

GIS 外殼及台架感應電流與暫態電壓之探討

GIS outer cover and gantry reaction electric current and temporary voltage of attitude

王瑋民 盧鴻年

WeiMin Wang Hungnien Lu

崑山科技大學電機系

摘要

由於電力系統開關操作時，GIS 外殼及台架易發生感應暫態過電壓，除威脅人員安全外，對電力品質亦成為一潛在影響因素。本文以南科超高壓變電所 345kV GIS 為研究對象，模擬分析雜散感應電流，同時探討開關突波對 GIS 外殼及台架感應電壓影響；文中利用 EMTP 軟體進行模擬。

Abstract

When the power system switch is operated, the outer cover of GIS and gantry will reaction temporary overvoltage of attitude. Besides threatening the safety for human, also become a latent influence factor to electric quality. In this thesis, south department E/S 345KV GIS is as the research object. The EMTP is use to simulate and analyse the stray reaction electric current. We also discuss the influence of switch surge to the outer cover of GIS and reaction electric voltage.

壹、前言

近年社會環境變遷，傳統開放式變電所需逐漸改換為佔地較小之室內型變電所[1]。GIS 遂成為開關設備運用主流，其使用六氟化硫為絕緣材質，擁有優良之絕緣特性以及消弧能力，GIS 主要優點為。

南科 E/S 為一室內型變電所，345kV 主電源由鄰近超高壓變電所 345kV 架空輸電線引接，再於曾文溪口採地下洞道系統利用電力電纜引入變電所[2]。為提高供電品質，相關電纜相關研究包括：電纜破壞、終端匣破壞，接續匣破壞與 GIS 電纜油槽。維護監測項目主要包括 GIS 外殼循環電流、高頻暫態放電現象及鐵構接地系統雜散電流分佈。

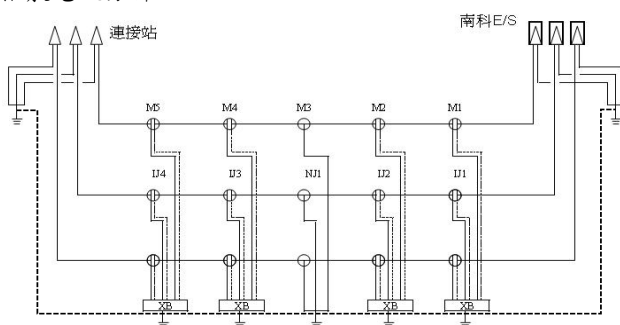


圖 1 南科 345kV 地下電纜接續示意圖

圖 1 為南科 345kV 地下電纜接續示意圖，圖示共有 5 個人孔(M1~M5)為接續匣之相對位置，其中 M3 為普通接續匣(Normal Junction, NJ)，其餘各人孔為絕緣接續匣(Insulated Junction, IJ)，採用絕緣接續匣提供 3 相電纜之遮蔽層换位(圖中 XB)，再利用普通接續匣作區間接地，使每三條電纜形成一個完整换位區間，整個 345kV

地下電纜共有兩個完整换位區間。换位主要目的在於降低遮蔽層感應電壓，使换位後電纜遮蔽層之循環電流降至最低。圖中黑色虛線為輔助接地線，連結兩接地網。



圖 2a GIS 外殼三相短接銅排



圖 2b 安裝於 GIS 遮蔽層(金具)之 SVL



圖 3 設備接地(實線)與遮蔽層接地引線(虛線)

GIS 外殼分成數段，各段之間主要靠螺絲連接，各段 GIS 內的相導體對外殼有分佈電容存在，PT 高壓側中性點一般接於 GIS 外殼，而低壓側中性點則連接至設備接地匯流排，避雷器接地線是單獨引接至地網，未共接於設備接地[2]。

南科運轉初期於 GIS 外殼與電纜遮蔽層所發生之現象及改善方式敘述如下：

一、安裝初期，GIS 外殼三相未短接，三相個別以銅板與支撐台架短接，此時存在相當大的雜散電流，紀錄值約為 200A（負載電流為 830A），造成電纜金具溫度達攝氏 50 度以上。

改善措施：將 GIS 外殼三相短接後再與接地如圖 2 虛線處，使三相之雜散電流平衡抵消後再由 S 相引接支撐台架（設備接地）。

二、為避免 GIS 外殼（同支撐台架）與電纜遮蔽層（同下部金具）兩接地系統形成回路，通常利用絕緣套管將 GIS 外殼與電纜遮蔽層分隔以保持足夠沿面距離，但因開關切換時兩金屬間產生暫態電位差，導致閃絡現象。

改善措施：

（一）將 GIS 外殼和電纜遮蔽層採用軟銅導線短接藉以消除電位差，但短接後發現 GIS 外殼感應電流由此迴路進入大地，而使得軟銅導線有發熱現象。

（二）或於兩金屬系統利用突波電壓限制元件(Surge Voltage Limiter, SVL)隔離，如圖 2b，以抑制循環電流。

貳、研究內容

本文研究內容主要包括 GIS 外殼、電纜遮蔽層接地方式及開關暫態，同時利用 EMTF 模擬穩態雜散循環電流及開關投入時造成之 GIS 外殼與電纜遮蔽層之暫態電壓。

一、GIS 外殼與電纜遮蔽層接地方式

南科 E/S 345kV 電纜遮蔽層導體在連接站與變電所間，其電纜與電纜之間需做接續時，其接頭處理除內導體的接續及絕緣處理外，遮蔽層導體的连接方式及接地方式通常依循下列方式實施[3]：

（一）連接站與變電所的 GIS 外殼絕緣處理後直接接地或以 SVL 接地，如圖 4a 所示。

（二）GIS 外殼與金具之間所連接的電纜，若只有一段，則僅一端接地，另一端以 SVL 接地。

（三）連接站與變電所之間所有連接的電纜是由六段電纜接續而成，則三相電纜的遮蔽層在接續處實行换位，换位處以 SVL 接地，如圖 4b 所示。

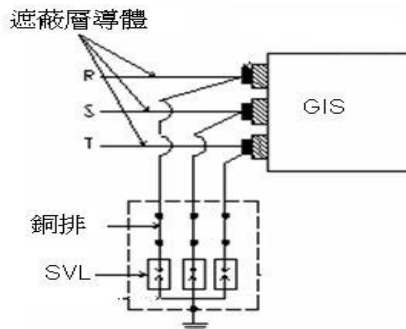


圖 4a 電纜遮蔽層經 SVL 接地

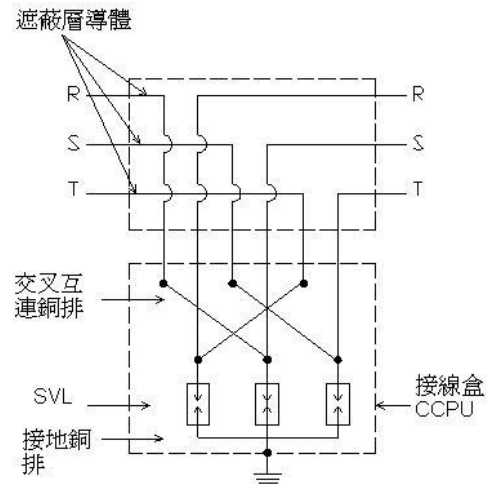


圖 4b 電纜遮蔽層完成换位經 SVL 接地

圖 5 所示為南科 345kV 電纜連接站及所內 GIS 外殼及電纜遮蔽層相關互連及接地方式，其中連接站地網另有輔助接地線沿地下洞道引接於所內地網。變電所內各種設備之接地，所使用的接地導體相當多且複雜，接地導體將各種設備接至地網，包括接地線、接地電纜及接地銅排等。

運轉初期，電纜遮蔽層接地原與支撐台架共接後再引入地網，後為改善開關突波火花放電問題，遂將電纜遮蔽層接地與支撐台架隔離，獨立引入地網。圖中 GIS 外殼與電纜遮蔽層（下部金具）為絕緣處理，為防止暫態電壓（開關突波）於兩層金屬間引起火花放電，加裝 SVL 做為暫態突波洩放路徑。圖中電纜被覆保護裝置(Cable Cover Protective Unit, CCPU)為變阻體元件，裝於電纜遮蔽層與地網間，可避免環流產生，同時避免火花放電。此外支撐台架亦可能因感應電壓而形成雜散環流，由於較為複雜，本文未考慮此項影響。

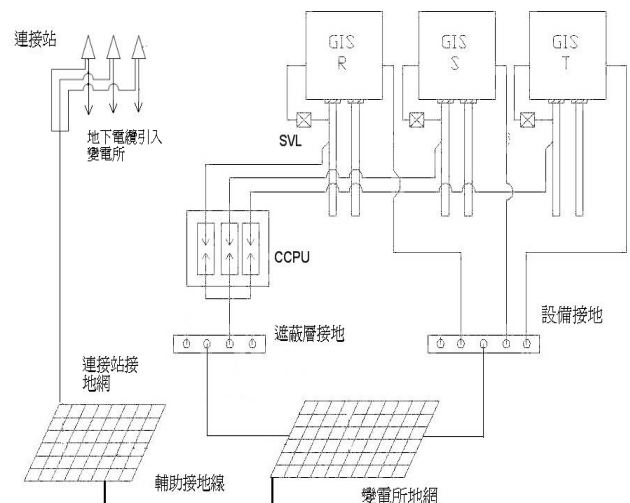


圖 5 變電所及 GIS 相關接地

二.開關突波暫態

圖 6 為 GIS 外殼之簡化 EMTF 電路模型，在開關投入時，相導體對外殼間電容與接地線電感將形成振盪電路。

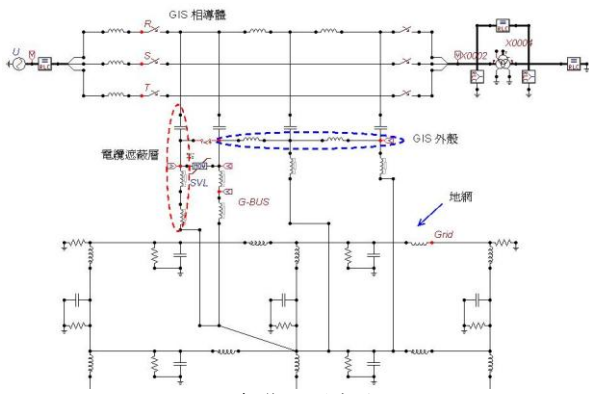


圖 6 GIS 之暫態開關突波模擬電路

三. 引線對台架感應電壓效應

此節模擬當取引線流過雷電流時對台架感應電壓效應之影響，模擬中將台架及引線約略分成三節，每節約 1 米高，量測點主要為：下引線取”M1”~”M3”三點；台架取”F1”~”N”四點；分別觀察台架上電壓、電流及引入大地雷電流變化。最後再改變接地電阻為 1、5 及 10 歐姆，觀察引入大地雷電流及台架電壓變化。

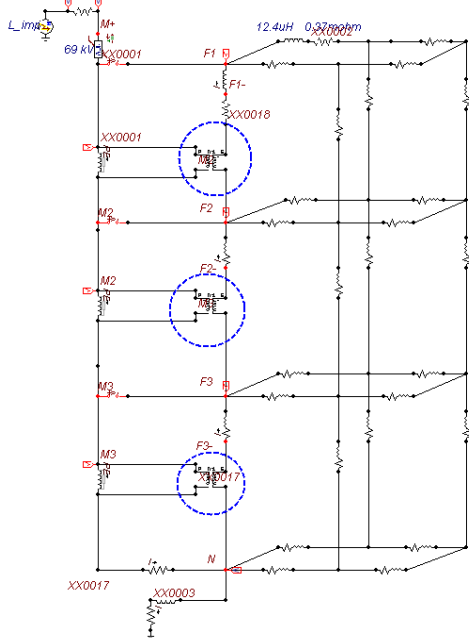


圖 7 69 台架感應電壓響應 ATP 模擬電路

參、模擬結果

一. 開關突波模擬

模擬電路如前節之圖 6，主要建立 GIS 外殼及接地引線等效 RLC 電路，模擬單相(R)開關投入瞬間暫態。參考一般經驗值[4-7]，GIS 相導體對外殼分佈電容取 100pF，電纜對遮蔽層電容取 0.3μF；連接接地網之接地線電感取 1.3 μH/m，接地匯流排至地網距離取 6 米；電源為單相 199kV(345kV/√3)，接地採前節之高频地網模型。另 SVL 放電電壓取 4kV[3]。

模擬結果如圖 8a~9b。圖 8a 顯示 GIS 外殼與電纜遮蔽層間暫態電壓峰值達 150kV，震盪頻率約為 5 MHz，若絕緣距離不足可能引起火花放電。圖

8a~圖 8b 分別為 GIS 外殼與電纜遮蔽層對地電壓，圖中顯示電纜遮蔽層對地電壓遠大於 GIS 外殼電壓。圖 9a 顯示 SVL 放電電流峰值約 1500A，圖 9b 顯示 SVL 洩放能量約 25J。

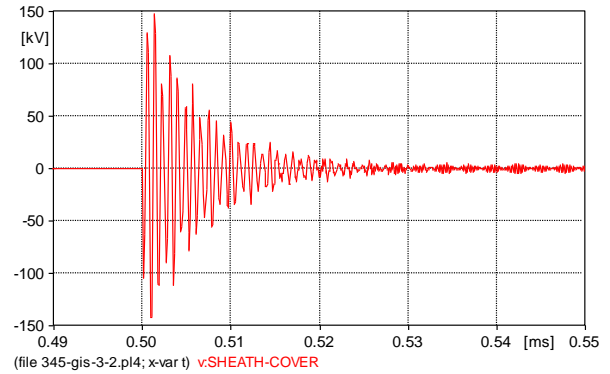


圖 8a GIS 外殼與電纜遮蔽層間暫態電壓

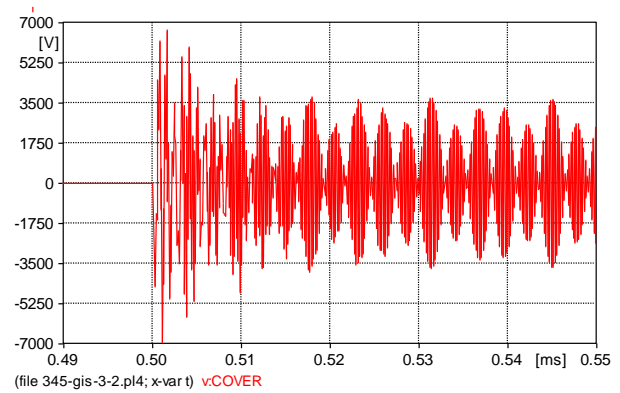


圖 8b GIS 外殼對地暫態電壓

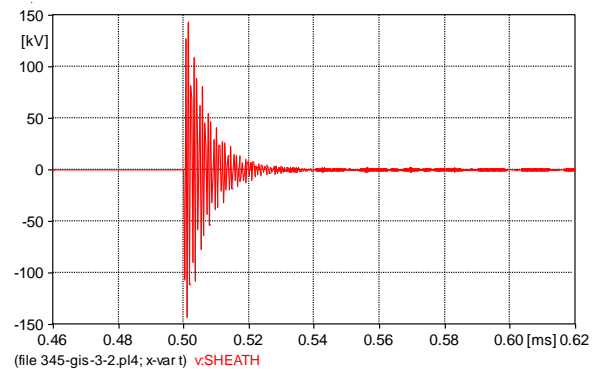


圖 8c 電纜遮蔽層對地暫態電壓

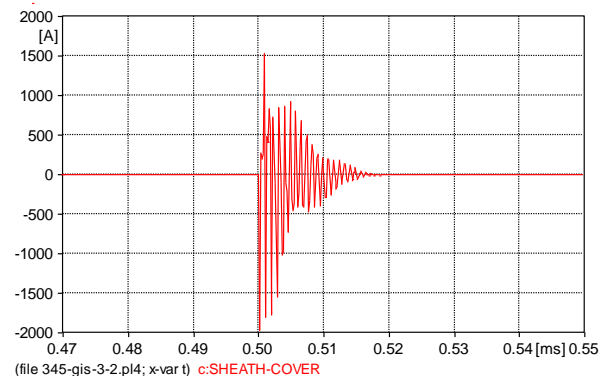


圖 9a SVL 放電電流

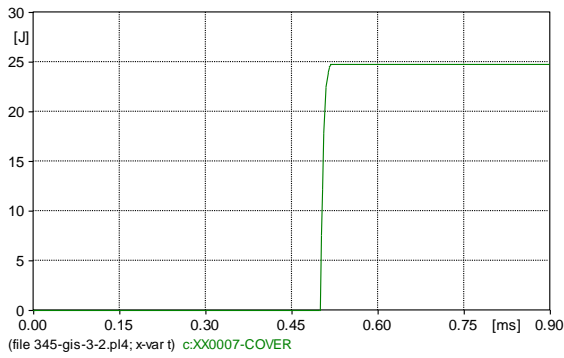


圖 9b SVL 上累積能量

二. 台架感應電壓模擬

調整突波電壓源圖 10，使原避雷器未引接台架時放電電流為 10kA 圖 11，再以此突波電壓源進行引接台架後之模擬。模擬結果如圖 12~14。圖 12a、12b 顯示引線及台架電壓約為 100kV；圖 12c~12e 可分別看出，單節感應電壓約為 6kV，感應電流峰值為 170A~180A，於台架形成環流，幾乎未流入接地處。圖 12f 顯示引線與台架三處(1m、2m 及 3m)電壓差分別為 15kV、32kV 及 46kV。圖 13a~13b 為改變接地電阻之模擬參數變化，圖中顯示降低接地電阻(10Ω~1Ω)可有效增加雷電流之洩放(10kA~35kA)，亦可降低台架上突波電壓(105kV~38kV)。圖 14 比較未計入互感時，台架上之突波電壓，與計入互感之情形比較圖 12b，幾乎無何變化。

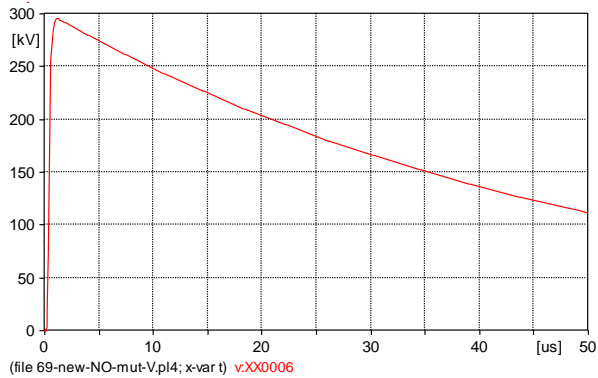


圖 10 突波電壓源

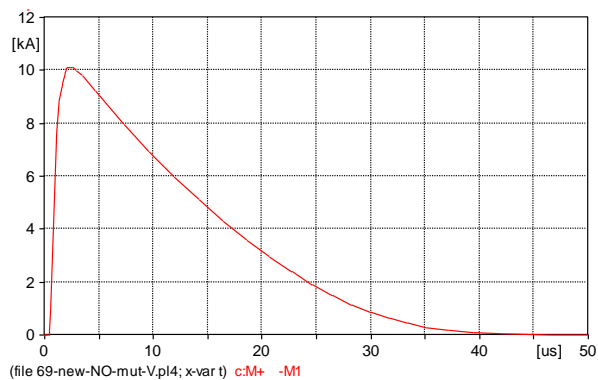


圖 11 避雷器放電電流

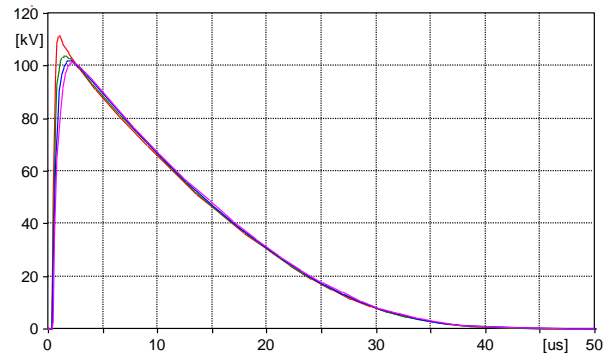


圖 12a 引線上四量測點電壓

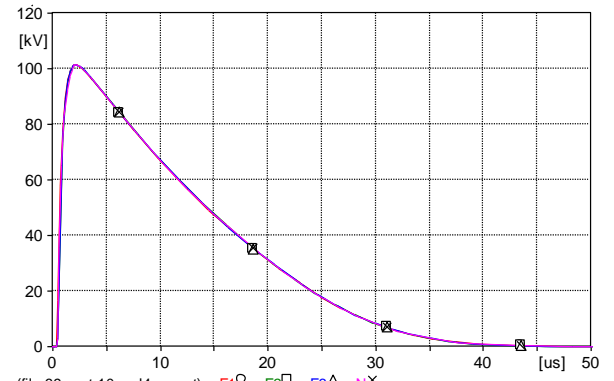


圖 12b 台架四量測點感應電壓（幾乎等電位）

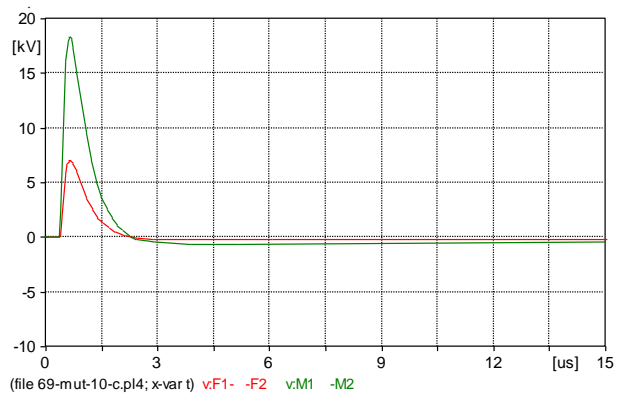


圖 12c 單節引線及台架突波電壓

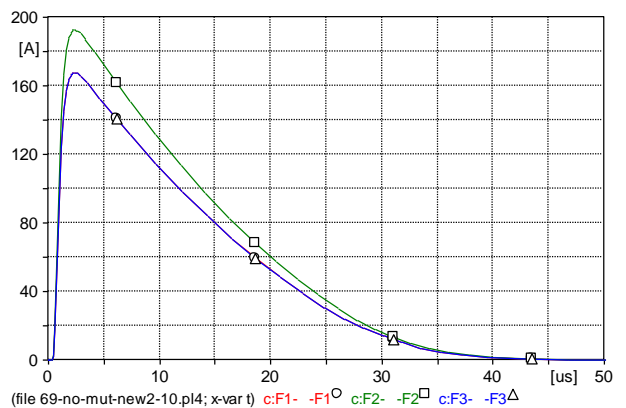


圖 12d 台架三量測點感應電流

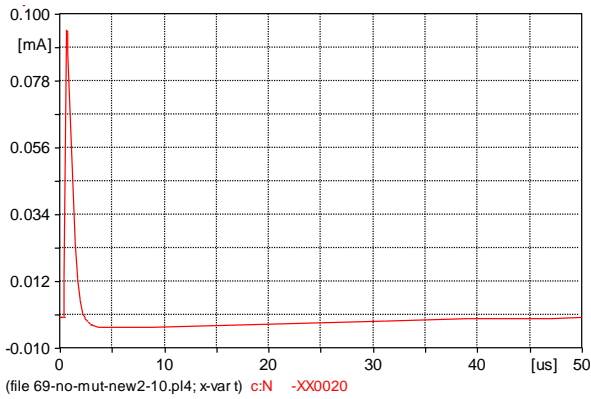


圖 12e 台架對地電流

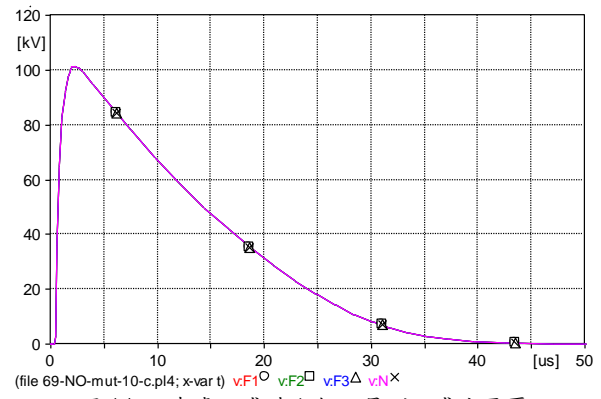


圖 14 不考慮互感時台架四量測點感應電壓

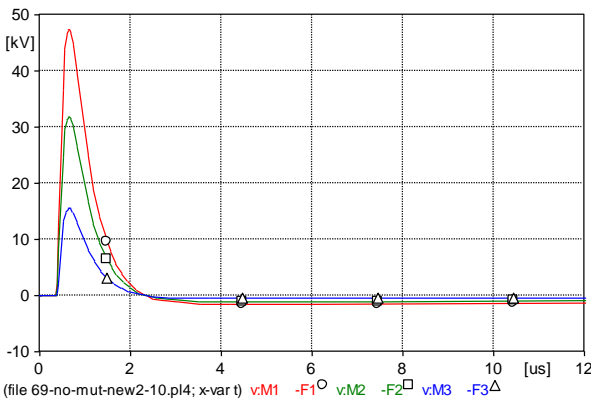


圖 12f 引線與台架三處電位差

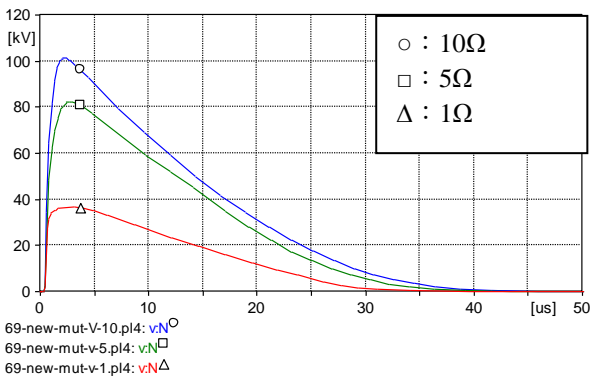


圖 13a 不同接地電阻之共接地點(N)電壓

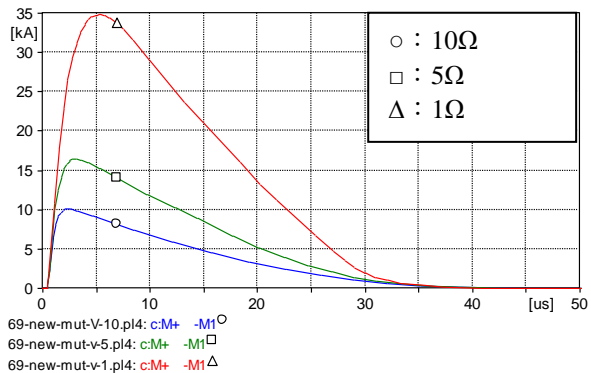


圖 13b 不同接地電阻之引入大地電流

肆、結論

- 一、GIS 外殼三相經銅板短接後，透過單相 (S 相) 接一銅板至電纜終端匣鐵構台架接地，可有效降低外殼金具流經支撐台架之雜散電流，降低熱損失，間接提升供電環境安全；但此時需預防 R 及 T 相因開關突波引起與金具與電纜遮蔽層間之火花放電。
- 二、由於 GIS 斷路器三相接點投入時之時間差，若單相接點先行接合，由模擬結果發現可能在 GIS 外殼與電纜遮蔽層間產生數百 kV 之暫態電壓，可能危及現場工作人員安全及引起火花放電而影響供電品質。藉由加裝 SVL 方式可提供放電路徑，避免外部之火花放電。由模擬顯示 SVL 放電能量約數十焦耳，此能量值視系統實際參數而異。
- 三、透過 EMTP 模擬，可觀察 GIS 開關突波暫態響應，提供參考數據。

參考文獻

- [1] 陳建賢，「氣封絕緣開關運用與維護實務」，電機月刊第十七卷第四期，pp.204~218，2002。
- [2] 洪瑤，優質的台南科學園區供電-兼簡介南科超高壓變電所，台灣電力股份有限公司，供電通訊 175 期，2003。
- [3] 蕭勝任，「南科出口 345kV XLPE 電纜遮蔽層接地系統改善探討與分析」，台灣電力股份有限公司研究報告，2009。
- [4] 張宏展，「並聯電抗器之 GCB 啟閉特性與診斷研究」，台電研究案，2003。
- [5] 周至如，「161kV 供電之高科技工廠接地問題檢討與改善對策」，電機月刊第十一卷第十一期，pp.238~257，2001。
- [6] "IEEE application guide for shunt reactor switching", IEEE Std C37.015-1993.
- [7] Hiroshi Tanae, "High-Frequency Reignition Current and Its Influence on Electrical Durability of Circuit Breakers Associated with Shunt-Reactor Current Switching," IEEE Transactions on power Delivery Vol 19 No.3 July 2004, pp.1105~1111.