

## 接地對高頻比流器測量局部放電之影響

# The Effects of Grounding on the Partial Discharge Measurement When Using a High Frequency Current Transformer

陳建一<sup>1,2</sup>

Chien-Yi Chen

<sup>1</sup> 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.

謝如圭<sup>1,2</sup>

Ju-Chu Hsieh

戴政祺<sup>1</sup>

Cheng-Chi Tai

<sup>2</sup> 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.

陳建富<sup>1</sup>

Jiann-Fuh Chen

\*E-mail : n2893162@mail.ncku.edu.tw

### 摘要

本文使用標準脈波產生器產生脈波通過高頻比流器，從高頻比流器量測到信號的幅值和標準脈波產生器的電量比對。並模擬局部放電電流過油浸變壓器接地線，接地線電阻大小不同時，相同放電量高頻比流器量測到的幅值變化。油浸式變壓器的接地線條數不同時，其高頻比流器量測到信號的幅值亦受到影響。當放電位置在油浸式變壓器的一次側、二次側及外殼，由於線圈沒有接地，高頻比流器量測到的到信號的幅值也可以觀察到不同的信號反應。因此以高頻比流器量測高壓設備的放電量值時，應依其接地電阻大小、接地線的數目、放電的位置及量測的頻段修正其放電量測值。  
關鍵字：高頻比流器、油浸式變壓器、局部放電

### Abstract

In this paper, we use a standard pulse generator as the test signal source and passing it through a high frequency current transformer (HFCT) to simulate the partial discharge (PD) and study the effect of various configurations of grounding. The detected signals were compared with the original signals generated from the standard pulse generator. When the grounding has different resistance, the detected signal from the HFCT shows different amplitudes for the same simulated PD signal. For the cases of changing the number of groundings to the oil-immersed transformer, the signals that the HFCT measured also show different results. The locations of the simulated PD in the primary winding, second winding, and shell of an oil-immersed transformer, as the coils were not grounded, the amplitude of detected signals by HFCT will also be different. We conclude that when apply the PD measurement using HFCT for high voltage equipments, the measured data should be modified according to the ground resistance, the number of groundings, the PD position, and frequency bands.

*Key words:* High-Frequency Current Transformer (HFCT), Oil-immersed Transformer, Partial Discharge (PD)

### I. 簡介

台灣科技產業發展蓬勃，不斷的開發科學園區，園區內電力需求亦不斷的増加，導致園區內常發生意外的跳電事故，及變電所發生的電力設備事故，造成廠商財物上的損失。對電力設備而言，如何提高供電穩定度，落實平時運轉的維護工作和監控，及預先保養維護等工作乃重要的課題。電力設備的故障，從設備的局部放電可以看出端倪，工廠若電力設備產生局部放電時，未來電力設備可能會發生故障，電力供電的不可靠的因素很大，故障隨時都有可能發生，而電力設備的故障

更造成工廠莫大的損失。電力設備運轉時，設備的絕緣長期在高電磁場及溫度的作用下，經過一段時間以後，絕緣物的絕緣會逐漸的受到破壞或變質，電力設備進而產生了局部放電。若不及時處理，可能造成電力設備的燒毀，工廠的損失更是難以估計。電力設備平時皆有其維護的週期，高壓設備的定期檢測亦是確保供電系統穩定的方法。然而局部放電在例行性的定期檢測當中，不一定可以檢測出。因此如何確保高壓設備的安全與穩定，平常對就需對電力設備實施監控。

現代高科技廠的規模及投資額都很大，產能比以前高，用電需量大、電壓高，電力設備若發生事故，都比較嚴重。因此任何會對工廠造成損失的因素，都很謹慎處理，尤其電力設備故障造成產能的損失相當大，工廠要確保其電力設備安全運轉，避免電力事故造成產能的損失，而台電更是要對客戶確保供電的安全及品質的穩定度。

### II. 文獻探討

對量測電力設備的局部放電，經常使用高頻比流器做為感測器，勾在電力設備的接地線，量測系統則接於局部放電檢測設備的最前端。由於使用高頻比流器量測局部放電，不需斷電可應用於線上量測及監控，適合於運轉中的高壓設備局放的檢測及監控。由高頻比流器量測的信號分析，可判斷出高壓設備局放的情況，並且判斷出放電的位置，由量測的信號分析，掌控高壓設備運轉情況，可提昇高壓設備運轉的可靠度，可以避免臨時故障發生。

現有電力設備局部放電監控儀器，常使用高頻比流器量測局部放電，但還是不斷傳出電力設備的事故，雜訊干擾使得，量測放電但都到某一定放電量時才可知，尤其現場量測時，局部放電的放電大小受到來自地的雜訊干擾很大，因此需對雜訊的干擾濾除[1, 2]。使用高頻比流器接收產生之局部放電訊號[3]，透過局放檢測儀作數據分析，產生放電圖譜的型態，判斷發生的相位、放電種類及放電量的大小，以掌控高壓設備運轉狀況。但每一個場所電力設備接地阻抗不同，供電回路及接地線路亦不同，產生放電時，這些會影響到線上測量時高壓設備的放電值。

電力設備中像乾式變壓器可以使用電磁信號量測，如VHF、UHF等。但在油浸式變壓器及氣體絕緣變電系統等，因全部的設備密封在金屬內部，其量測局

部放電的方式，通常使用高頻比流器及音射法來量測。一般對高壓設備局部放電檢測的方法，常使用 UHF、VHF、高頻比流器和音射等方法[4, 5]，除了可以量測到放電信號，還可以判斷其嚴重性。而 UHF 使用頻段高，可以避免很多雜訊干擾，其成本亦相對的比其它檢測方法高，對使用高頻比流器量測時頻段低，相對的成本亦低，但常因其線上量測雜訊太大，到某一放電量時才能測量出信號。

### III. 高頻比流器比對標準脈波產生器放電量

由於實際高壓電力設備接地電阻不一樣，量測時會因接地電阻大小而影響到放電量的計算值。使用標準脈波產生器，產生的標準電量比對脈波通過高頻比流器時的振幅大小。

使用高頻比流器量測標準脈波產生器產生的信號如有兩個主頻率如圖1所示，其頻譜分析圖2所示。

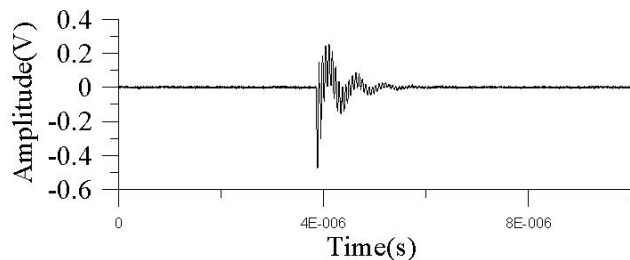


圖1 高頻比流器量測標準脈波產生器產生的信號

其頻譜分析有兩個比較高的頻率，一個主頻率約在1.77 Mz，由於較低頻率的信號是放電線路共振產生的，另一個主頻率約在11 Mz，放電的信號頻率，如圖2所示，通常在較高頻段的有信號，大部分有放電或電暈發生。由於兩個頻段在監測時都有使用，在較低頻的受到線路影響較大一般頻率的範圍在幾佰 kHz 至幾 MHz，有時出現的是來自地的干擾信號。在較高頻段的受到線路影響較小一般頻率的範圍在幾MHz至十幾 MHz[3]，頻率較高受到線路阻抗的影響，長距離時易消失，頻率較低之信號傳遞較遠，而開流體或開關切換時亦會產生如放電的信號，由線路或接地高頻比流器都可以量測到信號，因此量測的信號比較容易受到來自開流體或開關切換產生的信號干擾。

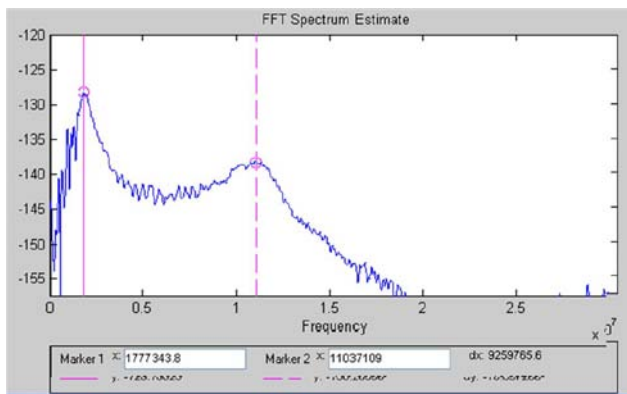


圖2 高頻比流器量測信號的頻譜分析

#### A. 高頻比流器直接量測標準脈波產生時的迴路

標準脈波產生的脈衝，經過迴路的串接不同的電阻，及經過的迴路一條和兩條並聯實驗，當放電的脈

衝電流流過時，以高頻比流器量測流過的信號。

(a) 準脈波產生時的迴路電阻不同時，高頻比流器量測的信號的幅值亦不一樣，流過的迴路電阻從分別以 100kΩ、10kΩ、1kΩ、100Ω、50Ω、10Ω 及 1Ω，其 HFCT 量測的振幅與電量關係，如表1所示。其曲線圖如圖3所示。當接地電阻越小量測的信號越大越明顯，越容易量測到信號。

表1 放電時迴路電阻不同高頻比流器量測的電量(mV)

放電量 (pC)	迴路電阻(Ω)						
	100000	10000	1000	100	50	10	5
2000	706.7	737.3	826.7	2127	2477	3510	3973
1000	331.3	357.3	415	1073	1073	1773	1993
400	123.3	154.3	173	437.3	437.3	714	826.7
200	62.9	68.4	76.9	198.3	219	256.3	267.3
100	33.4	34.6	39.9	101.1	107.6	132.3	135.7
40	19.7	16.4	24	41.6	45.4	55	54.7

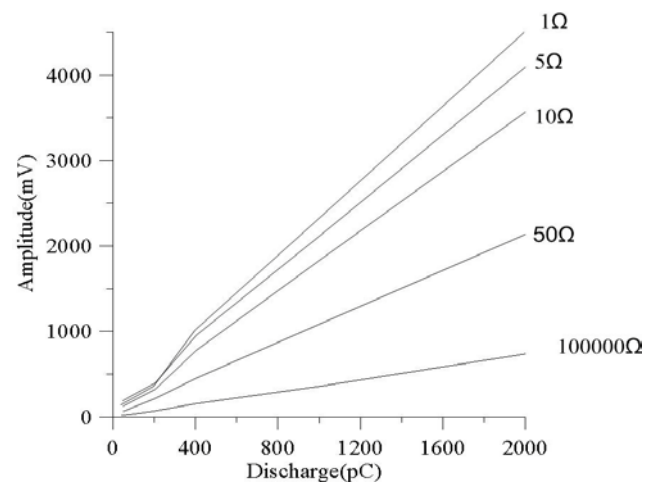


圖3 高頻比流器量測不同迴路電阻的信號曲線

(b) 標準脈波產生器接一條迴路及兩條迴路時，量測信號的幅值，標準脈波產生時回路電阻從 10Ω、5Ω、1Ω 其高頻比流器量測的振幅與電量關係，如圖4所示。圖4為一條迴路時，高頻比流器量測的信號。圖5為兩條回路時，高頻比流器量測的信號，由於兩條迴路時，電流分流所以信號比較小。標準脈波產生器的信號經過迴路電阻 5Ω，一條迴路及兩條迴路時，高頻比流器量測電量的信號幅值，如圖6所示。

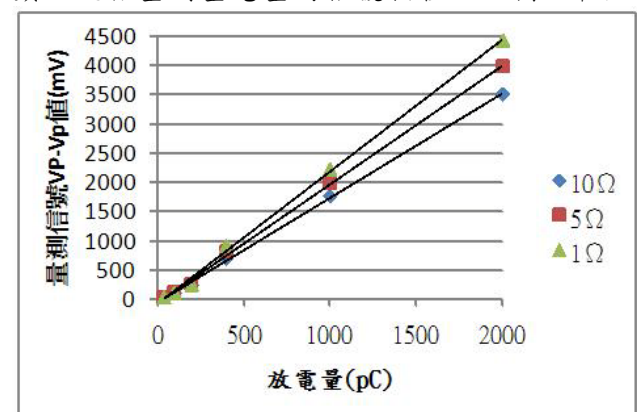


圖4 高頻比流器量測一條迴路的信號振幅與電量關係

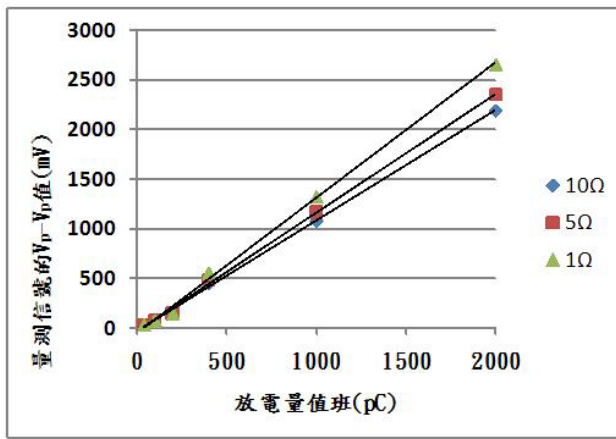


圖5 高頻比流器量測兩條並聯回路的信號振幅與電量關係

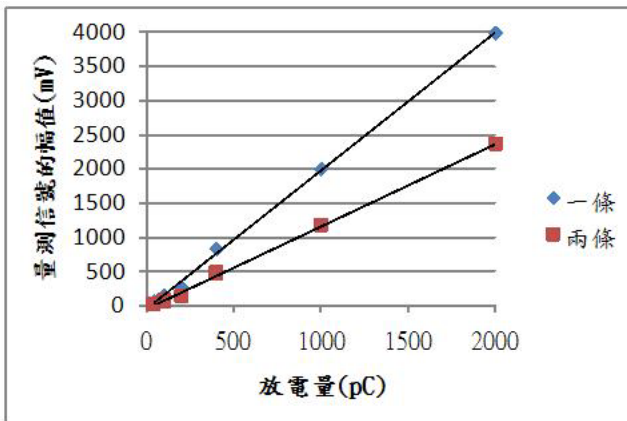


圖6 脈波通過一條及兩條迴路時，高頻比流器量測的信號幅值

#### B. 變壓器局部放位置信號量測

油浸式變壓器接地一條，放電位置分別置於，變壓器的一次側線圈、二次側線圈及變壓器外殼時，高頻比流器測量流過接地線的信號，其幅值的結果，如圖7所示。由於一次及二次側線圈都未接地，其量測的放電幅值很接近，而外殼直接接地，量測信號的幅值較大。

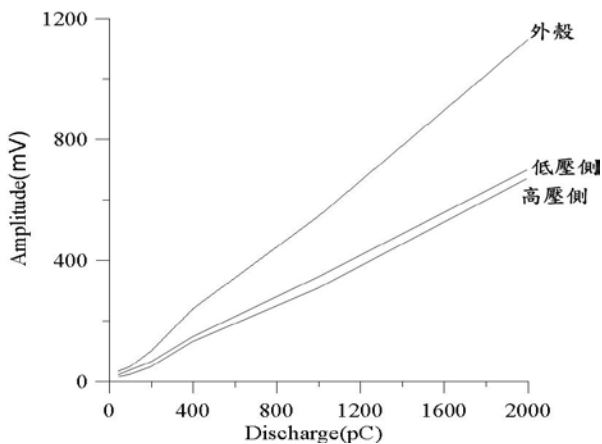


圖7 HFCT在接地線量測到的信號

### IV. 量測信號分析

#### A. 迴路電阻影響

以 100pC 的電量分別加於 1Ω、5Ω、10Ω、50Ω 及 100Ω 的迴路電阻，放電信號隨迴路電阻越大，顯示出

HFCT 量測到的幅值越小，如圖 8 所示。高壓設備接地電阻影響放電信號的量測，相同放電量高頻比流器量測的信號不相同，電阻越大信號幅值越來越小。所以圖 7 中在外殼量測到的信號最大，而一次及二次線圈未接地，只由感應得到信號，其幅值較小。

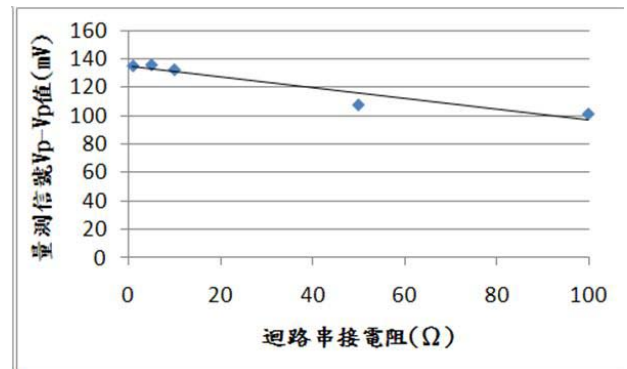


圖8 100 pC加於不同迴路電阻之高頻比流器接地量測幅值

#### B. 實際變壓器一條及兩條接地線放電量測試

局部放電信號在絕緣時，高頻比流器在接地量測的信號，油浸式變壓器外殼接地線，接一條及兩條接地線量測放電量的幅值，如圖9所示。由此可知放電電流受到接地線的分流，結果其幅值會比較小。

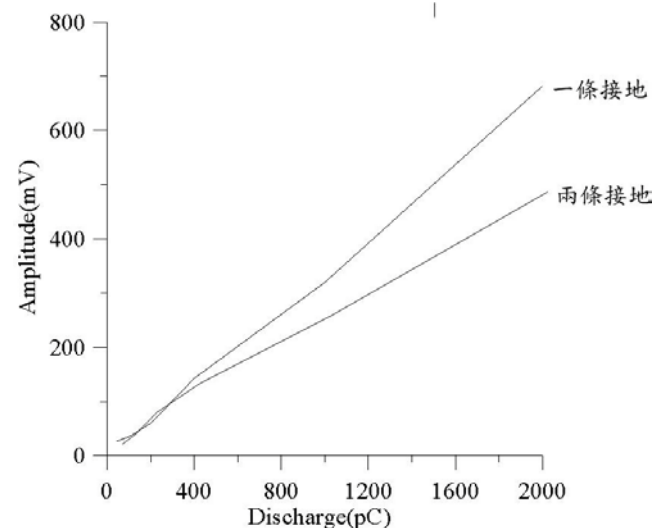


圖9 變壓器一條及兩條接地線放電量和量測幅值曲線

#### B. 雜訊對高頻比流器量測接地線的信號

高壓設備原本就有接地，但從地的干擾相當大，於實驗中 20 pC 的放電量時，就很難直接分辨出放電信號，如圖 10 所示。因此需將信號濾波，如圖 11 所示，才可以分辨出放電信號。然而濾波器的設計需要依現場環境改變，但此時濾波頻段的改變，其放電信號值亦會改變。

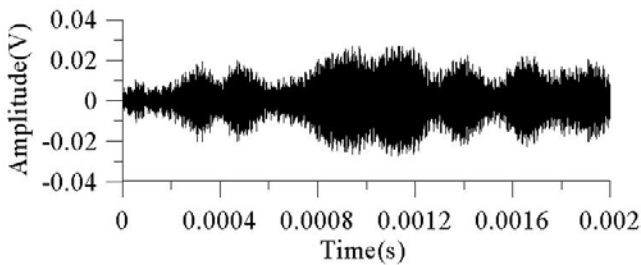


圖 10 高頻比流器在接地量測的信號

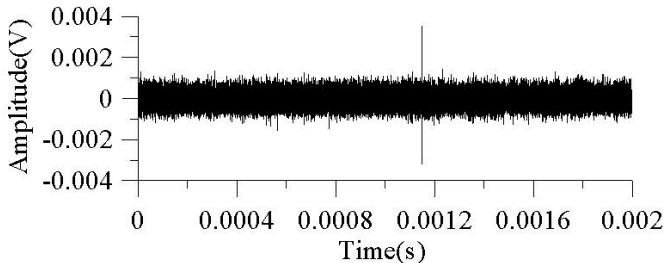


圖 11 高頻比流器量測接地線的信號經濾波後的信號

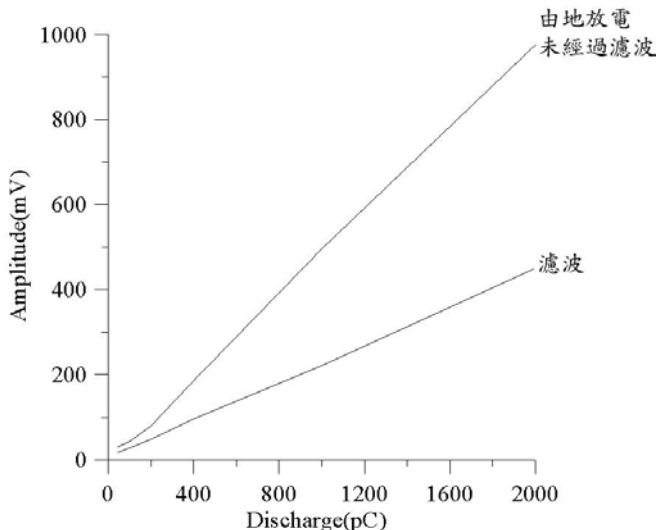


圖 12 高頻比流器量測接地線的信號經濾波後的曲線

## V. 結果與討論

使用高頻比流器量測局部放電信號的大小，高頻比流器量測的信號幅值和局部放電的放電量大小成正比，相同放電量時，而接地電阻越小，高頻比流器量測到局部放電的信號幅值越大。若局部放電位置發生於油浸式變壓器接地外殼時信號要較大，若發生在未接地的線圈時信號會較小，因此高頻比流器量測時有連接到接地線的線圈，比較容易量測到信號。接地線數目的不同時，高頻比流器量測到的放電量曲線，亦不相同。線上量測高壓設備放電幅值時，應考慮先量測油浸式變壓器的接地電阻、接地條數及放電位置，以避免造成真正的放電量計算誤差。

現場使用高頻比流器量測局部放電時，頻率較高受到線路阻抗的影響，長距離時易消失，卻比較容易判斷是否為放電信號。頻率較低之信號傳遞較遠，量測局部放電時，常受到來自地的信號，這些干擾的信號比較低頻率，因此在判斷放電上比較不易。因放電量小雜訊又大時，尤其 GIS 接地線較多，雜訊又多在較低頻率，高頻比流器量測到放電信號不易，須將信號經過濾波器後才能看到放電的信號，而其濾波頻段在較高頻

率，使用較低頻率的頻段濾波時，雖無放電但這些雜訊經濾波仍然存在的。

## VI. 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]. T. R. Blackburn, B. T. Phung, Z. Liu and R. E. James "On-Line Partial Discharge Measurement on Instrument Transformer" *Proceedings of 1998 International Symposium on Electrical Insulating Materials, in conjunction with 1998 Asian International Conference on Dielectrics and Electrical Insulation and the 30th Symposium on Electrical Insulating Materials*, Toyohashi, Japan, Sept. 27-30, 1998.
- [2]. S. Birlasekaran, W. H. Leong, "Comparison of Known PD Signals with the Developed and Commercial HFCT Sensors," *IEEE Transaction on Power delivery*, Vol. 22, No.3, July, 2007, pp. 1581-1590, 2007.
- [3]. H. N. O, T. R. Blackburn and B. T. Phung "Investigation of PD Detection on XLPE Cables" 2008 Australasian Universities Power Engineering Conference 14 -17. Dec. 2008. Sydney. Australia, p. 254, 2008.
- [4]. C. Zhou, D. M. Hepburn, X. Song and M. Michel "Application of denoising Techniques to PD Measurement Utilizing UHF, HFCT, Acoustic Sensors and IEC60270" *20th International Conference on Electricity Distribution Prague*, 8-11 June, p. 0260, 2009.
- [5]. X. Song, C. Zhou and D. M. Hepburn, "An Algorithm for Identifying the Arrival Time of PD Pulses for PD Source Location" *2008 Annual Report Conference on Electrical Insulation Dielectric Phenomena*, Quebec, QC 26-29 Oct. pp. 379 - 382, 2008.