同。

#### (六) 部分放電監測(Partial Discharge Monitors)

1. 可監測絕緣狀態，具早期偵測、預防絕緣破壞。
2. 音頻式的內建檢測器比外掛的檢測器有較好的靈敏度，惟內建檢測器不可裝置在有高電應力之位置。
3. 電氣式的監測方式比音頻式的監測方式靈敏，但是音頻式的監測方式裝置在現場則有較佳的效果。

#### (七) 有載分接頭切換器監測(Load Tap Changer Monitors)

1. 監測有載分接頭切換器之溫度差異性來評估 OLTC 狀態。
2. 有載分接頭切換器運轉溫度在正常情況下比主變本體溫度低。
3. 溫度差異監測(Temperature Differential Monitoring, TDM)裝置方式簡單，而且效果良好。

#### (八) 套管監測(Bushing Monitors)

1. 可允許在系統電壓下量測介質電力因數和部分放電。
2. 線上量測比傳統停電量測更準確。

3. 利用不停電偵測可發現更多之部分放電和介質電力因數劣化情形。

整體而言，變電設備不停電預知診斷監測系統之技術障礙在過去幾年來已逐漸克服，而且價格也逐漸降低，然而準確性與成本效益仍然是美國各電力公司考量是否使用之主要因素。

### 三、變電設備維護週期

變電設備維護方式可分為兩種，一種為定期維護（Time Based Maintenance, TBM）亦即傳統維護作業方式，依設備製造廠商或電力公司所訂之維護週期，定期實施維護作業，人力花費較多且需安排停電作業。另一種方式為狀態維護（Condition Based Maintenance, CBM）可在不停電下監測設備運轉狀態，如有異常再及時實施維護工作，可減少工作停電及維護人力並可有效防範事故發生。

美國太平洋瓦斯電力公司目前之變電設備維護方式係以狀態維護為主而定期維護為輔之方式。以主變壓器為例，每一個月實施目視檢查(Visual Inspection)一次，每年作一次油含水量、油中氣體分析及紅外線測溫（ Infra-red Emissions ），而有載分接頭切換器 OLTC 則每年作一次油含水量及油耐壓並加裝溫度差異監測(TDM)，如有異常才會停電作進一步檢查及其他介質電力因數或絕緣電阻等之特性試驗。變電設備維護週期如表 1

表 1 變電設備維護週期

項目	週期	備註
不停電巡檢：		
本體外殼	每月	
有載分接頭切換器	每月	
輔助設備	六個月	
不停電測試：		
電暈放電	五年	
紅外線測溫	每年	
本體油中氣體分析	每年	油中氣體有異常需縮短頻率
本體絕緣油特性試驗	三年	
本體油中聚合分析	每年	
OLTC 絕緣油耐壓	每年	
OLTC 絕緣油含水量	每年	
油泵狀態	每年	
監控設備表計類	隨時	設備異常時會有警報
部分放電	三年	每三年測試基線資料,如油中氣體有異常則再作測試
聲音監測	三年	配合震動分析實施
震動分析	三年	設備有異常或機件鬆脫可由震動頻譜顯示出來
停電試驗：		
介質電力因數	必要時	
變壓器匝比試驗	必要時	設備有修理 調整或內檢時實施
激磁電流試驗	必要時	設備有修理 調整或內檢時實施
頻率響應分析	必要時	需建立頻率響應背景值
停電主要維護：		
有載分接頭切換器內檢	依設備狀態	依據操作次數 檢查結果或有故障時實施
主變壓器內檢	依設備狀態	依據設備檢查 試驗結果或有故障時實施

#### 四、測試方法與測試標準

變電設備維護依設備狀態之測試方法與測試標準如表 2，其可使用之診斷維護方式如表 3。

#### 五、不停電預知診斷維護技術應用

##### (一) 不停電診斷監視系統分類

###### 1. 簡單系統

簡單監視系統監視到有異狀會啟動警報系統，進而啟動更多的密集試驗工作，例如油中含水量與油中氣體監視系統等。

###### 2. 具分析功能之簡單系統

具分析功能之簡單系統通常具有趨勢分析能力與警報功能，對設備維護應用和設備壽命之延長具有相當好之功效，例如油中含水量、油中氣體及部分放電等。

###### 3. 具分析與診斷能力之監視系統。

通常該類系統皆加入人工智慧及專家系統，對於重要變電設備之維護運轉相當有助益。例如油中含水量、部分放電、油中氣體與直接熱點量測或熱分析等。

##### (二) 不停電預知維護目的

1. 評估設備使用現狀
2. 減少維護費用

表 2 依設備狀態之測試方法與測試標準一覽表

設備狀態	測試方法與標準							
	ASTM D3612 油中氣體 分析	ASTM D877& D1816 油耐壓	ASTM D1533 油中含水量	ASTM D924 油介質 電力因數	IEEE Std. 12.90 part 10.10 絕緣介質 電力因數	紅外線 掃描	內檢	油氣密 試驗
絕緣紙含水量	√	√	√		√			
繞組線圈過熱	√							
心體過熱	√							
分子雜質污染			√					
氧化或化學污染			√	√	√			
OLTC 接點過熱	√		√			√		
套管異狀					√	√		
繞組短路							√	
焊道或襯墊洩漏								√
部分放電	√	√	√	√	√		√	
絕緣異狀	√	√			√		√	
散熱性能	√					√		
OLTC 異狀	√		√			√	√	
油中含水量		√	√		√			

表 3 依設備狀態可使用之診斷維護方式

設備狀態	診斷維護方式							
	油溫度	不停電監測	特性試驗	線上感應 試驗	絕緣紙聚 合試驗	低壓激 磁電流	頻率響 應分析	絕緣測試
絕緣紙含水量		含水量						
繞組線圈過熱		氣體檢測						
心體過熱		氣體檢測						
分子雜質污染				√				
氧化或化學污染			√					
OLTC 接點過熱	√	油溫差異性						
套管異狀		介質電力因數						
繞組短路		震動監測	√	√		√		√
焊道或襯墊洩漏								
部分放電		部分放電	√	√				
絕緣異狀				√	√			
散熱性能	√	溫度監測						
OLTC 異狀	√							
油中含水量		√						
繞組移動							√	

3. 預估設備使用壽命
4. 提升工作人員安全
5. 收集基線(Baseline)資料

### (三) 不停電預知維護技術

1. 應用多重技術(Multi-Technology)
2. 資訊整合技術(Information Integration)
3. 決策與行動(Decision Making & Action)

### (四) 應用預知維護之變電設備

1. 電力變壓器、有載分接頭切換器及冷卻系統
2. 斷路器
3. 電壓調整器
4. 避雷器、比壓器及比流器
5. 隔離開關與接地設備
6. 變電直流系統
7. 其他變電設備

### (五) 不停電診斷監測設備

美國電力公司使用之不停電預知維護診斷監測設備之種類相當多，下列僅就目前本公司尚未使用或使用尚不成熟之設備作一介紹。

## 1. 有載分接頭切換器溫度差異監視系統

有載分接頭切換器溫度差異監視系統 (Temperature Differential Monitoring, TDM) 係利用兩個溫度感應器 (Sensors) 與一個資料收集分析器。兩個溫度感應器分別裝置於變壓器本體外箱上與有載分接頭切換器 (OLTC) 外箱上，如圖 1。

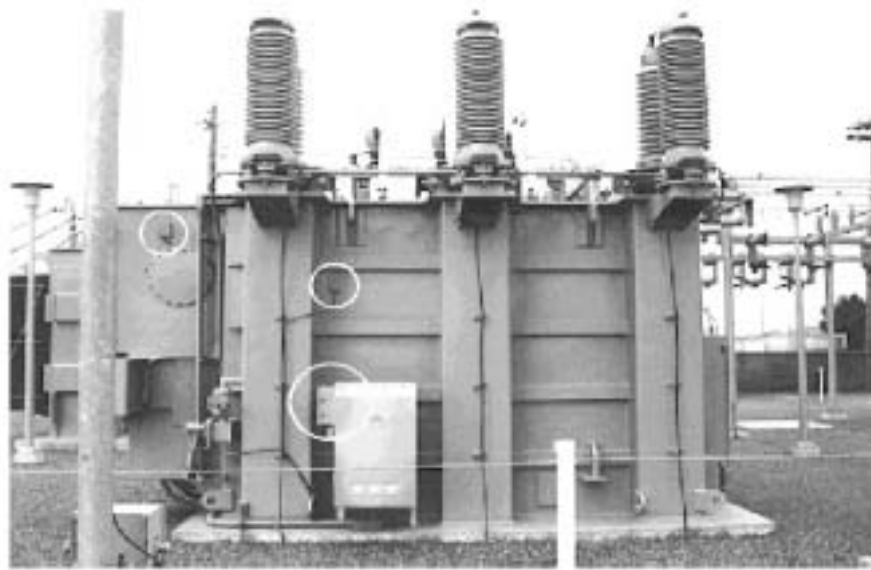


圖 1 TDM 感應器裝置於變壓器本體與 OLTC 外箱

此兩個感應器分別監視主變壓器本體溫度與有載分接頭切換器之溫度，並將溫度值傳送至資料收集分析器記錄分析。由於主變壓器本體有繞組線圈會發熱，因此正常狀況下主變壓器本體溫度會高於有載分接頭切換器溫度。如果有載分接頭切換器溫度高於主變本體溫度即表示有載分接頭切換器有異常，此時資料收集分析器會發出警報送到控制中心，由調度人員作進一步之處理。圖 2 係主變本體與有載分接頭切換器



正常溫度差異曲線。圖 3 係主變本體與有載分接頭切換器異常溫度差異曲線。

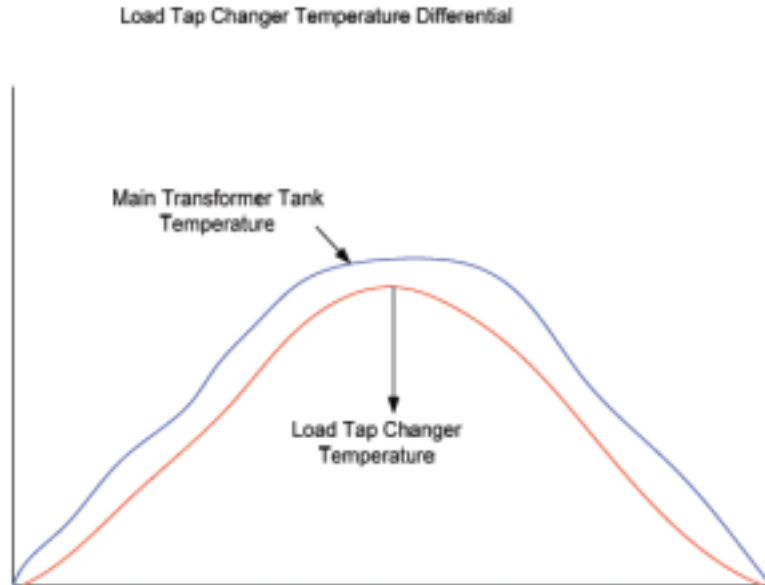


圖 2 主變本體與 OLTC 正常溫度差異曲線

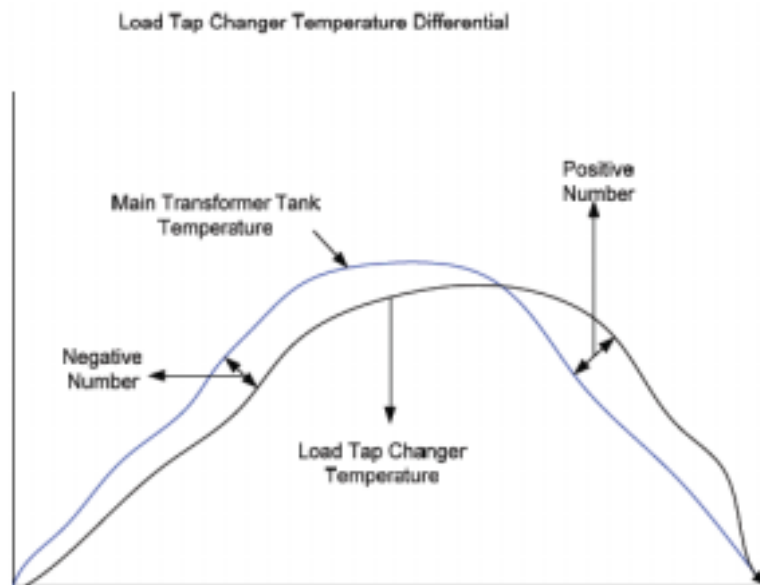


圖 3 主變本體與 OLTC 異常溫度差異曲線

由於整個主變壓器只有有載分接頭切換器有可動接點，其他部分皆為靜態接點，從技術觀點而言，有載分接頭切換器故障機率較高。因此，只要將有載分接頭切換器維護好，整個變壓器之故障率將可降到最低。本系統在美國太平洋瓦斯電力公司(Pacific Gas & Electric Company, PG&E)使用相當多，而且成效良好，PG&E 不但提供其作法相關資料並極力推薦本公司使用。

## 2. 變壓器聲音監視系統

本系統係監視變壓器產生之聲音水平(Sound Level)，並記錄其成長趨勢，如果變壓器之聲音有增加 6db 到 10db 之噪音，則顯示變壓器可能有異常，應作進一步檢測。在 120Hz 監測系統，聲音讀值之感應器係裝在變壓器四周離本體 6 呎處，如圖 4。

## 3. 震動分析監視系統

變電設備使用愈久，產生震動愈大，震動愈大將導致絕緣材料磨損，並有局部過熱現象，使耐受故障電流之能力降低。

另外，震動過大也會導致漏油或漏氣。圖 5 係監測電力變壓器震動之例子，其感應器係裝在離心體底部 5 呎且距離變壓器箱體轉角處各 18 呎的位置。

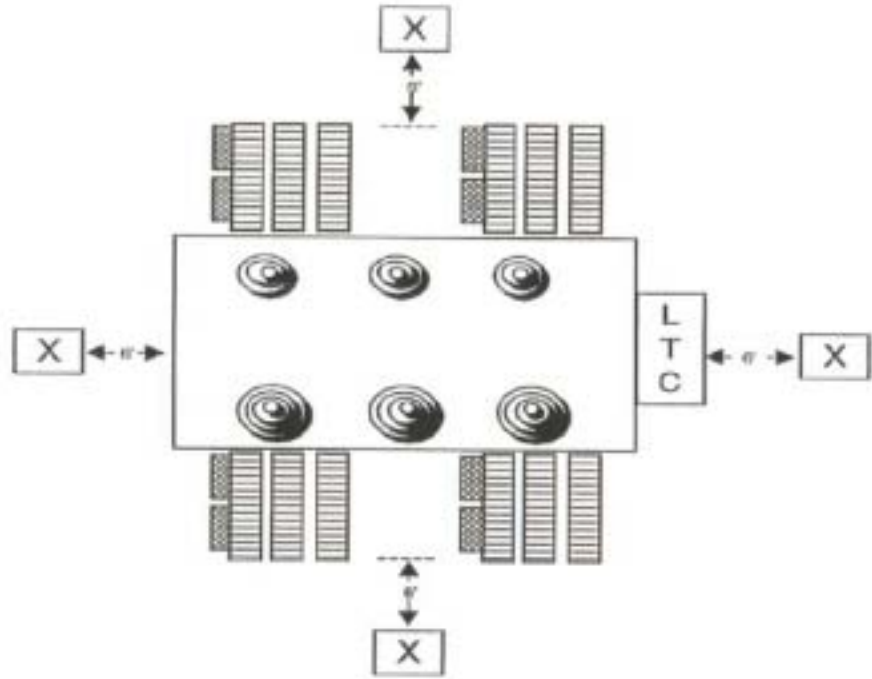


圖 4 聲音監測感應器裝在變壓器四周離本體 6 呎處

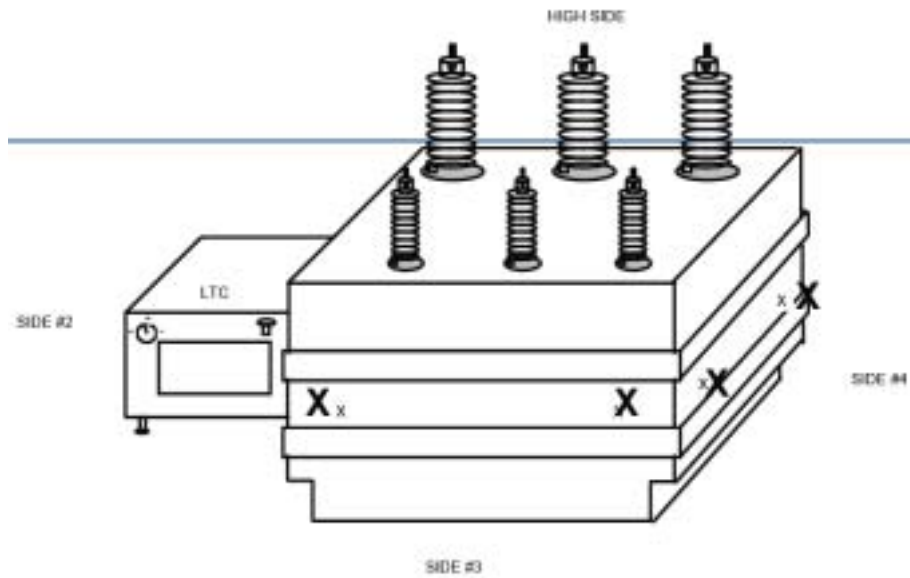


圖 5 電力變壓器震動監測之情形

#### 4. 部分放電檢測

變電設備之絕緣體存在有微小洞隙、裂痕或其他弱點時，受電場之影響就會加速游離而產生部分放電現象。由於在兩電極間並未構成橋式完整連續性放電，而僅在電極間之一部分形成微小放電，故稱為部分放電。由於部分放電現象在微小之空間內會產生能量損失及熱量，導致絕緣材料之劣化，長時間後會導致絕緣破壞，造成設備故障而影響供電品質。

部分放電之定量性測試有兩大主流，歐洲與日本多採用國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC) IEC 60270 標準所推薦，測量部分放電脈波之放電電荷量而以 pC (pico coulomb)值表示之。美國與加拿大則多用美國國家電機製造協會(National Electrical Manufacturers Association, NEMA) 之標準，測試無線電干擾電壓(radio influence voltage, RIV)，而以  $\mu V$  表示之。部分放電經常會伴隨著發生聲音、光、熱和化學反應，可藉由儀器量測此等現象來判別部分放電狀況，惟這種檢測方式一般並不適用為部分放電的定量檢測。因此，部分放電的檢測方法可分為電氣法與非電氣法兩種。

##### (1) 電氣法檢測

- a. 電容耦合：將部分放電所產生之電氣脈衝利用耦合電容（coupling capacitor）轉移至量測儀表，該試驗方式廣泛使用於實驗室，亦有使用於線上作業之檢測儀器。
- b. 高頻比流器：係利用高頻比流器(CT)量測部分放電所產生之電氣脈衝電流，一般多用於量測電纜或電力設備之接地線。
- c. 電感耦合：將部分放電所產生之電氣脈衝利用耦合電感轉移至量測儀表，該裝置之使用類似高頻 CT。
- d. 直接耦合：將感測器如耦合電容、電感及光纖等於設備製造或裝置時即一併植入，該方法目前大多使用於重要設備如輸電線電纜接頭或大型變壓器。

(2) 非電氣法檢測：

a. 超音波檢測

(a)非接觸型：通常用來量測藉由空氣傳播之部分放電所產生的超音波，一般使用於檢測高壓礙子的電暈或表面放電。

(b)接觸型：通常用來量測藉由液體或金屬傳播之部分放電所產生的超音波，一般用於封閉式變壓器或開關內部之放電位置定位。

b. UHF 檢測：利用放電時產生之高頻 RF 信號特性，使用天線接收檢測，此種檢測方式適合量測封閉空間內之設備，如配電箱內之設備。

## 5. 紫外線電暈檢測

電暈放電 (corona) 是一種局部化的放電現象 (localized discharge)，導因於絕緣系統之局部電壓應力超過臨界值時所產生之氣體電離化 (gaseous ionization) 現象。因此，電暈放電一般係指存在導體表面之氣中放電現象，當帶電體表面電位梯度超過空氣的絕緣強度 (約 30 kV/cm) 時，會使空氣游離而產生電暈放電現象，特別是高壓電力設備，其常因設計、製造、安裝及維護工作不良而形成電暈放電問題。

目前商業化之紫外線電暈影像儀即是針對紫外線光頻譜進行偵測，通常用來檢測礙子電暈或表面放電所產生之紫外線光以發現電暈放電問題。在室內或晚間沒有太陽光的干擾下，一般型之檢測儀器功能顯著。至於在白天有太陽光干擾的環境下，必須採用含特殊濾波技術之檢測儀器，針對太陽盲光 (Solar-Blind) 波段 240~280nm 進行感測，使電暈放電檢測工作避免受到太陽輻射之干擾。另外，雙頻譜影像儀使用陽光盲帶 UV 濾波器技術，同時偵測電暈影像及周圍環境視

覺影像，可應用於偵測及定位高壓電力設備之電暈。其中視覺通道用於定位電暈，紫外線(Ultraviolet, UV)通道用於偵測電暈。紫外線電暈影像儀檢測電暈放電之實際案例如圖 6。



圖 6 紫外線電暈影像儀檢測電暈放電

由於電氣的電暈放電是在 UV 頻譜範圍內，且電暈放電的溫度梯度很小，無法用紅外線熱影像儀作量測應，因此，使用 UV 之原理量測確有其優勢。紫外線電暈影像儀具有下列優點：

- (1) 採偵測陽光盲帶之電暈法，故不受環境的陽光輻射影響。
- (2) UV 偵測器有較高的靈敏度，即使微弱的 UV 信號也可偵測出，且可在白天顯現影像。
- (3) 受環境干擾小，可在白天、下雨天、濃霧下作量測。
- (4) 可應用於影像及紫外線雙頻譜攝影機。

## 六、其他應用

### 1. 目視檢查(Visual Inspection)

美國電力公司實施變電設備目視檢查其要領如下：

- (1) 進入變電所後，首先利用聽覺傾聽各種電力設備有無異常聲音產生。
- (2) 利用感覺檢查熱氣流動方向以及不尋常熱氣溫度之來源。
- (3) 最後再檢查各種儀表讀值、漏油痕跡、油流方向、顏色變化、礙子龜裂、過熱引起之油漆脫落、隔離開關定位以及接地情形等。

### 2. 油中氣體溫度(Gas Temperature)

油中氣體分析出來之各種氣體，其所代表之意義如下：

#### (1) 氫氣(Hydrogen)

氫氣代表低溫過熱，其產生之溫度約在攝氏 200，一般電氣設備內部如有發生微量部分放電則油中會產生氫氣。

#### (2) 一氧化碳/二氧化碳 (CO/CO<sub>2</sub>)

一氧化碳和二氧化碳通常代表絕緣紙過熱。其確認方式為如果未發現金屬過熱所產生之氣體且有持續性產生一氧化物，則可斷定絕緣紙有過熱現象。



(3) 金屬過熱氣體 (Methane、Ethane and Ethylene)

金屬過熱氣體有甲烷(Methane)、乙烷(Ethane)和乙烯(Ethylene)等氣體，代表中溫過熱，氣體產生之溫度分別為甲烷 300、乙烷 500 和乙烯 700。此類氣體產生通常係由高電阻性之接點發熱造成，例如端子螺絲未鎖緊造成接續不良而產生過熱現象。

(4) 乙炔 (Acetylene)

乙炔氣體代表高溫過熱，其產生之溫度約在攝氏 1000，絕緣油中發現乙炔則表示電氣設備內部有電弧(Arc)放電之情形。

伍、Siemens 公司線上診斷監視系統

一、線上診斷監視系統目的

- (一) 減少電力損失
- (二) 容量利用最佳化
- (三) 提供調度人員充分資訊
- (四) 增加短時間過載容量
- (五) 提供故障訊息與劣化趨勢
- (六) 提供設備壽命評估之歷史資料
- (七) 節省維護費用

## 二、線上診斷監視系統偵測項目

- (一) 可發現熱點(hotspots)
- (二) 繞組絕緣破壞
- (三) 鐵心過熱
- (四) 水分浸入
- (五) 發生氣泡
- (六) 變壓器發生電弧
- (七) 冷卻系統故障
- (八) OLTC 電弧放電
- (九) OLTC 驅動馬達故障
- (十) OLTC 控制裝置故障

## 三、線上診斷監視系統元件

- (一) 資料擷取器  
包括感應器和智慧型電子裝置(IEDs)
- (二) 通訊設備  
包括通訊設備實體和通訊協定(protocols)
- (三) 介面整合  
包括變電設備與資料整合
- (四) 儲存與分析

## 資料儲存和專家系統分析工具

### 四、感應器種類型式

#### (一) 油溫感應器

可直接裝入絕緣油中

#### (二) 周圍溫度感應器

適用於屋外之密封型

#### (三) 箱體溫度感應器

可直接吸附在金屬表面上

#### (四) 油濕度感應器

可直接浸入絕緣油中

#### (五) 油壓感應器

可直接浸入絕緣油中

#### (六) 電流感應器

#### (七) 4-20 毫安(ma)類比輸入之介面轉換器

### 五、線上診斷監視系統架構

西門子(Siemens)線上整合型診斷監視系統之架構係在每一個變壓器上裝置一個 Vlink 的資料收集器，Vlink 可透過感應器匯流排收集每一個感應器擷取之資料，Vlink 並可整合不同廠牌之感應器和監視設備，例如，Hydran、Doble Domino 及 Incon

Optimizer , Vlink 收集資料後可經由無線傳輸連接到變電所內之 StationManager。

StationManager 負責將資料轉換格式並透過廣域網路(WAN)將資料傳到調度中心之 SCADA 系統，因此，每一個變電所要有一個 StationManager，而每一個 StationManager 可接 16 個 Vlink，StationManager 具有整合式之可程式控制器(PLC)和自動化監視功能，每一個 StationManager 可利用不同之標準通訊協定，例如 DNP 或 Modbus 等。圖 7 係線上診斷監視系統之架構。圖 8 係 Vlink 裝置情形。圖 9 係感應器裝置情形。圖 10 係比流器裝置情形。圖 11 係整合不同廠牌裝置情形。圖 12 係線上診斷監視系統監測情形。

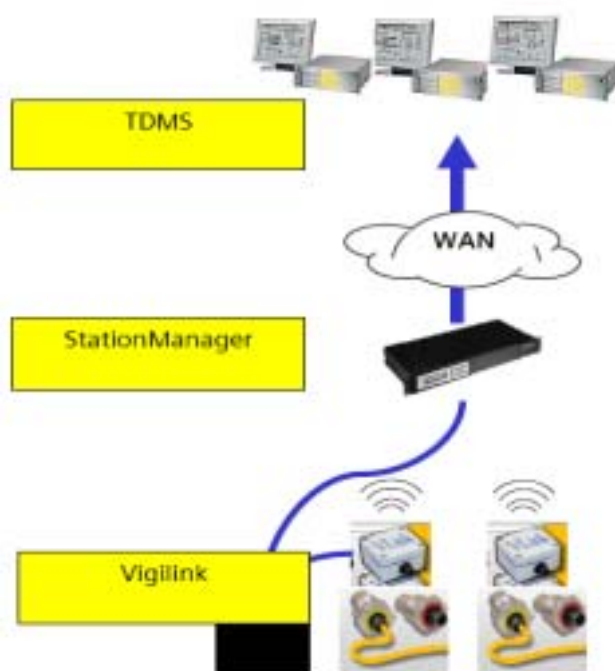


圖 7 線上診斷監視系統架構

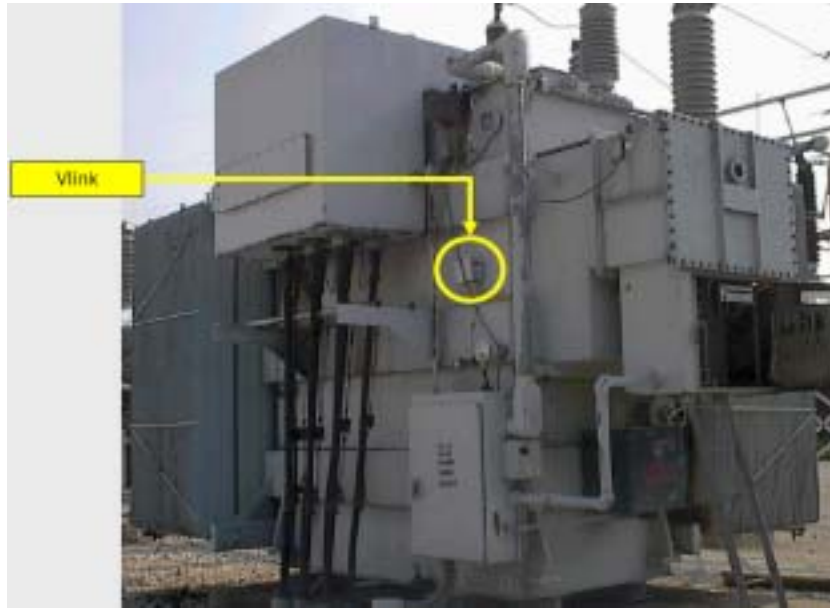


圖 8 Vlink 裝置情形

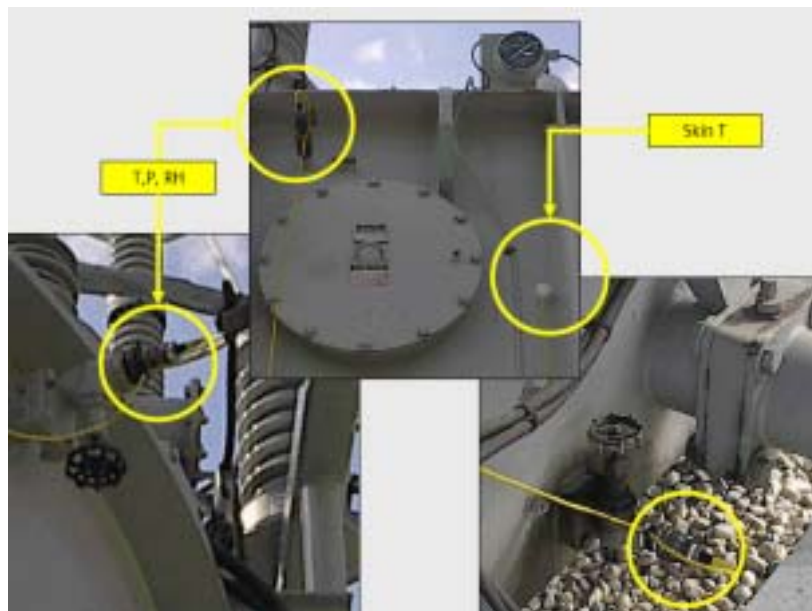


圖 9 感應器裝置情形。

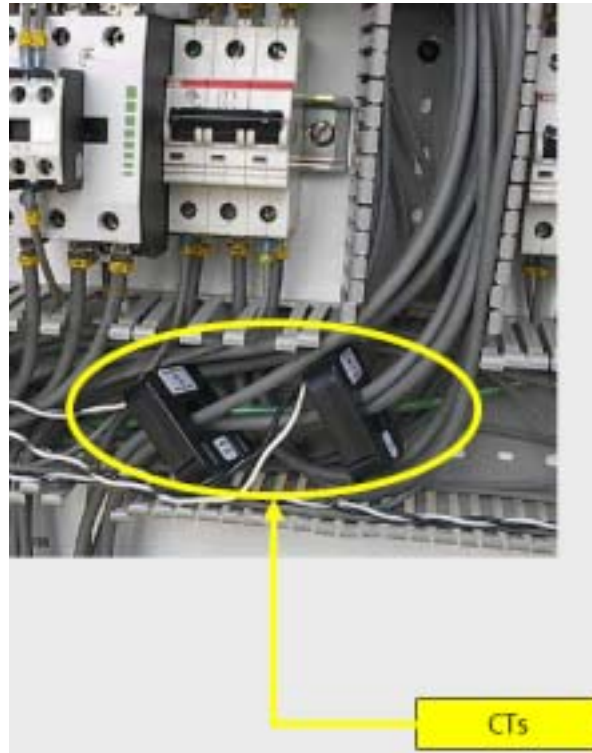


圖 10 比流器裝置情形

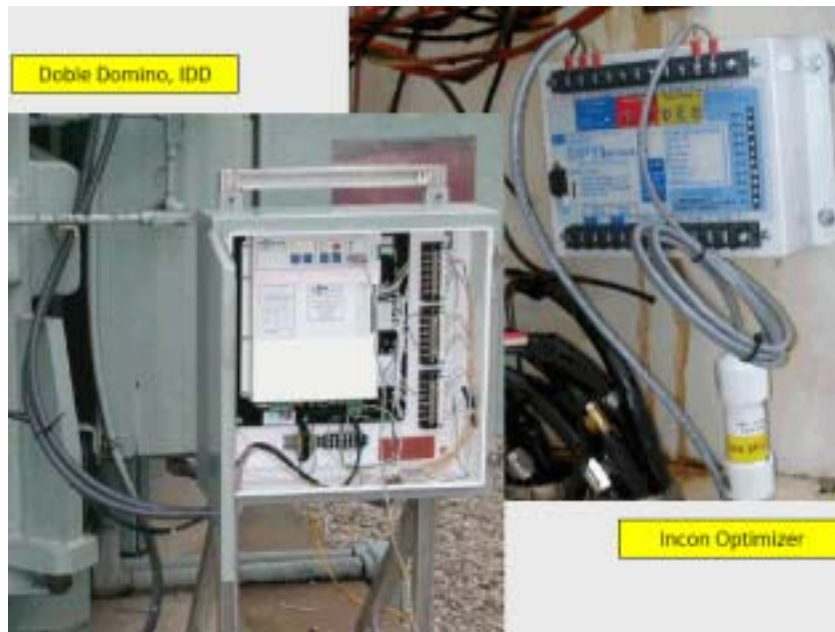


圖 11 整合不同廠牌裝置

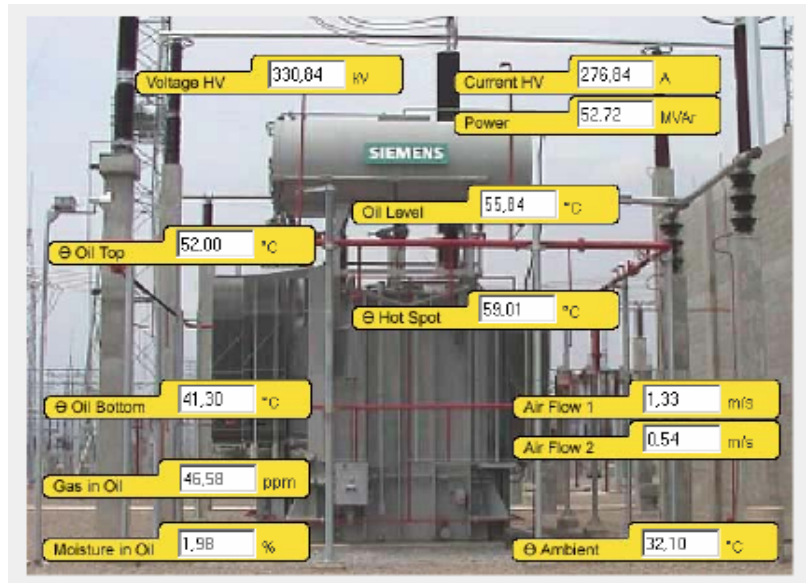


圖 12 線上診斷監視系統監測情形

## 陸、心得與建議

### 一、心得

- (一) 定期維護屬預防性維護而狀態維護則屬預知性維護，維護工作由預防性維護轉化為預知性維護，在不停電下能診斷預知設備之異常情況，防範事故於未然，除可減少工作停電及事故停電外，並可延長設備維護週期，節省維護人力。
- (二) 紅外線熱影像分析與油中氣體分析之技術較成熟；而部分放電因現場干擾因素較多，且放電位置之定位準確性仍有待突破，致尚未能普遍使用，但未來應用部分放電技術檢測電力設備之絕緣劣化具有相當之潛力。
- (三) 線上整合型診斷監視系統可整合不同廠牌之感應器和監視

設備，具有專家系統，功能強大，惟價格昂貴且準確度仍有待進一步瞭解，目前電力公司需求性較低，惟可持續注意其發展。

- (四) 整體而言，變電設備不停電預知診斷監測之技術障礙在過去幾年來已逐漸克服，而且價格也逐漸降低，然而準確性與成本效益仍然是美國各電力公司考量是否使用之主要因素。

## 二、建議

- (一) 美國電力公司目前之變電設備維護方式傾向以狀態維護 (Condition Based Maintenance, CBM) 為主而定期維護 (Time Based Maintenance, TBM) 為輔之方式。亦即先以不停電檢測方式或配合線上監視系統監測設備運轉狀態，如有異常才作進一步停電檢查維護，此舉可減少工作停電及維護人力並可抑低事故發生，惟相關監測設備應先逐步建立。未來本公司可朝此方向努力。
- (二) 有載分接頭切換器溫度差異監視系統 (Temperature Differential Monitoring, TDM) 可預知防範有載分接頭切換器之故障，本系統在美國太平洋瓦斯電力公司 (Pacific Gas & Electric Company, PG&E) 使用相當多，而且成效良好，



PG&E 極力推薦本公司使用。從技術觀點而言，有載分接頭切換器故障機率較高，只要將有載分接頭切換器維護好，整個變壓器之故障率將可降到最低。因此，本公司可視需要開發引進該系統。

- (三) 紅外線測溫 ( Infra-red Emissions ) 技術成熟且準確性高，具有非破壞性、非接觸式及測溫快速，能夠以不停電方式預知診斷設備異常運轉溫度，可有效檢測接頭施工不良、端子接續鬆脫或超載過熱等現象，國外電力公司使用普遍，本公司目前亦有使用，未來可持續擴充設備，強化本項工作。