

精確時間計次分析式簡易型局部放電檢測器電路設計及應用

Design and Application of a Simple Partial Discharge Detector Counter Circuit with Precision Timing

王崑凌¹

戴政祺¹

蘇經洲²

陳建富¹

Kune Ling Wang, Cheng-Chi Tai,
¹ 國立成功大學電機工程學系
Department of Electrical Engineering
National Cheng Kung University
Tainan, Taiwan, R.O.C.

Ching-Chau Su, Jiann-Fuh Chen
² 南榮技術學院電機工程學系
Department of Electrical Engineering
Nan Jeon Institute of Technology
Tainan, Taiwan, R.O.C.

*E-mail: ctai666@gmail.com

摘要

局部放電檢測主要應用於檢測電力設備內部的絕緣狀態，進而預防電力設備因長期運轉使絕緣性能變差，導致電力設備發生故障甚至燒毀。本論文主要目標為根據本實驗室所設計的帶通濾波放大電路，對其開發具備長期監控、產生精準時間及計數放電次數功能的MSP430微處理器電路，並實際應用在電力電纜及模鑄式比流器的局部放電檢測。經由實驗證實，此系統具備長期監控局部放電的功能，並可由局部放電的計數次數，判斷該電力設備的局部放電嚴重程度，更可利用多組系統找出電力設備局部放電源的大概位置。此外，與商用檢測設備動輒數十萬至數百萬的價錢相較之下，本系統僅需數千元，大幅降低檢測成本使局部放電檢測更加普及。

關鍵詞：局部放電、音射法、檢測器、電力電纜、模鑄式比流器

Abstract

Partial discharge (PD) detection technique can be used to inspect power equipment interior insulation status to prevent breakdown. The main purpose of this paper is to develop a simple PD detector that is based on the MSP430 microcontroller and combined with a bandpass filter / amplifier that was previously designed in the NDE laboratory. The simple detection system can be used for long-term monitoring, generating precision real-time clocks, and counts the number of PD events from acoustic emission (AE) waveforms. We applied the simple PD detector to sense the discharge signals in power cable and cast-resin dry type current transformers. The counting numbers of PD signals show that the new designed detector can provide an early alarm to the condition of PD in the power equipments. In addition, by applying multiple detectors, we can locate the PD source based on the counted number of PD events. The system is low cost as compared with the commercial PD apparatuses.

Keywords: partial discharge (PD), acoustic emission (AE), detector, power cable, model current transformer

I. 緣由與目的

電力公司為了提升電力傳輸上的效率，最常用的方法是提高電力傳輸電壓，如此一來電力設備的絕緣材料必須承受更高的電氣應力，將會加速電力設備中絕緣材料的絕緣性能降低，進而產生局部放電。局部放電發生時，維護人員若沒有即時發現並加以處理，當絕緣材料的絕緣性能被破壞時，絕緣材料會被電壓

所擊穿，造成電力設備損壞。電力事故中因絕緣材料老化造成的故障，有相當高的比例。因此許多國家積極的投入預防與診斷的研究。局部放電檢測是電力設備故障預防與診斷的重要資訊，如果能在事故發生前，提前偵測出設備絕緣劣化的程度，不僅能提供良好的供電品質，更可預防事故發生，防止無預警停電所帶來的損失。

本論文針對高壓電力設備局部放電檢測的部份，提供一個低成本的檢測方法，使局部放電檢測設備的費用不再十分昂貴，讓局部放電檢測與診斷的技術更普及化。本系統主要包含兩部份，一部份為擷取音射訊號的壓電片探頭、帶通濾波與前置放大器、門檻值比較電路與脈波寬度調整；另一部份則是後端的微處理器電路，能夠準確地記錄音射訊號的放電時間及次數，並經由LCD顯示放電次數及放電時間，最後透過SD記憶卡將資料以FAT16的格式儲存，以利電腦讀取資料進行分析。有上述的資料後就能夠分析電力設備的絕緣材料受損程度，讓使用廠商能夠提前針對該設備進行維修，預防故障發生。

II. 研究方法

簡易型局部放電檢測器為結合音射訊號檢測法及微處理器技術所設計，由於音射感測器所量測到的放電訊號十分微弱，必須先經過本實驗室蘇經洲學長所設計的前端電路加以處理，該電路包含訊號放大、帶通濾波、門檻值比較電路及脈波寬度調整電路，將信號轉變為數位訊號之後，再透過本研究所設計的後端電路進行數位處理。後端電路方面先使用光耦合電路擷取前端送來的數位訊號，如此可避免前端電路受數位電路所干擾，並將其電壓準位轉換至微處理器可接受的範圍，再將轉換後的脈波信號交給MSP430微處理器電路進行處理，微處理器電路包含LCD顯示電路、Real Time Clock電路、SD記憶卡電路以及供應系統電源的電源供應電路。其系統方塊圖如圖1所示：

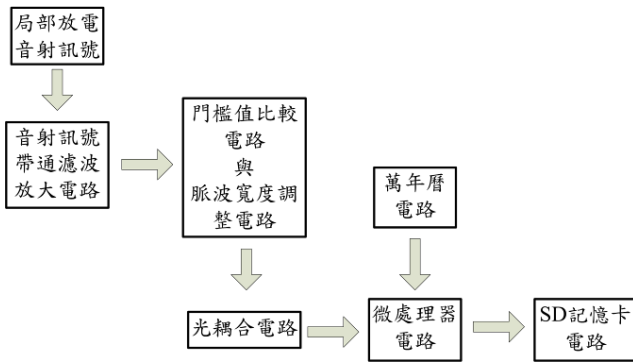


圖 1 系統方塊圖

在圖 1 的系統方塊圖中，帶通濾波放大電路是作為音射(acoustic emission, AE)感測器所偵測訊號的濾波放大用。接著將所偵測到的 AE 放大訊號接往 AE 轉換方波電路。整個 AE 轉換方波電路由比較器及脈波寬度調整電路組成，其電路設計分別如圖 2 及圖 3 所示。由於 AE 訊號是振盪波，在 LM311 比較器參考固定電壓的方波轉換電路中，一個 AE 訊號會產生許多方波，所以使用 74LS123 脈波寬度調整 IC 達成脈波延遲功能，將一個 AE 訊號完整轉換方波，可以讓微處理器清楚辨識該 AE 訊號。可藉由調整 R_9 改變 74LS123 脈波延遲的時間。AE 轉換方波電路，在發生 AE 轉換方波訊號時，該訊號接往微處理器做計數，並透過 DS1302 IC 得到目前的时间如圖 4，將所紀錄時間及計數到的放電次數顯示出來，完成量測。

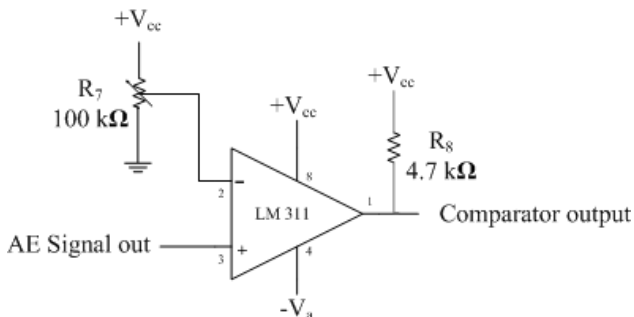


圖 2 比較器電路

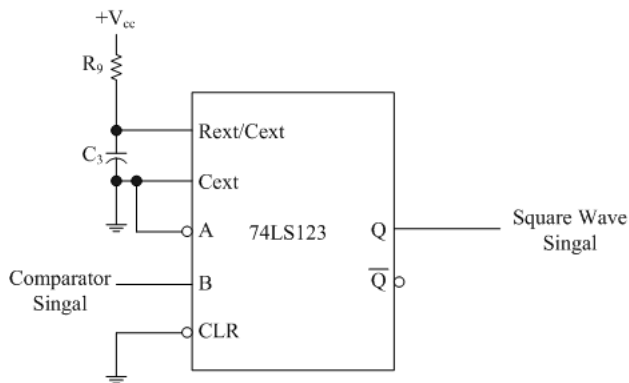


圖 3 脈波寬度調整電路

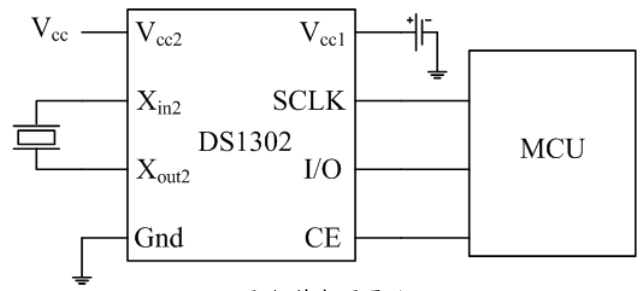


圖 4 萬年曆電路

III. 結果與討論

此實驗針對已確定損壞的模鑄式比流器加壓，使其產生局部放電訊號。透過自製的音射訊號檢測器與電氣訊號檢測探頭高頻比流器 (high frequency current transformer, HFCT) 量測該設備，觀察其放電訊號變化，並利用微處理器系統將放電次數及時間加以紀錄與比較兩檢測器結果。本實驗特別藉由 HFCT 與 AE 感測器兩種不同感測器同時量測記錄，以便更確實了解模鑄式比流器是否放電與損壞。

自製的音射訊號探頭架設如圖 5 所示，為了避免內部放電直接對探頭放電，使檢測器燒毀，需利用玻璃材質的導波管塗上耦合劑並黏貼於模鑄式比流器表面上，自製的音射訊號探頭黏貼在導波管上接收局部放電所產生的音射訊號。HFCT 則是接在地線端如圖 6 所示。

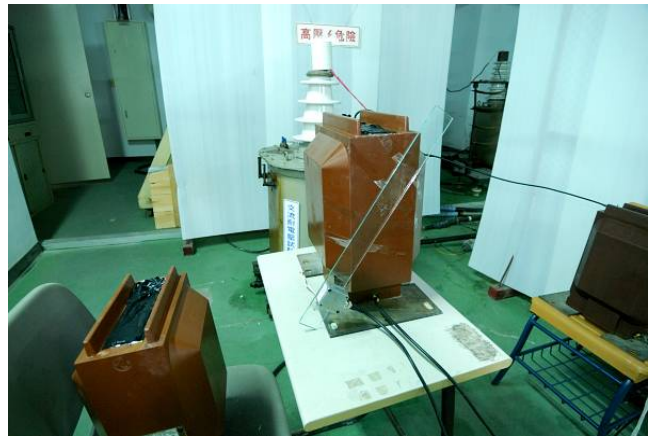


圖 5 音射探頭檢測模鑄式比流器架設圖



圖 6 高頻比流器檢測模鑄式比流器架設圖

在此實驗中對模鑄式比流器外加不同的電壓，範圍

約從 6 kV 至 10 kV，觀察各不同電壓的局部放電波形，並利用微處理器系統將放電次數與時間加以紀錄。如圖 7、圖 8 及圖 9 所示。在實驗過程中，對模鑄式比流器漸漸加壓，直到局部放電訊號產生，當局部放電發生時，電氣式檢測法的 HFCT 會先量測到放電訊號，同時音射訊號經過介質的傳遞，透過音射探頭所接收，量測到訊號的時間點也會較電氣訊號來的慢。如圖 7 所示，為加壓至 6 kV 時的局部放電波形圖，其音射訊號振幅較微弱不易判斷；如圖 8 所示，為加壓至 8 kV 時的局部放電波形圖，其音射訊號振幅有變強的趨勢；如圖 9 所示，為加壓至 10 kV 時的局部放電波形圖，其音射訊號振幅與雜訊相比極易辨別，此一結果相較於一般市售音射感測器而言，效果與辨識度更佳。

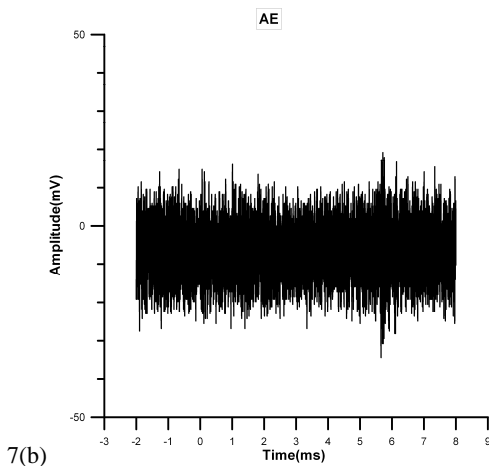
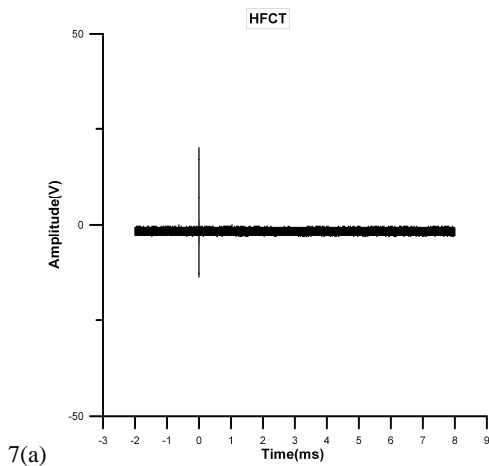


圖 7 模鑄式比流器加壓至 6kV 波形圖 (a) HFCT；(b) AE

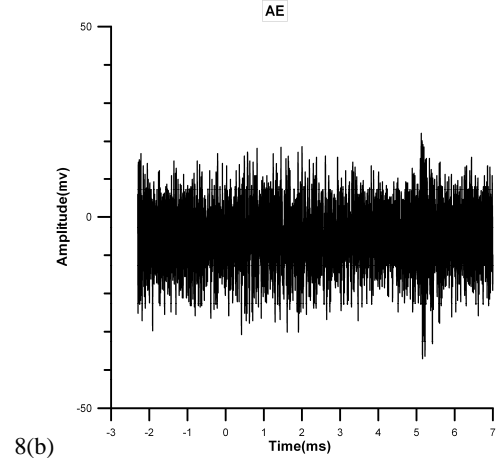
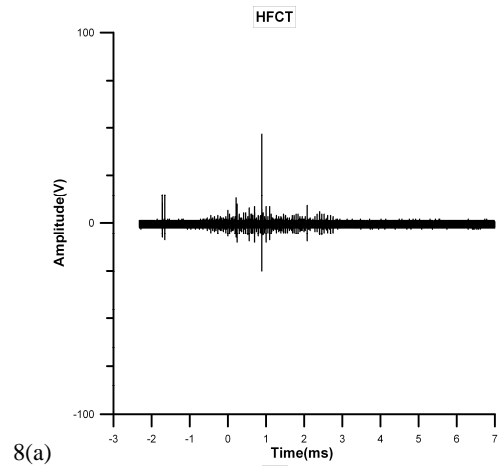
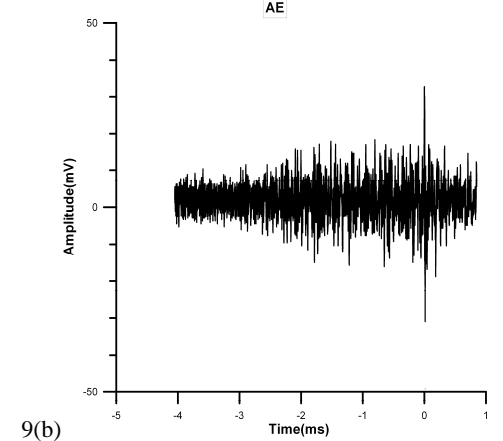
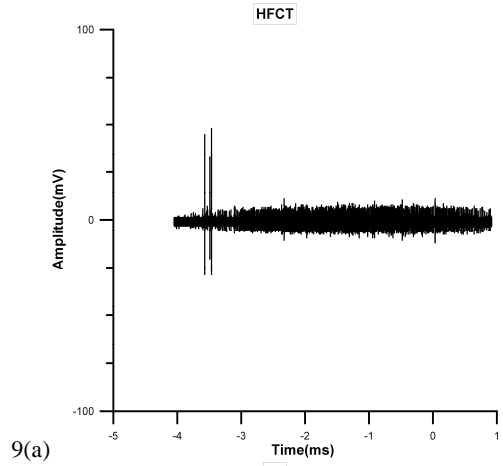


圖 8 模鑄式比流器加壓至 8kV 波形圖 (a) HFCT；(b) AE



9(b)

圖 9 模鑄式比流器加壓至 10kV 波形圖 (a) HFCT ; (b) AE

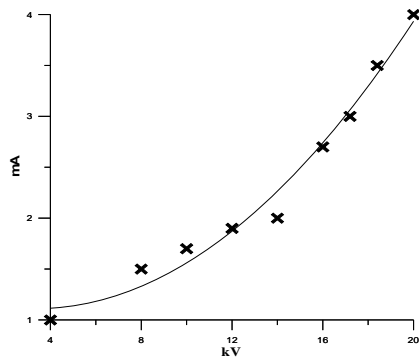


圖 10 洩漏電流對模鑄式比流器加壓曲線圖

表 1 局部放電次數對模鑄式比流器加壓表

電壓	6 kV	8 kV	10 kV
計數值 (次數/分)	282	531	1079

一般來說絕緣材料已損壞的電力設備，外加電壓愈高其局部放電次數也會愈頻繁。如圖 10 所示，對模鑄式比流器加壓時，隨著電壓上升的過程中，其洩漏電流也會隨著電壓上升而上升。此次局部放電計數實驗，調整自製音射訊號檢測器放大倍率為 5000 倍，門檻值電壓設定在高於音射訊號直流值 28 mV 的直流準位，由表 1 可知，緩慢持續加壓至 6 kV 時開始有局部放電發生，之後隨著電壓上升，放電次數有增加的趨勢。由此結果能夠得知，此系統確實能夠經由紀錄局部放電的次數多寡，來判斷該設備的局部放電的嚴重情形。

IV. 結論

透過實驗得知，使用本系統檢測電力電纜局部放電，可歸納出下列幾點結論：

1. 本系統具備長時間對電力設備進行線上監控的功能。
2. 藉由對局部放電次數的計數，可判斷出電力設備放電的嚴重性及發生時段。
3. 本論文所設計之後端電路不需要主控電腦，可攜性高。
4. 大幅降低成本且具備體積小等優點，可大量用於現場監控及量測。

本系統具有簡單、低單價的優點，並且能夠大量分散應用在局部放電量測的儀器系統。期望未來每台電力設備都能裝置簡易型局部放電檢測系統，達到檢測與預測故障的目標。

V. 誌謝

感謝行政院國家科學委員會(NSC96-2628-E-006-256-MY3) 經費贊助。

參考文獻

- [1] 吳瑞南、林育勳、楊正光，“模鑄式變壓器絕緣狀況診斷”，電機月刊，第二期，民國九十二年。
- [2] 易經順、蘇經洲、劉顯成、林育蓉、林瑞禮、戴政祺、

陳建富、梁從主，“模鑄型變壓器部分放電音射檢測系統之研製”，中華民國第二十五屆電力工程研討會，國立成功大學電機工程學系，民國九十三年。

- [3] 戴政祺、陳建一、蘇經洲，“音射法用於油浸式變壓器部分放電之線上量測”，中華民國第二十五屆電力工程研討會，國立成功大學電機工程學系，民國九十三年。
- [4] I. Maeda, T. Kaneko, O. Takenouchi, T. Miyake, T. Sakoda, M. Otsubo, S. Fukumoto, A. Tokumitsu, and T. Kai, M. Ando, "Characteristics of on-line and off-line partial discharge for hydrogenerator stator windings with AE sensor and CT sensor," *International Symposium on Electrical Insulating Materials, 2008. (ISEIM 2008)*, pp. 577-580, 2008.
- [5] C. C. Su, C. C. Tai, C. Y. Chen, and J. C. Hsieh. "Partial Discharge Precise Source Location Using Acoustic Emission Method for a Waveguide Functional High-Voltage Cast-Resin Dry-Type Transformer," *International Journal of Applied Science and Engineering*, vol. 6, pp. 229-237, 2009.
- [6] S. Markalous, "Detection and Location of Partial Discharges in Power Transformers using acoustic and electromagnetic signals," *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 15, pp. 1576-1583, 2008.
- [7] M. L. Chai, Y. H. M. Thayoob, P. S. Ghosh, A. Z. Sha'ameri, and M. A. Talib. "Identification of Different Types of Partial Discharge Sources from Acoustic Emission Signals in the Time-Frequency Representation," *IEEE International on Power and Energy Conference, 2006. PECon '06.*, pp. 581-586, 2006.