

出國報告（出國類別：實習）

## 高電壓試驗及診斷法

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：蔡世育 電機工程師

派赴國家：德國

出國期間：97年11月22日～97年12月07日

報告日期：98年01月23日

QP - 08 - 00 F04

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：高電壓試驗及診斷法

頁數 35 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

蔡世育/台灣電力公司/電力修護處/電機工程師/02-27853199-372

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：97.11.22～97.12.07

出國地區：德國

報告日期：98.01.23

分類號/目

關鍵詞：高電壓試驗及診斷法(High Voltage Testing & Diagnostics)、部分放電量度法及耦合法(Partial Discharge Measurement & Decoupling Methods)、變壓器資產管理( Transformer Property Management )、高電壓試驗及量度法(High Voltage Testing & Measurements)、變壓器油中氣體分析技術(The Dissolved-Gas Analysis Techniques of Power Transformers)

內容摘要：（二百至三百字）

本報告主要內容共分為：高電壓試驗及診斷法、變壓器資產管理技術、高電壓試驗及量度法、變壓器油中氣體分析技術等主題。

高電壓試驗及診斷法研習報告含：「部分放電量度法及耦合法」及「部分放電線上及離線量度法」等方法。

高電壓試驗及量度法研習報告含：沖擊電壓、開關沖擊電壓、耐電壓、感應電壓、沖擊電流試驗及量度等方法。

變壓器資產管理技術研習報告含：變壓器風險評估及資產管理技術等方法。

變壓器油中氣體分析技術研習報告含：變壓器油中氣體取樣、萃取、分析、診斷等技術。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

## 目錄

圖目錄-----	3
表目錄-----	5
壹、研習目的-----	6
貳、研習行程-----	6
2.1 研習行程表-----	6
2.2 研習路徑圖-----	7
參、研習內容-----	8
3.1 高電壓試驗及診斷法-----	8
3.1.1 「高電壓試驗及診斷法」應用原理-----	8
3.1.2 「高電壓試驗及診斷法」應用範例-----	11
3.2 變壓器資產管理技術-----	15
3.2.1 「變壓器資產管理技術」應用原理-----	15
3.2.2 「變壓器資產管理技術」應用範例-----	17
3.3 高電壓試驗及量度法-----	20
3.3.1 「高電壓試驗及量度法」應用原理-----	20
3.3.2 「高電壓試驗及量度法」應用範例-----	21
3.4 變壓器油中氣體分析技術-----	25
3.4.1 「變壓器油中氣體分析技術」應用原理-----	25
3.4.2 「變壓器油中氣體分析技術」應用範例-----	30
肆、研習心得與建議-----	32
參考資料-----	33

## 圖 目 錄

圖 2.1:研習路徑-----	7
圖 3.1:自由電子加速,碰撞中性粒子後,產生新電子過程-----	8
圖 3.2:絕緣材質內空洞或氣泡-----	9
圖 3.3:電容套管分接頭之訊號測量系統-----	10
圖 3.4:電容套管分接頭傳感器-----	11
圖 3.5:超音波傳感器-----	11
圖 3.6:超高頻傳感器-----	12
圖 3.7:超音波/超高頻傳感器耦合量測-----	12
圖 3.8:超高頻傳感器耦合檢測應用(側視圖)-----	13
圖 3.9:超高頻傳感器耦合檢測應用(正視圖)-----	13
圖 3.10:超音波/超高頻傳感器耦合檢測應用-----	14
圖 3.11:超音波/超高頻傳感器耦合檢測應用研討-----	14
圖 3.12:部分放電檢測原理/應用研討-----	15
圖 3.13:「變壓器資產管理技術」相關數據量測位置-----	15
圖 3.14:「變壓器資產管理技術」之套管傳感器-----	17
圖 3.15:「變壓器資產管理技術」之有載分接頭傳感器-----	17
圖 3.16:「變壓器資產管理技術」之流量傳感器-----	18
圖 3.17:「變壓器資產管理技術」之水分量測傳感器-----	18
圖 3.18:「變壓器資產管理技術」之油中氣體含量檢測器-----	19
圖 3.19:「變壓器資產管理技術」研討會-----	19

圖 3.20:「高電壓試驗及量度法」之檢測系統電路-----	20
圖 3.21:「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備(正視圖) -----	21
圖 3.22:「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備(側視圖) -----	21
圖 3.23:「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備連接配置-----	22
圖 3.24:「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備控制配置-----	22
圖 3.25:「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測元件-----	23
圖 3.26:「高電壓試驗及量度法」之移動式接地元件-----	23
圖 3.27:「高電壓試驗及量度法」之移動式接地控制元件-----	24
圖 3.28:「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測元件配置結構-----	24
圖 3.29:「高電壓試驗及量度法」研討會-----	25
圖 3.30:浸油變壓器外箱、油密洩漏狀態-----	27
圖 3.31:浸油變壓器線圈腐蝕狀態 -----	27
圖 3.32:油中氣體分析儀(正視圖) -----	28
圖 3.33:油中氣體分析儀內部結構-----	28
圖 3.34:油中氣體分析儀控制面版 -----	29
圖 3.35:油中水分析儀外觀 -----	29
圖 3.36:「變壓器油中氣體分析結果」研討-----	30
圖 3.37:「變壓器油中氣體分析技術」研討-----	30
圖 3.38:「變壓器油中氣體分析取樣」研討-----	31
圖 3.39:「變壓器油中水分分析結果」研討-----	31

## 表 目 錄

表 2.1:研習行程-----	6
表 3.1:「變壓器資產管理技術」相關量測參數-----	16
表 3.2:「變壓器資產管理技術」相關量測傳感器-----	16
表 3.3：油中氣體分析儀規格-----	26

## 壹、研習目的

電力設備絕緣檢測為本公司現場/工場的重要維護工作，本計畫研習高電壓試驗及診斷法，藉以應用在本公司現場/工場維護作業，並提昇本公司現場/工場絕緣檢測技術。

本計畫擬先研習最近 IEC 高電壓測試標準之試驗技術。這些試驗技術包含雷擊電壓、開關衝擊電壓、耐電壓、感應電壓、衝擊電流等高電壓試驗方法。

本計畫擬先研習最近 IEC 高電壓測試標準之試驗技術。這些試驗技術包含雷擊電壓、開關衝擊電壓、耐電壓、感應電壓、衝擊電流等高電壓試驗方法。

## 貳、研習行程

### 2.1 研習行程表

實際出國期間：97 年 11 月 22 日至 97 年 12 月 7 日

訓練進修日期及時間	訓練進修地點	擬訓練進修機構	訓練進修目的及討論主題
11/23 2008	Taipei-Frankfurt-Dresden 台北－法蘭克福－德勒斯登	往程	
11/24-11/25 2008	Dresden 德勒斯登	LDIC GmbH 藍吉公司	High Voltage Testing & Diagnostics 高電壓試驗及診斷法
11/26-11/27, 2008	Dresden 德勒斯登	Seminar T LDIC GmbH 變壓器研討會 藍吉公司	Partial Discharge Measurement & Decoupling Methods 部分放電量度法及耦合法
11/28, 2008	Dresden 德勒斯登	LDIC GmbH 藍吉公司	Partial Discharge On-line & Off-line Monitoring Methods 部分放電線上及離線量度法

12/01, 2008	Dresden 德勒斯登	HIGHVOLT GmbH 海沃公司	High Voltage Testing & Measurements 高電壓試驗及量度法
12/02, 2008	Halle 哈勒	ENERGY SUPPORT GmbH 愛能斯伯特公司	The Dissolved-Gas Analysis Techniques of Power Transformers 變壓器油中氣體分析技 術
12/03-12/05, 2008	Dresden 德勒斯登	HIGHVOLT GmbH 海沃公司 12/05 夜宿法蘭克福以 便次日轉機	High Voltage Testing & Measurements 高電壓試驗及量度法
12/06-12/07, 2008	Frankfurt - Taipei 法蘭克福— 台北	返程	

表 2.1:研習行程

## 2.2 研習路徑圖

本研習計畫之路徑，說明於圖 2.1(研習路徑以綠色線表示)。

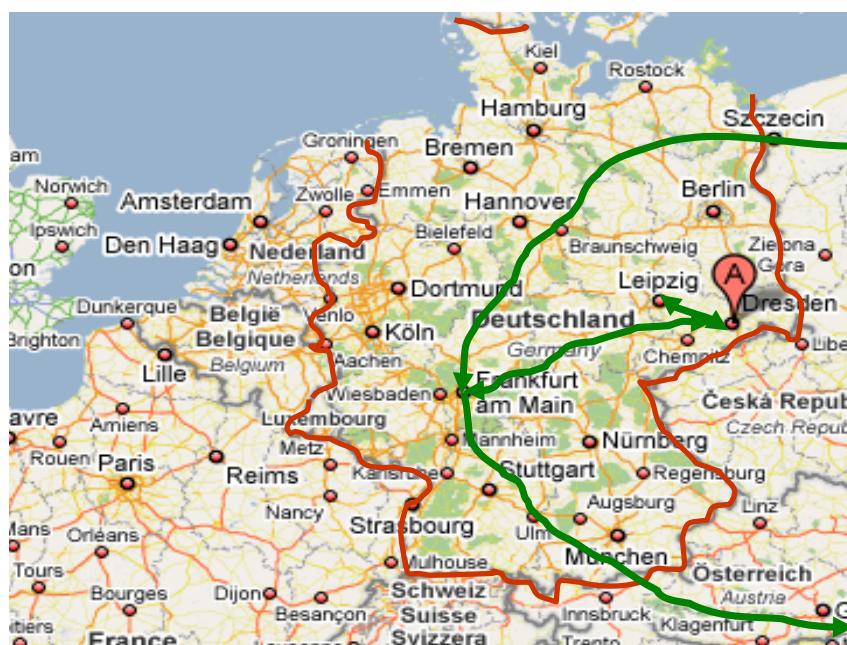


圖 2.1:研習路徑

# 參、研習內容

## 3.1 高電壓試驗及診斷法

本研習計畫之「高電壓試驗及診斷法」由藍吉公司（Mr. Alain Bolliger 等），講解高電壓試驗及診斷法原理及應用。

「高電壓試驗及診斷法」含有：「部分放電量度法及耦合法」及「部分放電線上及離線量度法」，相關原理及應用說明於 3.1.1~3.1.3。

### 3.1.1 「高電壓試驗及診斷法」應用原理

部分放電(Partial discharge)是一種導體絕緣物間之放電現象，放電路徑可能緊鄰或離導體，且僅跨接部分絕緣物[1]。部分放電有氣體（或液體）及固體（或液體）放電等型式，其放電過程：

**氣體（或液體）部分放電**：帶電體周圍氣體（或液體）內自由電子（來自宇宙射線、輻射線等）→進入帶電體的電場區域→加速及碰撞中性粒子→產生新電子→新電子加速及碰撞中性粒子→產生其他新電子→氣體（或液體）急遽離子化→絕緣材質與周圍氣體（或液體）發生部分放電→產生週期性部分放電→絕緣材質劣化→造成電弧閃絡；圖 3.1 顯示：自由電子加速，碰撞中性粒子後，產生新電子過程[2]。

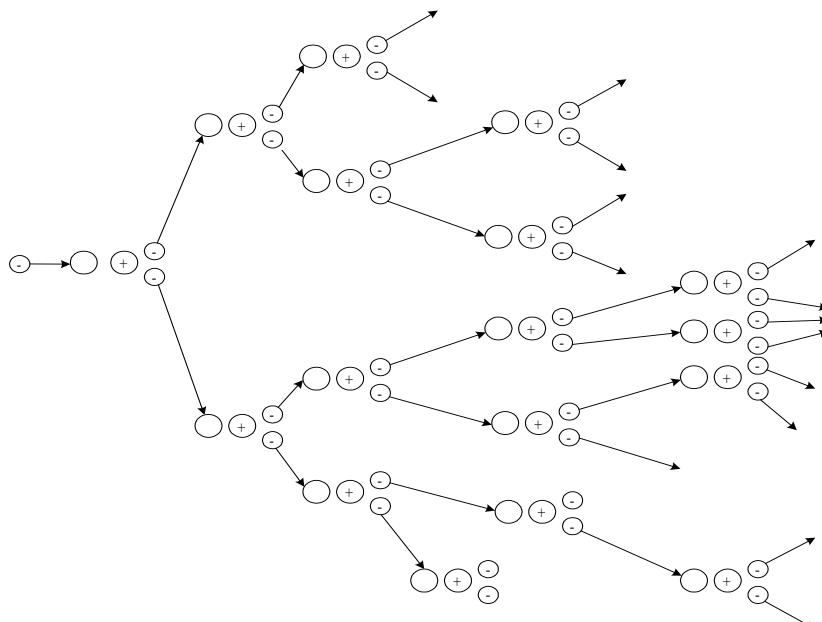


圖 3.1:自由電子加速，碰撞中性粒子後，產生新電子過程

**固體（或液體）部分放電：**帶電體的固體（或液體）絕緣材質品質不良→形成絕緣材質空洞（或氣泡）→空洞（或氣泡）內電場增強→空洞（或氣泡）內物質離子化→空洞（或氣泡）內電場強度高於絕緣材質之電場破壞臨界值→空洞（或氣泡）發生部分放電→產生週期性部分放電→破壞空洞（或氣泡）周圍之絕緣材質→製造放電路徑→造成電弧閃絡；圖 3.2 顯示：帶電體的固體/液體絕緣材質內含空洞或氣泡（圖中  $E_i$  為絕緣材質的電場強度， $E_c$  為空洞內氣體的電場強度[3]）。

固體/液體部分放電特性，可從空洞/氣泡的電場強度，分析其放電現象。由高斯定律（Gauss's law），空洞內氣體的電場強度[4]為

$$E_c = (\epsilon_i / \epsilon_c) \cdot E_i \quad (4.1)$$

上式中， $\epsilon_i$ 、 $\epsilon_c$ 分別是絕緣材質及空洞內氣體的相對介電常數。因空洞內氣體的  $\epsilon_c$  大約等於 1，且絕緣材質的  $\epsilon_i$  介於 3~4 間，式 4.1 說明空洞內氣體電場強度大於絕緣材質的電場。當空洞/氣泡內電場強度超過空洞/氣泡內的氣體分子崩潰強度，空洞（或氣泡）發生部分放電。部分放電通常由特殊原因或環境所引起，因此會重複發生，至此物理原因或環境移除為止。

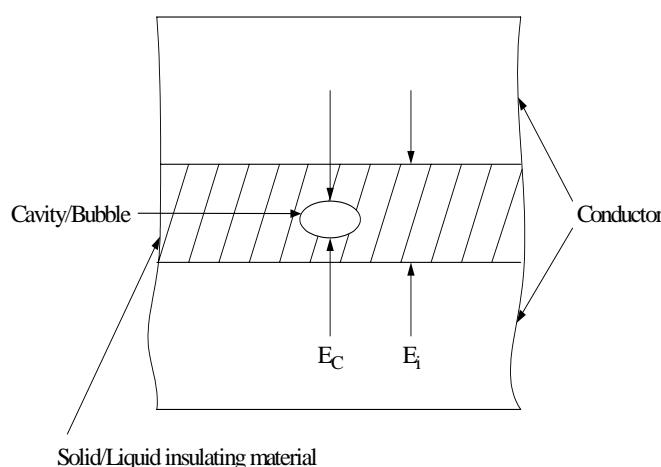


圖 3.2：絕緣材質內空洞或氣泡（ $E_i$  為絕緣材質的電場強度， $E_c$  為空洞內氣體的電場強度，Cavity/Bubble：空洞或氣泡，Solid/Liquid insulating material：固體/液體絕緣材質，Conductor：帶電體）

本計畫之「高電壓試驗及診斷法」含有：電容套管分接頭傳感器耦合法、超音波傳感器耦合法、超高頻傳感器耦合法等，應用於變壓器無線電干擾電壓(Radio-Influence Voltage)試驗及變壓器部分放電定位(Location of Partial Discharges)測試。

「高電壓試驗及診斷法」測量系統主要包含 Neutral (中性點端子)、PD source (部分放電源)、Bushing (套管)、Data acquisition system (資料獲得系統)、Data analysis system (資料分析系統),  $B_1/B_2$ (測量(用的)阻抗, The measuring impedance) 如下圖；此外，傳感器含有：電容套管分接頭傳感器、ultra-acoustic sensor (超音波傳感器) ultra-high-frequency sensor (超高頻傳感器) 等。

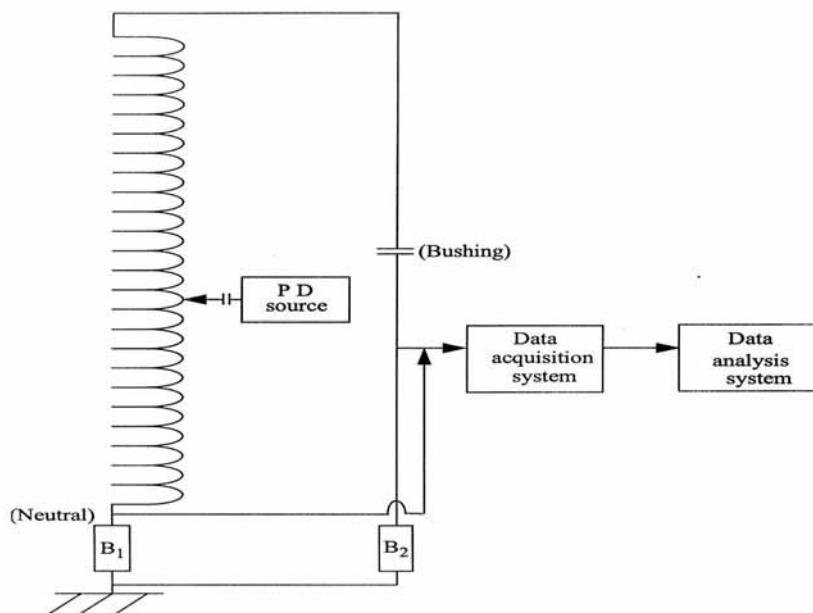


圖 3.3: 電容套管分接頭之訊號測量系統

變無線電干擾電壓試驗施行於驗證變壓器部分放電量，是否能符合運轉安全要求。依其測量電路可再分為寬頻(Wide-Band)及窄頻(Narrow-Band)法[5-6]。

變壓器部分放電定位測試施行於變壓器異狀定位，以提高修護工作的效率。依其測量技巧可再分為電容電壓分布法(Capacitive Voltage Distribution Method)[7-10]、無線電頻率法(Radio-Frequency Method)[11-12]、萃取電容性轉移成分法(Extracting Capacitively Transferred Components Method)[13-15]、聲電法(Electrical-Acoustical)[17-19]、端子量測法(Terminal Measurement)[19-20]。

### 3.1.2 「高電壓試驗及診斷法」應用範例

本報告「高電壓試驗及診斷法」，因電容套管分接頭傳感器耦合法，已圖示說明於圖 3.3，故僅報告 ultra-acoustic/ultra-high-frequency sensor（超音波/超高頻傳感器）相關耦合應用[21]，並以圖示說明（如圖 3.4~3.11）。



圖 3.4:電容套管分接頭傳感器



圖 3.5:超音波傳感器



圖 3.6:超高頻傳感器



圖 3.7:超音波/超高頻傳感器耦合量測



圖 3.8:超高頻傳感器耦合檢測應用(側視圖)



圖 3.9:超高頻傳感器耦合檢測應用(正視圖)



圖 3.10:超音波/超高頻傳感器耦合檢測應用



圖 3.11:超音波/超高頻傳感器耦合檢測應用研討



圖 3.12:部分放電檢測原理/應用研討

## 3.2 變壓器資產管理技術

本研習計畫之「變壓器資產管理技術」由西門子公司(Dr. Raudiger Kutzne 等)，講解變壓器資產管理技術原理及應用。

「變壓器資產管理技術」相關原理及應用，說明於 3.2.1~3.2.2。

### 3.2.1 「變壓器資產管理技術」應用原理

「變壓器資產管理技術」於變壓器套管、活動元件（active part）、有載分接頭（on-load tap changer）、冷卻器（cooling units）、絕緣油等位置（如圖 3.13），應用傳感器（如表 3.1）擷取變壓器電壓、電流、洩漏電壓、溫度等數據（如表 3.2），再進行變壓器運轉狀態評估作業[22]，提供「變壓器資產管理」參考資料。

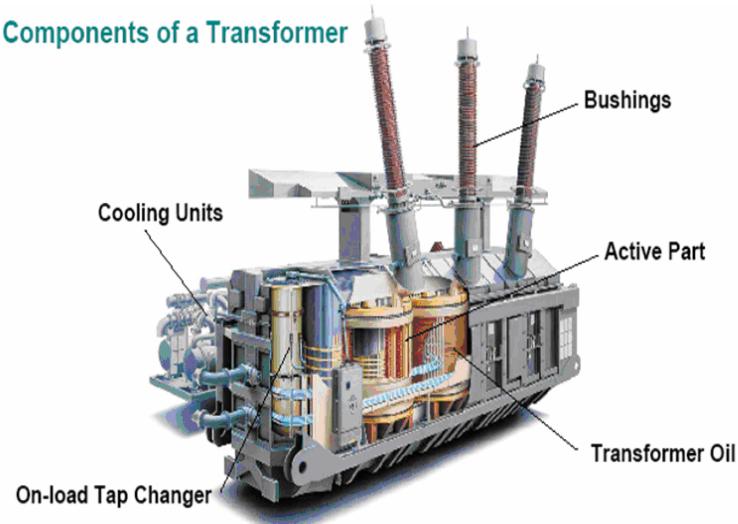


圖 3.13:「變壓器資產管理技術」相關數據量測位置

Information about:	Measuring quantities:
Load and operation conditions →	voltage (HV), current (HV), tap changer position
Transient conditions →	peak values of voltage (HV)
Thermal aging /Hot-spot calculation →	temperatures and current (HV)
Condition of insulation and oil →	H <sub>2</sub> in oil, DGA, moisture in oil, humidity of air in the conservator
Efficiency of cooling system →	temperatures, velocity of oil and air
Leakage detection →	oil level
Condition of bushings →	comparative evaluation of tap voltages
Operation time of pumps and fans →	circuit state of pumps and fans

表 3.1: 「變壓器資產管理技術」相關量測參數

Measuring quantities:	Sensors:
Voltage (HV) →	Potential tap device at bushings
Current (HV) →	Current transformer
OLTC position ... monitoring →	BCD signal ... Tap Guard 260
Peak value of voltage →	Peak value sampler
Temperatures →	PT100 devices
H <sub>2</sub> in oil →	Hydran, GE, ...GAS-Guard 8, Siemens
Moisture in oil →	MMT338, Vaisala
Humidity in air of the conservator →	HMT330, Vaisala
Velocity of air and oil →	Calorimetric devices
Oil level →	Oil level indicator
Oil pressure →	Oil manometer
Circuit state of pumps and fans→	Binary contactor signals

表 3.2: 「變壓器資產管理技術」相關量測傳感器

### 3.2.2 「變壓器資產管理」應用範例

「變壓器資產管理技術」應用範例，以圖示說明（如圖 3.14~3.19）。



圖 3.14:「變壓器資產管理技術」之套管傳感器

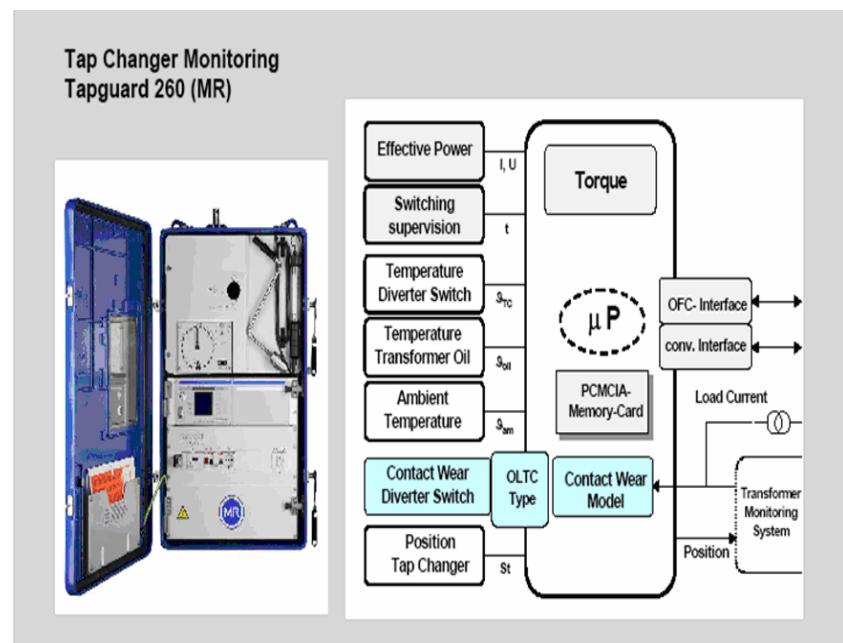


圖 3.15:「變壓器資產管理技術」之有載分接頭傳感器

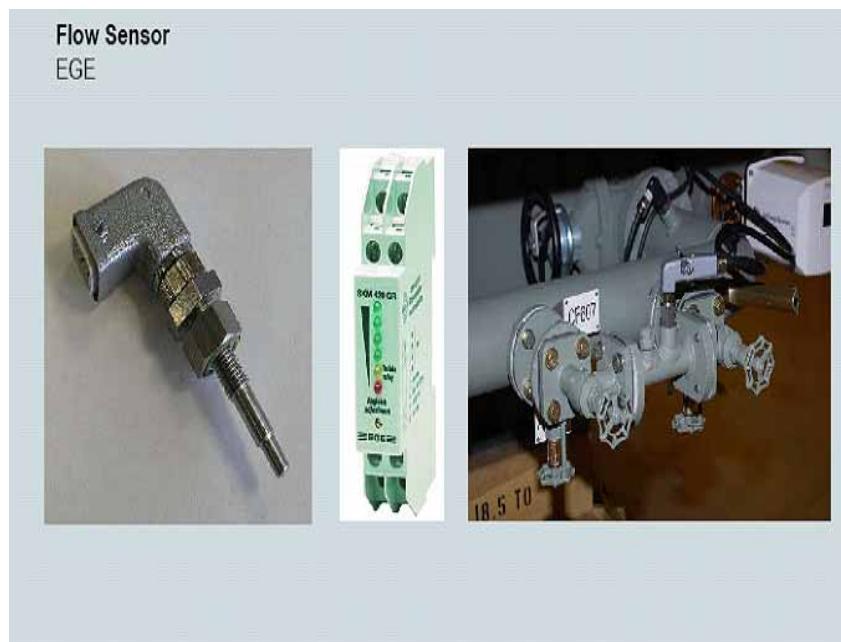


圖 3.16: 「變壓器資產管理技術」之流量傳感器



圖 3.17: 「變壓器資產管理技術」之水分量測傳感器



圖 3.18: 「變壓器資產管理技術」之油中氣體含量檢測器



圖 3.19: 「變壓器資產管理技術」研討會

### 3.3 高電壓試驗及量度法

本研習計畫之「高電壓試驗及量度法」由海沃公司（Dr Stefan Schierigr 等），講解高電壓試驗及量度法原理及應用。

「高電壓試驗及量度法」相關原理及應用，說明於 3.3.1~3.3.2。

#### 3.3.1 「高電壓試驗及量度法」應用原理

雷擊通過電力設備後，在短時間內，電力設備發生電壓急遽上升現象，造成電力設備內電壓/電流非週期性變動。此非週期性變動過程，為電力設備暫態現象。電力設備出現暫態現象時，電力設備元件的電壓/電流如已超過設計規範值，可能會破壞元件上的絕緣成分，導致線圈/繞組短路。

開關突波亦引起電力設備發生暫態過電壓，如造成絕緣材料不能承受暫態過電壓或急遽上升電壓，將導致電力設備短路。設若電力設備耦合鐵心之非線性電感及系統之雜散電容（Stray Capacitance），引起電力系統局部區域共振（鐵磁共振 Ferroresonance，或 RLC 諧振），產生過電壓/電流，會進一步破壞其他相關電力設備。

本研習計畫之「高電壓試驗及量度法」藉由「高電壓試驗及量度法」模擬上述雷擊及開關突波，以評估電力設備絕緣狀態。「高電壓試驗及量度法」相關試驗電路包含可調式電壓升降器(Induction Voltage Regulator，簡稱 IVR)、補償電抗器(Compensation Reactor，簡稱 L<sub>S</sub>)、試驗用變壓器(Testing-transformer，簡稱 TTR)、電容分壓器(Capacitor Divider，簡稱 分壓器)、供試變壓器(Tested-transformer，簡稱 TR)等。電流計(Current Meter)等[23-24]。

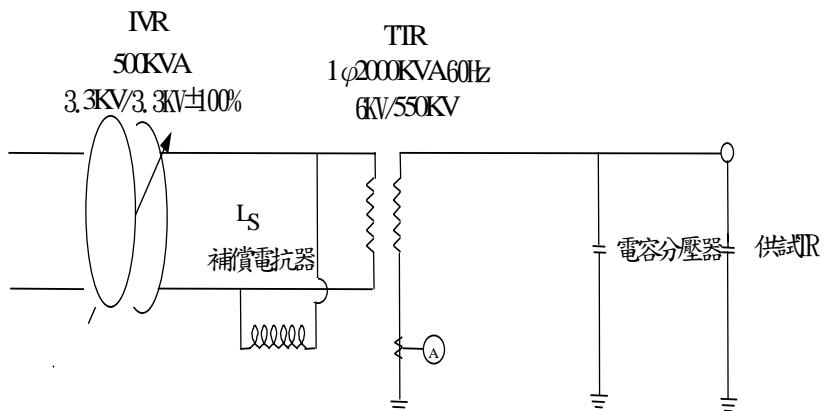


圖 3.20：「高電壓試驗及量度法」之檢測系統電路

### 3.3.2 「高電壓試驗及量度法」應用範例

「高電壓試驗及量度法」應用範例，以圖示說明（如圖 3.21~3.29）。



圖 3.21：「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備(正視圖)



圖 3.22：「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備(側視圖)



圖 3.23：「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備連接配置



圖 3.24：「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測設備控制配置

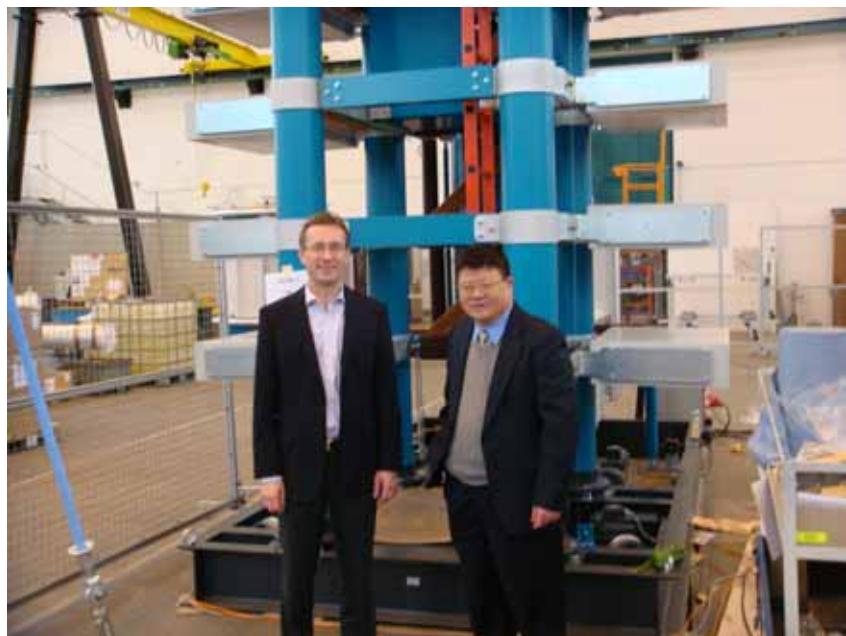


圖 3.25：「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測元件



圖 3.26：「高電壓試驗及量度法」之移動式接地元件



圖 3.27：「高電壓試驗及量度法」之移動式接地控制元件



圖 3.28：「高電壓試驗及量度法」之移動式檢測元件配置結構



圖 3.29：「高電壓試驗及量度法」研討會

### 3.4 變壓器油中氣體分析技術

本研習計畫之「變壓器油中氣體分析技術」由愛能斯伯特公司（Mr. Gernoth Dobianer 等），講解變壓器油中氣體分析技術原理及應用。

「變壓器油中氣體分析技術」相關原理及應用，說明於 3.4.1~3.4.2。

#### 3.4.1 「變壓器油中氣體分析技術」應用原理

浸油變壓器於運轉中因熱或電的擾動因素(例如：導體負載損、電弧、部份放電、電暈等)使絕緣材料分解而產生油中氣體。絕緣材料之絕緣材質(如圖 3.30)分解會產生一氧化碳(CO)，二氧化碳(CO<sub>2</sub>)，一些氫氣(H<sub>2</sub>)或甲烷(CH<sub>4</sub>)。絕緣材料之絕緣油(如圖 3.31)分解會產生氫、甲烷、乙烷、乙稀、乙炔[25-30]。

本研習計畫之「變壓器油中氣體分析技術」，採用 mobile Gas Analyzer 油中氣體分析儀，進行浸油變壓器油中氣體分析工作。油中氣體分析儀相關規格，以表 4.1 說明。

分析儀並以標準校正氣體，先行校驗。標準校正氣體規格為：含高濃度氣 CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>各 1000ppm，其餘各氣體比例為 H<sub>2</sub>：1%、CO：0.19%、CO<sub>2</sub>：1%、O<sub>2</sub>：30%、N<sub>2</sub>：67%及低濃度氣體 H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>各 100 ppm。

氣體分析裝置：
(1) 氣體取樣方式：須符合 IEC 60567 直接注入法可在變電所現場使用
(2) 分析氣體種類： $H_2$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CH_4$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $C_2H_2$ 、 $C_2H_4$ 、 $C_2H_6$ 、 $C_3H_6$ 、 $C_3H_8$ 。
(3) 最小偵測氣體位準： $C_2H_2$ 、 $C_2H_4$ 、 $C_2H_6$ 為 0.1 ppm； $CO$ 、 $CO_2$ 、 $CH_4$ 為 0.2 ppm； $C_3H_6$ 、 $C_3H_8$ 為 0.5 ppm； $H_2$ 為 1 ppm； $O_2$ 、 $N_2$ 為 30 ppm。
(4) 分析範圍及精度：0~100000 ppm 含所有分析氣體，精度需達±5% (含)以內。
(5) 分析最小油樣量：100 ml(含)以內。
(6) 分析時間：30 分鐘(含)以內。
(7) 型式：本機為利於攜行須單機一體重量不大於 20kg，並附強固攜型箱及輪座。
自動回沖裝置：在系統分析結束後可將油樣自動回沖排出。
自動脫氣裝置：抽氣速率需大於 2 立方米/每小時，脫氣壓力範圍 2~200 mbar 含解析度達 0.1 mbar，脫氣時間亦需小於 3 分鐘，並可連結氣體分析儀進行自動化測試。
內建式氣瓶裝置：於主機內須內建載氣及工作氣瓶，至少可在現場連續工作達 70 小時(含)以上，並於使用完後可重覆充填。

表 3.3：油中氣體分析儀規格



圖 3.30:浸油變壓器外箱、油密洩漏狀態



圖 3.31:浸油變壓器線圈腐蝕狀態

「變壓器油中氣體分析技術」應用原理，以圖示說明（如圖 3.32~3.35）。



圖 3.32:油中氣體分析儀(正視圖)



圖 3.33:油中氣體分析儀內部結構



圖 3.34:油中氣體分析儀控制面板

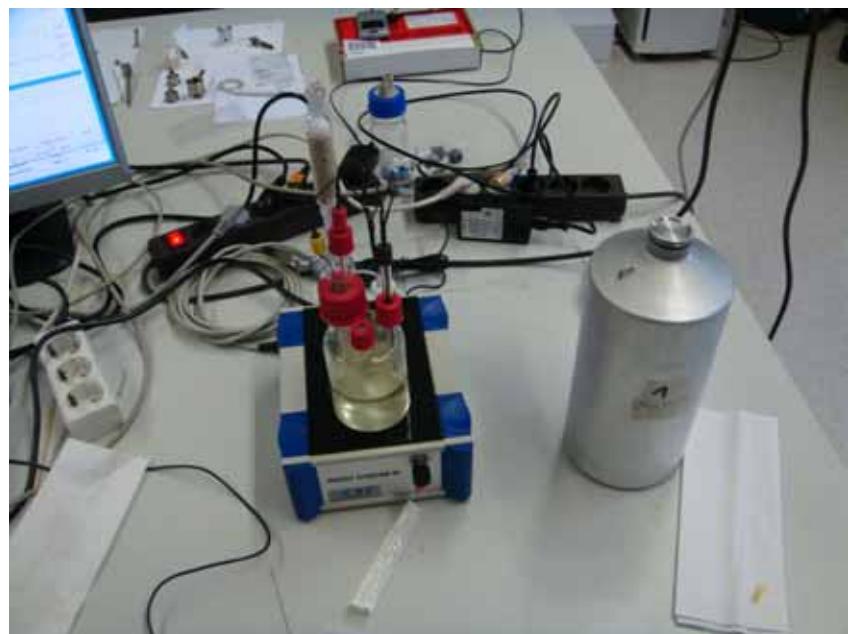


圖 3.35:油中水分析儀外觀

### 3.4.2 「變壓器油中氣體分析技術」應用範例

「變壓器資產管理技術」應用範例，以圖示說明（如圖 3.36~3.39）。

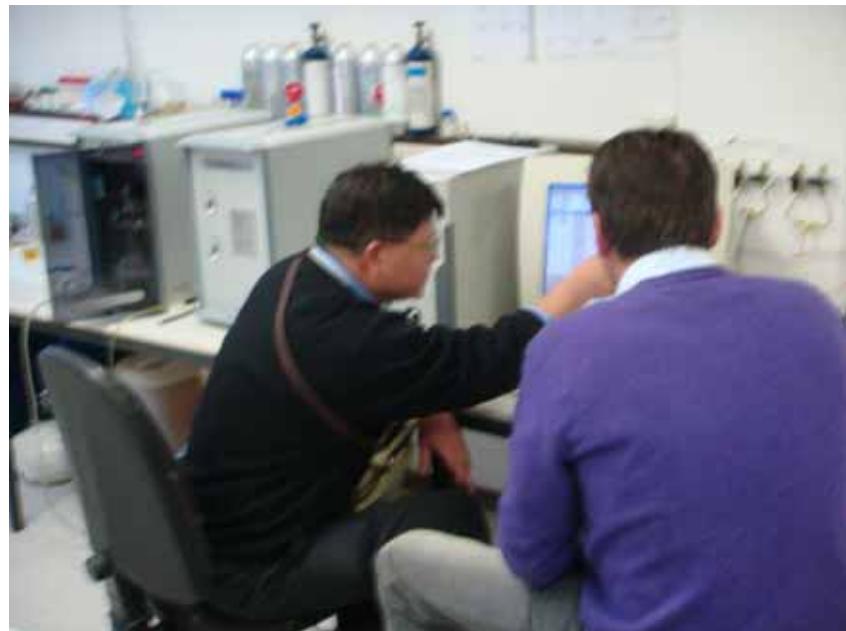


圖 3.36：「變壓器油中氣體分析結果」研討



圖 3.37：「變壓器油中氣體分析技術」研討



圖 3.38：「變壓器油中氣體分析取樣」研討



圖 3.39：「變壓器油中水分分析結果」研討

## 肆、研習心得與建議

電力設備運轉可靠度評估為本公司現場/工場的重要保養維護工作，而高壓沖擊試驗項目，因試驗設備重量及體積等因素，不易於現場/工場作業。本計劃報告「移動式高壓沖擊試驗設備」，對於本處開發現場/工場試驗服務相關業務，提供可行性之參考資料。

本計劃另報告「部分放電量度及耦合法」、「變壓器資產管理技術」、「變壓器油中氣體分析技術」，對於本處開發現場監測服務相關業務，亦提供可行性之參考資料。

本計畫研習成果，有助於提昇本公司現場/工場相關高電壓試驗技術。

## 參考資料

- [1]Kuffel, E., and Zaengl, W.S., “High voltage engineering”, Robert Maxwell, M.C., 1984.
- [2]Greenwood, A., “Electrical transients in power systems”, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [3]Whitehead,S., “Dielectric breakdown of solids”, Oxford at Clarendon Press,1951.
- [4]Gallagher, T.J. and Pearmain, A.J., “High voltage measurement, testing and design”, John Wiley & Sons Ltd., 1983.
- [5]Gallagher, T.J. and Pearmain, A.J., “High voltage measurement, testing and design”, John Wiley & Sons Ltd., 1983.
- [6]Kacher, A.J., and Nieschwitz, H., “Broad and narrow band PD measurements on power transformers”, 5<sup>th</sup> International Symposium on HV Engineering, PRG, paper 41.09, 24-28 Aug. 1987.
- [7]Haraldsen, S., and Winberg, K., “Investigations on different partial discharge location methods on power transformers”, CIGRE, paper 12-09, 1968.
- [8]Ryder, D.H., and James, R. E., “Corona testing of power transformerfs”, Elect. World, P.96, 24th Jan. 1966.
- [9]Viale, F., Wind, G., Fallou, M., Leroy, G., and Wendling, J., “partial discharge measurements in transformers and their interpretation”, CIGRE, paper 12-12, 1968.
- [10]Yoshihiro, k., and Satoru, Y., “partial-discharge measurements on high-voltage power transformers”, IEEE trans., PAS-88, pp. 1187-1194, 1969.
- [11] “Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high-voltage apparatus”, Nat'l. Elec. Mfg. Assoc., New York, N. Y., NEMA Publication 107, 1964.

- [12] Widmann, W., “The measurement of partial discharges in transformers” , Bull. Assoc. Suisse Elec., 58, pp.1001-1009, 1967.
- [13] James, R.E., Phung, B.T., and Su, Q., “Application of digital filtering techniques to the determination of partial discharge location in transformers” , IEEE trans. on Electrical Insulation, Vol.24, No.4, Aug. 1989.
- [14] Su, Q., and James, R.E., “Analysis of partial discharge pulse distribution along transformer windings using digital filtering techniques” , IEE Proceedings-C, Vol. 139, No. 5, pp. 402-410, Sep. 1992.
- [15] Harris, F.J., “On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform” , Proc. IEEE, Vol.66, pp. 51-83, 1978.
- [16] Krautkramer, “Ultrasonic testing of materials” , Springer-Verlag, New York Inc., 1969.
- [17] Fredrick, J.R., “Ultrasonic engineering” John Wiley & Sons, New York, 1965.
- [18] Harold, R., “Acoustic waveguides for sensing and locating electrical discharges in high voltage power transformers and other apparatus” , IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-98 No.2, pp. 449-457, Apr. 1979.
- [19] Kawada, H., Honda, M., Inoue T., and Amemiya T., “partial discharge automatic monitor for oil-filled power transformer” , IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-103, No. 2, Feb. 1984.
- [20] IEEE C57.113-1991, “Trial-use guide for partial discharge measurement in liquid-filled power transformers and shunt reactors (draft ANSI)” .
- [21] Sacha, M., “Detection and location of partial discharges in power transformers using acoustic and electromagnetic signal” , Second Edition, Sierke Verlag, Gottingen, 2006.
- [22] IEEE Std C57.91-1995, “Guide for loading mineral-oil-immersed transformers” .

- [23] IEEE Std C57.90-1993, “Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers and Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers (ANSI)” .
- [24] IEEE Std 259-1994, “Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulation for Specialty Transformers (ANSI)” .
- [25] IEEE Std C57.104-1991, “IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers” .
- [26] ASTM D2945-90, “Test Methods for Gas Content of Insulating Oils” .
- [27] ASTM D3305-84 (Reaff. 89), “Method for Sampling Gas from a Transformer” .
- [28] ASTM D3612-90, “Test Methods for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Chromatography” .
- [29] ASTM D3613-87, “Methods for Sampling Electrical Insulating Oils for Gas Analysis and Determination of Water Content” .
- [30] IEC 60599, Second Edition, 1999-03, “Mineral Oil-impregnated electrical equipment in service-Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis” .