

出國報告（出國類別：實習）

## 變壓器部分放電偵測系統之設計、安裝及運轉維護

服務機關：台灣電力公司綜合施工處

姓名職稱：廖婉如 六等電氣工程專員

派赴國家：日本

出國期間：100.11.21~100.11.30

報告日期：101.1.16

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：變壓器部分放電偵測系統之設計、安裝及運轉維護

頁數：13 頁

出國計畫主辦機關：台灣電力公司

聯絡人：廖婉如

電話：(02)2934-0505

出國人員姓名：廖婉如

服務機關：台灣電力公司

單位：綜合施工處

職稱：六等電氣工程專員

電話：(02)2934-0505

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：100 年 11 月 21 日~100 年 11 月 30 日

出國地區：日本

報告日期：101.1.16

分類號/目

關鍵詞：變壓器、部分放電

內容摘要：

電力輸送流程中，各項設備絕緣品質優良與否常直接影響送電安全。在高電壓運轉下，絕緣設備常因環境、髒污、材料本身劣化、老化或施工品質不良等因素，造成電流洩漏而產生部分放電之情形；其中長期發生部分放電之設備，易使絕緣能力更為下降，造成事故發生。

為期提供安全、優良之用電品質，藉由部分放電偵測系統於早期偵測出故障之變壓器、氣體絕緣開關等重要電力設備，使營運單位於適當時機採取適當措施，有利減少事故與損失。本報告將簡略介紹部分放電偵測系統如何判斷所抓取之信號，如何排除雜訊而斷定其為部分放電之情形，以及參訪國家對變壓器部分放電偵測系統應用之看法。

## 目 次

壹、實習目的 .....	3
貳、實習行程 .....	3
一、實習主題 .....	3
二、實習地點 .....	3
三、實習時間 .....	4
四、實習對象 .....	4
五、參訪地點 .....	4
參、部分放電偵測系統 .....	4
一、部分放電原理 .....	4
二、部分放電量測方法 .....	5
三、部分放電偵測系統 (Partial Discharge Monitoring) .....	7
肆、實習過程及內容 .....	8
一、參訪地點 .....	8
二、參訪過程 .....	9
伍、實習心得及建議事項 .....	13

## 壹、 實習目的

電力輸送流程中，絕緣設備品質優良與否常直接影響送電安全。在高電壓運轉下，絕緣設備常因環境、髒污、材料本身劣化、老化或施工品質不良等因素，造成洩漏電流而產生部分放電之情形；其中長期發生部分放電之設備，易使絕緣能力更爲下降，造成事故發生。

爲期提供安全、優良之用電品質，藉由部分放電偵測系統於早期偵測出故障之變壓器、氣體絕緣開關等重要電力設備，使營運單位於適當時機採取適當措施，有利減少事故與損失。因目前部分放電偵測系統多應用於氣體絕緣開關上，電力輸送流程中扮演重要角色的變壓器相對應用較少，爲求充分掌握變壓器運轉狀況，未來本公司電廠擴建案件大多規劃於變壓器上加裝部分放電偵測系統。日本電力系統建設配置與我國相近，若能先期了解此套系統運轉模式及分析原理，於監造過程中注意安裝位置與其相關細節，與運轉維護單位互相交流資訊，共同爲提供安全、穩定和優良之用電品質而努力。

## 貳、 實習行程

### 一、 實習主題

變壓器部分放電偵測系統之設計、安裝及運轉維護

### 二、 實習地點

日本東京都、茨城縣日立市國分町

### 三、 實習時間

日期：100 年 11 月 21 日至 100 年 11 月 30 日

### 四、 實習對象

日本 AE 帕瓦株式會社 (Japan AE Power System Corporation)

### 五、 參訪地點

日本 AE 帕瓦株式會社 (Japan AE Power System Corporation)

日本 AE 帕瓦株式會社國分廠 (Japan AE Power Kokubu works)

## 參、 部分放電偵測系統

### 一、 部分放電原理

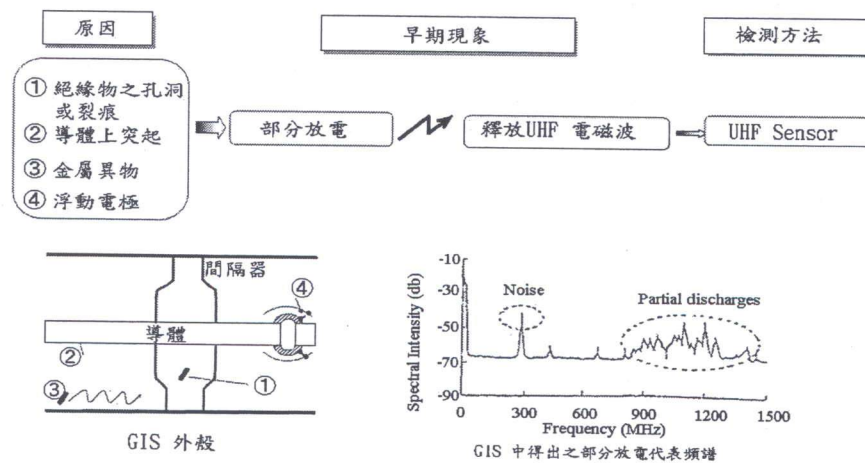
任何一項設備，在周圍充滿絕緣物之導體上施加高電壓後，若絕緣物內存在缺陷，則會使絕緣物內部電場強度分佈不均；此現象可能因為絕緣本身材質不良、老化、劣化或是環境造成之污染（例如：髒污、鹽害等破壞）及帶電導體的突出尖端等因素，使得洩漏電流在絕緣物內形成一個局部放電的通道，且由於電荷的轉移而產生暫態放電電流脈波。在經長時間的電應力衝擊下，放電電流在此通道內擴散，持續使絕緣介質劣化並降低絕緣材料的絕緣能力及耐久性，當部分放電在介質內擴散到相當程度時，極易導致放電路徑全部貫通，使得絕緣物失去良好之絕緣能力，變成永久破壞造成電力設備的損壞。

## 二、部分放電量測方法

現行部分放電量測方法有數種，較常使用之方法大約有 5 種，以下將依其量測原理作一簡單說明：

### ● 超高頻電磁波量測法

當設備於正常電壓運轉下，若導體上有異常突起物、絕緣物上出現空洞現象，或是因螺絲未鎖緊產生浮動電位，在以上三種情形下，有極大可能會產生異常之超高頻電磁波。藉由設備內或外所安裝之感測器偵測到超高頻電磁波，再利用類神經網路理論判別其故障之型式，並研判是否有立即之危險。此次學習之部分放電偵測系統，即以此方法為基本判斷方式，其檢測原理流程圖如下：



### ● 超音波量測法

超音波量測法是利用部分放電時產生之聲波現象，藉此聲波現象來檢測部分放電的大小與位置，此量測法一般分為非接觸型與接觸型

兩種

- 非接觸型：一般用於量測由空氣傳播部分放電所產生的超音波。因超音波進入空氣時衰減快速，所檢測之信號已非原始信號，故通常用於量測表面放電或高壓礙子所產生的電暈。
- 接觸型：一般是量測由液體、絕緣材料或金屬傳導部分放電所產生的振動波。因感測器直接黏貼於試體，可直接檢測出部分放電時所產生之超音波，故通常用於 SF<sub>6</sub> 氣體絕緣開關設備或封閉式變壓器的放電位置定位。

- 電氣脈衝量測法

電氣脈衝量測法係利用放電時所產生之電氣脈衝信號作為檢測方式，通常用於高壓電纜接頭及接地線等電纜相關設備部分放電情形，因其靈敏度較高，可依其頻譜辨識放電類型，亦可做定量分析，惟易受雜訊之干擾。

- SF<sub>6</sub> 氣體量測法

部分氣體絕緣開關設備是使用 SF<sub>6</sub> 六弗化硫氣體作為絕緣介質，正常運轉下之 SF<sub>6</sub> 是不會因化學反應產生 SO<sub>2</sub> 二氧化硫氣體，惟在有電弧放電發生時才會產生大量 SO<sub>2</sub>，此一量測法即利用 SF<sub>6</sub> 之特性，定時取少量 SF<sub>6</sub> 氣體置入 SF<sub>6</sub> 氣體分析儀分析，若檢測到 SF<sub>6</sub> 氣體中含

有大量 SO<sub>2</sub>時(SO<sub>2</sub> > 5 ppm)，表示 GIS 中內部已有內部放電情形產生。

- IMS 量測法

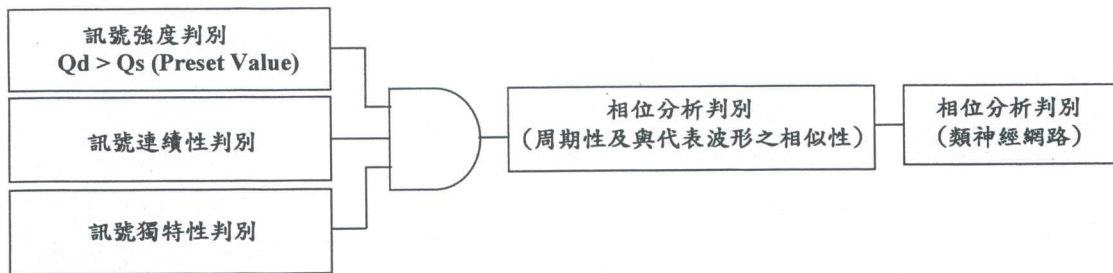
IMS 量測法係利用 IMS 動態離子分析測試儀，將 SF<sub>6</sub> 氣體分解物進行測量。當漂移的離子於環境壓力下流通一個指定的電場，其流動過程中，因不同的幾何結構、電荷與質量會影響分子的漂移速度，藉由檢測到的時間前後與訊號大小，即可測得不同分解物與其含量，並以此分析是否發生部分放電情形，其判斷標準如下圖：

標準	峰值漂移/msec.	濃度/ppmv
純度正常!!	0~1.5	< 500
低度污染!!	1.5 ~ 3	500~1000
已遭受污染!!	3 ~ 6	1000 ~2000
高度污染!!	> 6	> 2000

### 三、部分放電偵測系統 (Partial Discharge Monitoring)

部分放電偵測系統係以超高頻電磁波量測法為基礎，藉由裝設於監測設備上感測器所抓取之信號，分析其頻譜及相位圖形後得知結果，其中頻率量測範圍從 9kHz~1.5GHz，在此頻率範圍進行分析可排除相當程度之雜訊，再從此頻譜範圍中找出最大點進行相位展開，其部分放電判別準則如下：





- 訊號強度判別：可排除周遭特定儀器所產生之通信波，其所產生之訊號時間差相同。
- 訊號連續性判別：可排除開關操作瞬間所發生之放電現象，不同於部分放電為長時間連續性之信號，僅於操作瞬間才出現。
- 訊號獨特性判別：可排除氣中正常之放電現象，氣中放電現象於低頻時即產生，波形較為平坦。

## 肆、實習過程及內容

### 一、參訪地點

- 日本 AE 帕瓦株式會社 (Japan AE Power System Corporation)  
位於東京都的日本 AE 帕瓦株式會社是由株式會社日立制作所、富士電機株式會社、株式會社明電舍三家公司將輸變電、受變電、配電領域的業務進行合作重組後，於 2001 年 7 月成立的公司。資本額 200 億日圓，員工約 1,400 名。該公司主要業務內容為輸變電、受變電、配電等相關設備、機器的研究、開發、設計、製造、工程、銷售、安裝及維護、服務等相關業務。

- 日本 AE 帕瓦株式會社國分廠 (Japan AE Power Kokubu works)

日本 AE 帕瓦株式會社國分廠於 2001 年 7 月與另兩家公司合併前，係為株式會社日立制作所所屬之製造廠，主要製造設備為各級 SF<sub>6</sub> 氣體絕緣開關設備與電力變壓器。該分廠辦公室大樓及部分試驗廠房於 2011 年日本 311 地震中受損，試驗廠房進行補修後已重新使用，辦公大樓部分已夷平待重建。

## 二、參訪過程

本次實習行程前幾天於東京都學習部分放電相關知識，以及部分放電偵測系統介面介紹與簡易判別方式，另外安排一日至國分廠參觀 GIS、變壓器等設備製造過程：

- 部分放電偵測系統

部分放電偵測系統，一台比公事包再大一點點的四方型機器，只須透過同軸電纜連接至感測器，即可於線上即時監視電力設備的狀況。前來上課的工程師說，部分放電偵測系統 (PDM) 透過 UHF 量測法 (超高頻電磁波量測法) 分析收集到的信號，再利用類神經網路分析相位圖及頻譜圖，寫入程式自動判斷是否為不正常之放電現象。簡單介紹後，工程師當場模擬幾種信號，教我如何判別以及進行 Q&A 時間，其內容如下：

1. 如何判斷 PDM 所顯示的波形,何者是雜訊,何者是部分放電情形?

Ans : 部分放電及一般雜訊信號之差異,針對其特徵整理成下表

信號源	時間(相位)分布	頻率分布	其他特徵	PDM 系統的自動判別
部分放電	系統電壓與信號相位同步	通過 GIS 內部傳出,約數百 MHz 以上	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 持續性信號。</li> <li>2. 若為分離式 GIS,在其他相位不會被檢測出。</li> <li>3. 在 GIS 內部信號衰減,有一定的規律</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 臨界值主要判定為 A 種信號。</li> <li>2. 持續性的信號主要判定為 B 種信號</li> <li>3. 其他相位亦有檢測出,主要判定為 C 種信號。</li> <li>4. 判定為何種信號源(ABC)係根據部分放電的時間(相位)分布,每個測量點的數據大小,可用來判斷出故障點位置。</li> </ol>
雜訊 A(通信波通過)	系統電壓與信號相位非同步 =>峰值則是保持平坦波形	與使用之設備(機器)頻率相同	移動通信設備或其他設備之位置,信號亦跟著有所變化	除了已知通信設備信號的頻帶,若有其他頻帶之信號,可確定為部分放電
雜訊 B(開關操作)	相當於部分放電	相當於部分放電	開關操作瞬間發生信號,操作後信號則無持續性	通過信號為持續性信號即可確定為部分放電
雜訊 C(氣中放電)	相當於部分放電	對數往往比較低頻率成分帶	GIS 內多數的測量點,同時檢測出信號	若測量點較其他相各測量點信號為大,可確定為部分放電

2. 若雜訊大於部分放電訊號,是否仍能判斷出部分放電情形?

Ans : 一般的 PDM 系統中(非 HITACHI 的 PDM 系統),係使用時間(相位)分布來作為判斷之依據,用濾波器除去當時通信波之雜訊,

與收集設備操作時相關資訊，以除去開關操作時產生之雜訊信號。對於去除上述以外之雜訊，一直以來皆沒有其他方法，且僅有在部分放電的信號大過雜訊信號時，才能檢測出設備是否有部分放電之情形發生。

對 HITACHI 設備來說，從偵測到的頻率分布，進而至低頻雜訊時間（相位）分布，HITACHI 公司已建立一套部分放電偵測系統的測量方式。對於整套 GIS 設備，此套系統可保持 5-10pC 的靈敏度。

3. pc 值達到多少以上才會被認為有部分放電之疑慮？

Ans：最高性能的 PDM 系統（可檢測出最低之信號），安裝在設備外箱內之感測器約可偵測到 0.1pC，在外箱外之感測器約為 0.7pC；若是 UHF 檢測方式，感測器與產生放電信號之故障點間的距離決定信號衰減程度，導致靈敏度下降，因此其檢測值達到多少 pC 以上，方可認定為部分放電之疑慮，待感測器位置而定；一般來說，若檢測出 5-10pC 的放電量，即可判定其有部分放電之疑慮。

4. 變壓器及氣體絕緣開關之部分放電偵測系統有何分別？分別裝設於何處？

Ans：基本上變壓器及氣體絕緣開關設備的部分放電偵測系統相同，皆係透過感測器傳送信號至偵測系統進行判斷。在大部分的情況

下，變壓器的感測器多被安裝在絕緣油放油閥內測，為內藏型感測器；GIS 則是安裝於維護用手孔或間隔器間絕緣用的墊片上。

- GIS 廠房

參觀 GIS 廠房時，恰巧碰到 550kV GIS 出廠試驗，因其電壓等級較本國大，本體及其試驗設備皆大上許多。經由專業設計人員解說，運轉中之 GIS 部分放電偵測，係以氣室來區隔，大約 1 個檔位裝 2 個 PDM (Partial Discharge Monitoring) 感測器，其裝設位置大多於間隔器或導體上，由感測器抓取信號後再送伺服器主機進行判斷是否發生部分放電現象，是否有立即危險。

- 變壓器廠房

走到變壓器廠房，了解株式會社日立制作所創辦人製造第一台發電機典故，設計部工程師大約介紹變壓器之製作過程，備料、線圈製作、鐵心堆疊、鐵心組立，到最後抽真空、絕緣油處理、總組立到試驗裝箱運送等過程，與我國製造之電力變壓器流程相同，惟其可製造之變壓器等級及容量皆較我國為大。無氣室區別的變壓器，PDM 的感測器大部分裝設於套管和本體連結間，也有部分變壓器是裝設於冷卻油閥門處。

## 伍、 實習心得及建議事項

在執行出國計畫先行聯絡，透過協力廠商尋求適當參訪地點時，意外得知日本境內運轉中的部分放電偵測系統僅有氣體絕緣開關應用之實例，在參觀變壓器生產線時，設計工程師解釋說，變壓器是一種構造極為複雜的設備，不像 GIS 有氣室區隔，容易偵測出哪個區間發生部分放電現象；而變壓器油流情形使得偵測到的信號點不一定是實際發生部分放電的故障點，再加上 PDM 的感測器多置於本體外部，外界干擾信號亦會產生系統無法辨識之類似部分放電情形，這時得需要人力進行判斷；且變壓器尚有油中氣體分析等化學檢測方式，同樣能夠明確檢驗出是否有發生故障之危險，對日本境內電力公司來說，於變壓器加裝部分放電偵測系統隨時監視運轉情況，所投入的成本與其實質效益有很大落差，但若客戶提出需求，仍然會於出廠之設備上加裝此套系統，而在中國大陸確實有訂製裝設部分放電系統之變壓器。

我國未來幾件電廠更新案，皆有規劃於變壓器上加裝此套系統，為防止系統將各種信號誤判為部分放電現象，不斷發生警報，建議應由變壓器設備廠商負責提供較廣泛深入之訓練課程，俾利電廠維護及值班人員能先了解變壓器部分放電之特性，及各種信號所屬之頻寬、相位，並且培養能分析之專業人才，才可確實判斷設備狀況，做出最正確的決定，使變壓器部分放電偵測儀器能發揮最大效用。