

「2020中華民國營建工程學會第十八屆營建產業永續發展研討會」

中國醫藥大學附設醫院之自設電力變電室管理之探討

-以急重症中心大樓為例

*蔣國良 (kuo Liang Chiang)

逢甲大學建設學院

專案管理研究生

**曾 亮 (Liang Tseng)

逢甲大學建築專業學院

副教授

***楊朝仲 (Chao-Chung Yang)

逢甲大學建設學院

專案管理研究所主任

摘要

電力為日常生活帶來相當多的進步與便捷，但同時因電氣設備絕緣老化、外物碰觸或外力破壞等因素，另因環境或人為操作不慎等，使得設備在運轉的過程中發生事故，造成人員感電或電氣火災。本文係針對醫院自設電力變電室管理供電設備安全為目的，依現行能源局訂定法規電業法第六十條及用電場所及專任電氣技術人員管理規則規定高壓供電設備檢驗維護方式及週期外，醫院再依國內外相關已有文獻研究出及國內相關大企業高壓用電戶自行增加已使用之檢驗方式及執行頻率後分析等做探討，依據檢測計畫、檢測時程、施作內容、施作過程檢測出異常設備並給予立即汰換與改善。

依據自行增加之檢驗方式檢測結果：急重症中心大樓自設電力變電室，發現3組高壓變壓器及5顆高壓電纜頭異常進行停電汰換自104年至現在。此結果可得知目前台灣施做此檢測之業界程度、經驗、使用儀器及教育訓練皆會影響判讀，故將此作為未來可做為醫院對其他醫療棟別建築物之參考及改善依據。

關鍵字：中國醫藥大學附設醫院、自設電力變電室、急重症中心大樓

Discussion on the Management of the Self-built Power Transformer Room in the Affiliated Hospital of China Medical University-Taking the Building of the Emergency and Critical Care Center as an Example

Abstract

Electricity has brought considerable progress and convenience to daily life, but at the same time, due to factors such as aging of electrical equipment insulation, contact with external objects or damage by external forces, and due to environmental or human operation carelessness, accidents occur during equipment operation. , Causing electric shock or electrical fire. This article is aimed at managing the safety of power supply equipment in the hospital's own power transformation room. According to Article 60 of the Electricity Law of the current Energy Bureau and the rules for the management of

electric places and full-time electrical technicians, it stipulates the inspection and maintenance methods and cycles of high-voltage power supply equipment. In addition, the hospital will study based on relevant domestic and foreign existing literature and domestic high-voltage power users of relevant large enterprises to increase the used inspection methods and perform frequency post-analysis on their own, based on the inspection plan, inspection schedule, and implementation content. , The abnormal equipment is detected during the construction process and immediately replaced and improved.

According to the test results of the self-increased inspection method: the emergency and critical care center building has its own power substation, and it is found that 3 sets of high-voltage transformers and 5 high-voltage cable heads are abnormal and have been replaced since 104. This result shows that the current level of industry, experience, use of equipment, and education and training of this test in Taiwan will affect the interpretation, so this can be used as a reference and improvement basis for other medical buildings in the hospital in the future.

壹、緒論

1-1 研究動機與目的

1-1-1 研究動機：醫院是個特殊的建築環境，且出入人員眾多又因醫療行為使用之儀器眾多，使得醫療從業人員、病患及家屬暴露供電安全危險因子的空間裡。中國醫藥大學附設醫院之急重症中心大樓變電室每年依電業法第 60 條規定每年定期執行停電耐壓檢測及不斷電熱顯像檢測，檢測結果皆正常，但於某一晚上一高壓電纜頭因絕緣裂化導致台電停電由發電機供電，從檢查至恢復供電耗時 4 小時，因此為求有效安全的提供醫院用電需求，故與台電及台積電請益如何有效管理維護自設電力變電室並發現潛在風險及預防。

1-1-2 研究目的：為了增加醫院供電安全利維護醫療從業人員、病患及家屬之工作及就醫安全，故針對自設電力變電室高壓電力設備增加檢測項目及頻率做探討。

- (一) 探討現行法規檢測保養及維護，為何高壓電纜頭會擊穿之原因及現況。
- (二) 了解其他可預防潛在危險之檢測方法。
- (三) 整合檢測保養及維護施作方式及內容之重點。
- (四) 提供醫院針對自設電力變電室高壓電力設備之維護管理。

1-2 研究主題與內容

1-2-1 研究主題：本文之研究對象是中國醫藥大學附設醫院急重症中心大樓，2007 年啟用，建築規模為地下 2 層，地上 18 層，本次研究範圍是在地下一樓自設電力變電室(如圖 1)高壓電力設備之維護管理潛在危險與異業討論，並提出改善計劃，其工作內容：找出電纜頭絕緣劣化擊穿原因、提出對策及計畫期程等項目。

變電室區域編號圖

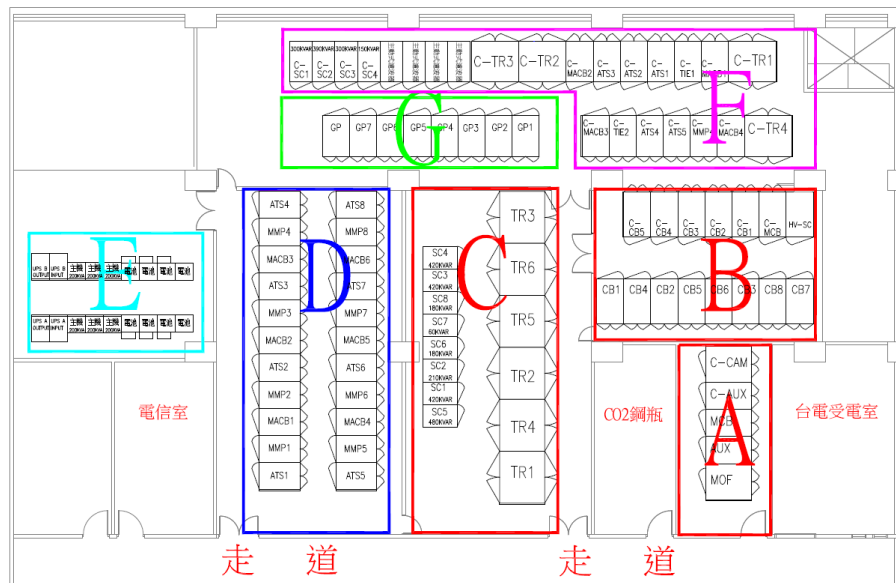


圖 1 變電室 A、B、C、F 高壓電區域

1-2-2 研究內容：研究流程從電纜頭絕緣劣化擊穿改善為主軸探討醫院自設電力變電室管理，分為下列幾個面向做研究：

(一)既有維護保養檢測項目：

1. 每日三班巡檢變電室各盤體狀況及燈號。
 2. 每月停電測試半小時測試各開關、儀表、燈號及人員訓練緊急應變。
 3. 法規檢測項目：((停電檢測項目：耐壓測試、保護電驛測試、設備清潔)。/(不停電檢測項目：熱顯儀檢視各盤體各端子、高低壓設備溫度有無異常變化。))
- 法規檢測儀器及項目(如表 1)

(二)文獻及異業使用維護保養檢測項目及頻率：

- 自設檢測項目：(((不停電檢測：放電量檢測(以台積電專業廠商施做))及((熱顯儀檢測(醫院自聘專業受訓員工施做)))。)
- 自設檢測儀器及項目(如表 2)。

表 1 檢測儀器及檢測項目表

儀器名稱	儀器照片	儀器檢測之項目	類分
直流耐壓測試設備。 40kV輸出		耐壓檢測	儀表
保護電驛測試器		保護電驛測試	


熱顯像儀		溫度檢測
------	---	------

表 2 檢測儀器及檢測項目表

儀器名稱	儀器照片	儀器檢測之項目	分類
便攜式部分放電分析儀 (PDSolution)		IEC 62478 部分放電現場測試法	儀表
熱顯像儀		溫度檢測	

貳、文獻探討

2-1 法規文獻探討

電業法第六十條規定：裝有電力設備之工廠、礦場、供公眾使用之建築物及受電電壓屬高壓以上之用電場所，應置專任電氣技術人員或委託用電設備檢驗維護業，負責維護與電業供電設備分界點以內一般及緊急電力設備之用電安全，並向直轄市或縣（市）主管機關辦理登記及定期申報檢驗維護紀錄。前項電力設備與用電場所之認定範圍、登記、撤銷或廢止登記、維護、申報期限、記錄方式與管理，專任電氣技術人員之認定範圍、資格、管理及其他應遵行事項之規則，由中央主管機關定之。因此由台灣區用電設備檢驗維護工程工業同業公會依法規制定檢驗標準(如表 3)。

表 3 用電設備檢驗標準表

設備種類	檢測項目	檢測規範	定期檢測	設備規格	新品驗收	評判標準			單位	備註(參考標準)	
						良好(G)	劣化(D)	待檢(I)			
CB LBS DS	DC耐壓、絕緣	12、24、36kV	DC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	1200▲	1000▲	1000▽-500▲	500▽-250▲	250▽	MD	施工檢測三擇一 TPPC(二+三)5-1
	AC耐壓、絕緣	20kV 10分鐘	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	無異狀	400▼	---	---	400△	μD	
CB	接觸電阻	10A	接觸電阻	10A	額定電流600A	400▼	---	---	300△	μD	TPPC(二+三)5-2
	AC耐壓、絕緣	20kV 10分鐘	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1000A	200▼	---	---	150△	μD	
LA	DC耐壓、絕緣	12、24、36kV	DC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	100△	μD	TPPC(二+三)5-3
	AC耐壓、絕緣	20kV 10分鐘	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	100▼	---	---	5△	%	
Cathode	AC耐壓、絕緣	12、24、36kV	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	4△	mS	TPPC(二+三)5-11
	DC耐壓、絕緣	12、24、36kV	DC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	
TR PT CT	DC耐壓、絕緣	12、24、36kV	DC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	TPPC(二+三)5-4
	AC耐壓、絕緣	20kV 10分鐘	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	
TR	DC耐壓、絕緣	12、24、36kV	DC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	ASTM D-877-48
	AC耐壓、絕緣	20kV 10分鐘	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	
DC	DC耐壓、絕緣	12、24、36kV	DC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	TPPC(二+三)5-11
	AC耐壓、絕緣	20kV 10分鐘	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	
ALL	DC耐壓、絕緣	12、24、36kV	DC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	TPPC(二+三)5-2
	AC耐壓、絕緣	20kV 10分鐘	AC耐壓、絕緣	10kV 1分鐘	額定電流1500A	150▼	---	---	---	---	
RY	電解水體持性	初動及2、3、5倍時間、隔斷絕乾	電解水體持性	初動及2、3、5倍時間	5/150、5/1N/50N	±5	---	---	---	---	其他電解標準參考各類表規範
	電解水體持性	初動及2、3、5倍時間、隔斷絕乾	電解水體持性	初動及2、3、5倍時間	5/150、5/1N/50N	±5	---	---	---	---	
Earth	接地電阻	---	接地電阻	---	---	---	---	---	---	---	電工法規第25條
	接地電阻	---	接地電阻	---	---	---	---	---	---	---	
▲ 以上而其包含	▼ 以下而其包含										
△ 以上而其包含	▽ 以下而其包含										

2-2 自設檢測項目文獻探討

經與異業聯盟例台積電等與財團法人台灣大電力研究試驗中心得知放電分析儀檢測如下：高壓設備發生短路或擊穿事件時，大部分的原因都是因絕緣劣化所致，而造成高壓設備絕緣劣化原因不外乎是因設備的老化、施工過程中或高壓絕緣設備在製造過程中可能會參雜一些雜質，而這些雜質最常見的就是氣泡或絕緣遭受破壞等，或者在搬運過程中因撞及而產生裂縫，這些都是造成絕緣材料發生局部放電的一些主因。

目前台灣業界依賴的直流耐壓或電力因數測試高壓設備的絕緣，只能診斷高壓設備整體絕緣的劣化情形，無法診斷出部分高壓設備的瑕疵放電，但局部放電檢測雖然不能診斷高壓設備的絕緣能力，但可以診斷出高壓設備內的瑕疵放電。不過依據現行台灣並無測量局部放電方法及依據，依國際規定測試法於現場測量局部放電時，必須中斷電源並連接耦合電容至高壓設備端，然後透過測量阻抗來耦合局部放電的訊號，但是對醫院而言要利用標準測試法來檢測高壓設備時，則會加長停電的時間，可能會造成醫療行為停滯及病患安全，因此市面上目前就發展出非傳統式的電場及磁場的耦合模式，並應用在不停電的狀況下測試高壓設備的局部放電。

放電分析儀是其中一種檢測，主要利用電磁波的原理來測量局部放電訊號，但背景環境充斥著各種不同的電磁波成了主要的干擾雜訊來源，因此選擇適當的頻帶則顯得非常重要，而所要測試的高壓設備如比壓器、高壓電纜頭、斷路器及模鑄式變壓器等，這些高壓設備都安裝在金屬開關盤裡，雖然金屬開關盤本身雖可阻隔大部分外在的干擾雜訊，但電力設備如整流器等所產生的干擾雜訊或其他外在的雜訊，仍會經由電力線進入高壓盤內，圖 1 就是於不同的變電站的高壓盤內所收集到的環境背景雜訊頻譜統計，可以看出其主要雜訊都落在 300MHz 以下，且在多次於現場所收集的資料顯示，於 300MHz~3GHz 的 UHF 頻帶雜訊最少，所以最後頻帶選用起始頻率為 300MHz，截止頻率為 800MHz(如圖 2)。(電力工程研討會第 27 屆期刊)dbm 是一個表示功率絕對值的單位，計算公式為： $10\lg$ 功率值/1mW。

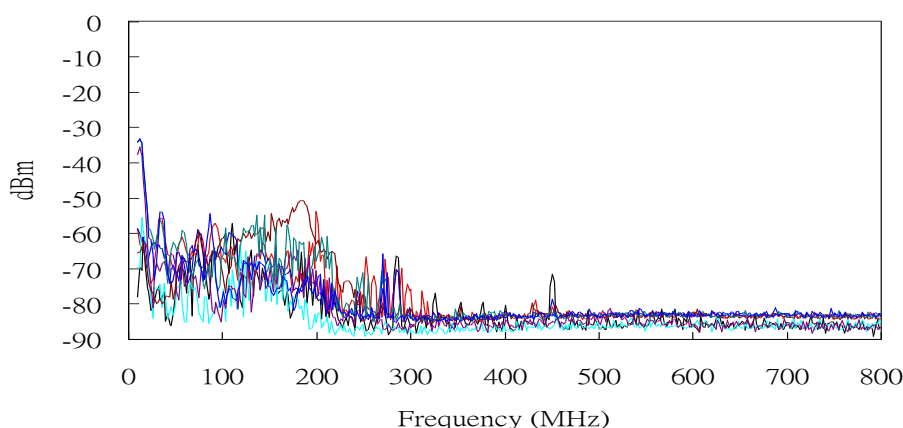


圖 2 放電圖譜

參、檢測作業時程

3-1 檢測基本的判斷標準：

依台積電專業商建議基本的判斷標準：內部放電訊號量評判標準、外部放電訊號量評判標準、外部放電訊號量評判標準(如表 4、5 及 6)：

表 4 內部放電訊號量評判標準表

量測放電值 (mV)	建議說明
10 以下	持續追蹤，觀察放電量變化
10~100	請於下次停電歲修時更換，更換前二個月追蹤一次
100 以上	請於近期內安排停電更換

附註：以上為常見放電現象之建議值，特殊情況時仍須以詳細報告書之建議說明為主。

表 5 外部放電訊號量評判標準表

電暈放電（尖端放電）	不危險，有機會停電的時候才須處理
絕緣物與帶電體間的空氣放電	
絕緣物表面因電場分佈不均的沿面放電 （無閃落痕跡及聲響火光出現）	
相對相或相對地間絕緣距離不足的放電	危險性較高，於下次停電處理前定期追蹤
絕緣物表面因電場分佈不均的沿面放電 （有閃落痕跡及聲響火光出現）	
絕緣物表面因電場分佈不均的沿面放電 （有閃落痕跡路徑出現）	危險性高，須立即安排停電處理

附註：有時外部放電的放電訊號非常的大，但卻不一定危險，所以不能以內部放電的標準來評判。

表 6 On-line PD 評判標準表

	低	中(建議更換等級)	高(立即停電等級)
內部放電	初期放電(1個月內)，PD放電量小於 20mV	PD放電量 30mV~300mV 間，或低風險時的 pps 倍增 2~3 倍，或放電角度超過 50%	PD放電量超過 300mV 以上，或中風險時的 pps 倍增 2~3 倍，或放電角度超過 50%
	持續觀察	1. 變壓器及電纜頭：建議 2 個月內更換完成 2. CT, CB: 6 個月內更換完成	24 小時內立即停電
外部放電	初期放電，放電量振幅變化大，有時訊號會消失。 放電現象： 1. 電暈放電（尖端放電）， 2. 絕緣物與帶電體間的空氣放電。 3. 絕緣物表面因電場分佈	放電訊號不會消失，放電現象： 1. 相對相或相對地間絕緣距離不足的放電。 2. 絕緣物表面因電場分佈不均的沿面放電（有閃落痕跡及聲響火光出現）。	絕緣物表面因電場分佈不均的沿面放電（有閃落痕跡路徑出現）

	不均的沿面放電（無閃落痕跡及聲響火光出現）		
	持續觀察	建議3個月內停電處理	24小時內立即停電

註1：外部放電的放電量有時超大，但不見得有風險，所以並無法依放電量大小來判斷風險。

註2：內部放電的評判標準還會依不同的設備而有不同，如電纜頭的特性就跟CT不太一樣。

註3：變壓器內部線圈的熱應力破壞，破獲速度相當的快，約15分鐘至數小時不等，但因非電應力破獲，所以PD檢測可能檢測不到，變壓器的熱應力破獲可選用光纖溫度感測或磁場偵測來保護。

3-2 一般性檢測時程：

本文主要探討醫院自設電力變電室管理提昇醫院用電安全性，故制定定期性檢測保養計畫及頻率(如表7)。

表7 定期性檢測保養計畫及頻率表

	每日	每月	每年
三班巡檢	3次	/	/
每月停電測試半小時	/	最後一週週日	/
法規規定停電檢測保養	/	/	2月
法規規定不停電檢測	/	/	9月
自設放電量檢測	/	/	6月
自設熱顯儀檢測	/	每月10日前	/

3-3 臨時性檢測時程：

因高壓電設備屬特殊供電設備一般廠商無法在政府申請立案在簽約時必須政府核可備案信譽商簽定保養暨緊急叫修合約，若自主檢查遇供電聲音或溫度異常時可請專業廠商至現場量測放電量。

肆、施作內容與過程

本節主要針對醫院自設電力變電室管理改善，施作內容/施作過程介紹如下：

4-1 施作內容

依法規直流耐壓檢測作業(如圖3)(表8)及熱顯像檢測作業(如圖4)並無找出異常設備。



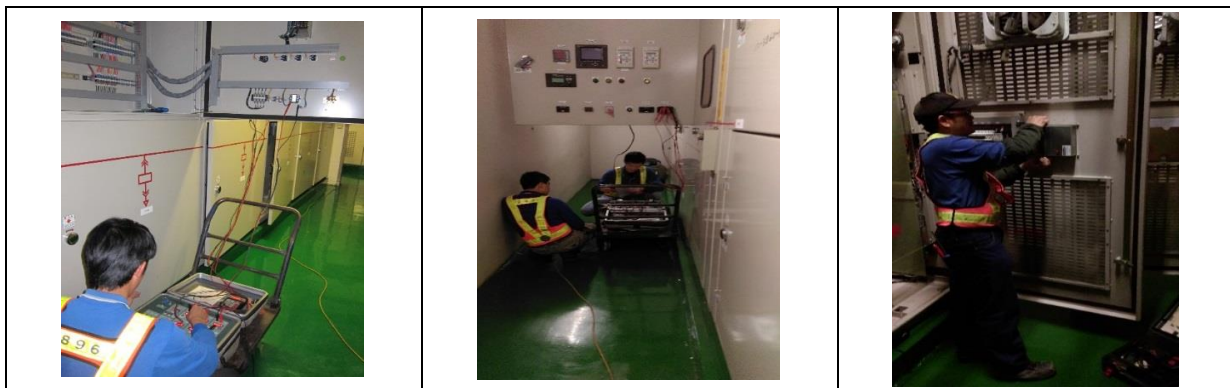


圖 3 停電保養檢測高壓設備



圖 4 不停電保養檢測高壓設備

表 8 耐壓檢測報告表

檢測種類：TR 頁次：27/86

客戶：中國醫藥大學附設醫院(急重症大樓)		檢測日期：108/02/24		測試：#09	
檢測地點：醫療大樓(總站)		設備名稱：TR2		溫度：90.5℃	
製造廠：亞力電機		一次電壓(預)：22.8KV		油溫：18℃	
型式：樹膠乾式		二次電壓(預)：380/220V		油量：℃	
製造廠號：011088		製造日期：06.10		容量：2000/2000KV	
測試儀器廠牌型式： 系統對應之設備明細：		額定電壓：22.8 KV		額定電壓：22.8 KV	

		介質吸收特性檢測			直流加壓	
檢測部份		R				
加壓部份		F				
接地部份		SE				
防護部份						
mA	檢測電壓	12	24	36		
流過電流	DC /KV					
加壓	10秒	15.06	22.45	30.07		
	20秒					
	30秒	11.32	16.77	22.50		
	40秒					
	50秒					
時	一分	7.52	11.10	14.01		
	三分					
	五分					
	十分	7.03	10.25	14		
絕緣電阻計算值		2571.4 MΩ			MΩ	MΩ
25℃絕緣校正值		MΩ			MΩ	MΩ
DC：2.00 KV > MΩ		MΩ			MΩ	MΩ
30秒/60秒吸收比		1.52				
1分/10分吸收比		1.07				
評		M			G	
絕緣油絕緣電壓		KV			絕緣油絕緣值：C(mgKOH/ml)	
接地電阻值(C2)(C1)系統接地電阻：(C2)避雷器專用接地電阻：(C3)設備接地電阻：						
備		加壓DC：36KV，一分鐘無異狀。				
註						



4-2 施作過程

利用 PDSolution 部分放電分析儀器搭配部分放電之相位圖譜量測分析功能，及內建頻譜分析功能（頻譜儀）以及時域分析功能（示波器）檢測出高壓變壓器編號 TR1 及 TR2 及一些高壓電纜頭發現不正常放電(如圖 5)及(表 9)。

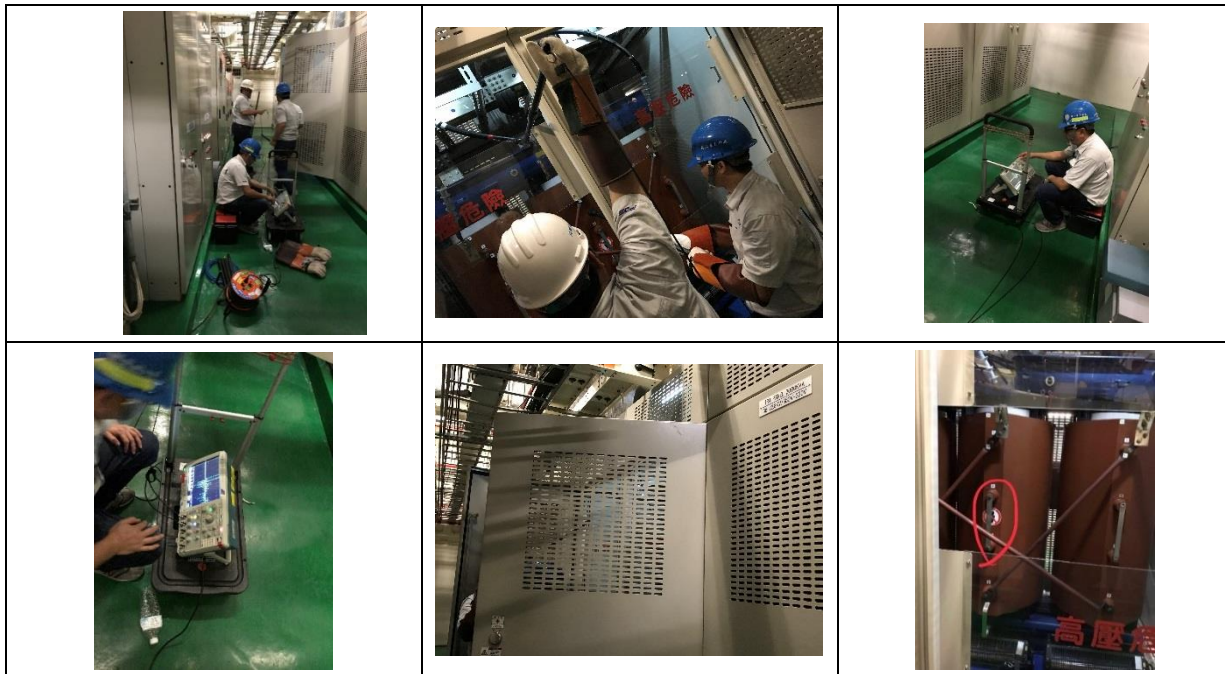


圖 5 不停電保養放電檢測高壓設備

表 9 放電檢測報告表

檢測位置	急重症 H 棟	檢測設備	PDS PD Solution
檢測盤名	TR2	設備名稱	TR_CABLE
部份放電相位圖			
建議改善或說明			
<ol style="list-style-type: none"> 變壓器 S 相高壓引接線內部的放電，放電量約 22mV。 建議下次停電時更換此變壓器。 			
<input type="checkbox"/> 需注意，於下次檢測繼續追蹤 <input type="checkbox"/> 於下次停電時應優先處理 <input type="checkbox"/> 有危險性應立即點檢維修			

中國醫藥大學附設醫院 PD 異常報告

1. 總攬

設備位置	設備盤名	說明	風險
急重症H棟	HV-SC	電抗器套管放電	低
急重症H棟	TR-1	變壓器R相放電，建議更新	中
急重症H棟	TR-2	變壓器S相放電，建議更新	中

伍、結論與建議

本文經由緒論、文獻探討、檢測作業時程、施作內容與過程等章節得結論與建議：

5-1 結論

對於以急重症中心大樓建築物自設電力變電室管理以既有現行法規及高壓檢測方式用於醫院一般高壓做檢測工法之有補強之處。本研究結論如下：

- (一)部份放電 (PD) 為高壓設備絕緣劣化之先期指標，當放電持續一定時間後，將使絕緣材料劣化，極易導致閃絡而燒損設備，引起供電事故。
- (二)目前耐壓絕緣測試無法立即測出高壓設備絕緣材料介質問題。
- (三)依目前國際的法規如 IEC、ANSI 等，都以高壓設備出廠的局部放電標準值來定義，而且定義測試方法及頻率範圍等，都沒有定義活線局部放電的測試方法及標準值，雖然 IEC-62478 正在定義活線局部放電的測試方法，但標準法規未定義出來之前，只能以經驗值及各專業商使用何國儀器檢測來做判斷標準，依台積電專業商建議基本的判斷標準(如表 4、5 及 6)。

5-2 建議

- (一)、本研究是以醫院自設電力變電室管理為例進行針對「放電檢測」結果做探討。因急重症中心大樓整體建築物是以急重症治療為主，包含急診室、手術室及放射線檢查(核醫、放射腫瘤、MRI)等高用電之設備，使用電量龐大，故在供電安全管理措施下，在法規以外的預防措施實施 PD 檢測 104 年至現在，以獲得預防成效。
- (二)、藉由急重症中心大樓進行自設電力變電室管理為範本，可做為醫院對其他醫療棟別建築物進行自設電力變電室管理評估之參考。

參考文獻

- 1、邱敏彥，比壓器絕緣診斷手法之差異研究，第 26 屆電力工程研討會，新竹縣，2005 年。
- 2、邱敏彥，應用 UHF 技術檢測高壓設備局部放電，第 27 屆電力工程研討會，新竹縣，2006 年。

- 3、邱敏彥，模鑄式變壓器線上/離線局部放電檢測方法比較，第28屆電力工程研討會，新竹縣，2007年。
- 4、經濟部，用戶配電場所設置及管理辦法，發布日期：2018年05月24日。
- 5、經濟部，電業法，修正日期2019年05月22日。
- 6、經濟部，用戶用電設備裝置規則，修正日期2020年04月15日。
- 7、Min-Yen Chiu, Chang-Hsing Lee, Chih-Hsien Huang, Shih-Hsiung Yen, "The Case Study of On-Line PD Measurement on in service MV Cable Terminations", The 5th International Workshop on Electrical Installations in Hiroshima, JAPAN, pp. 511-516.
- 8、IEC 60270 High-voltage test techniques - Partial discharge measurements.
- 9、IEC 60044-2 Instrument transformers - Part2: Inductive voltage transformers.

姓名	服務單位	職稱	地址	電話	E-mail	是否出席?
蔣國良	逢甲大學建設學院專案管理研究所	研究生	台中市西屯區文華路100號	0932569058	jck742014@gmail.com	是
曾亮	逢甲大學建築專業學院	副教授	台中市西屯區文華路100號	0931775801	tseng@fcu.edu.tw	是
楊朝仲	逢甲大學建設學院專案管理研究所	主任	台中市西屯區文華路100號	0939504299	ccy@fcu.edu.tw	否