



AMI智慧電表 準確度 · 穩定性 —— **出類拔萃**

HC自動化電度表校驗裝置



- (231) 新北市新店區寶橋路235巷11號4樓
- TEL: (02)2917-5865
- FAX: (02)2917-3946
- WEB: <http://www.hc.com.tw>
- E-mail: dom.sales@hc.com.tw

電力系統量測與監控 專業研製



祥正電機股份有限公司

Hsiang Cheng Electric Corporation

服務 技術

歡迎加入中華民國電驛協會

本會地址：台北市羅斯福路三段244巷9弄1號2樓
 電話：(02)2362-3993 郵政劃撥帳號：18417432
 傳真：(02)2363-0860 劃撥帳戶：中華民國電驛協會
 E-mail: relayaso@ms68.hinet.net 網址：www.relay.org.tw

專業 分享



Since 1987

飛領電機顧問股份有限公司
飛羚電機工程股份有限公司

Fei-Ling Electrical Consultant Company, Ltd.
Fei-Ling Electrical Engineering Company, Ltd.

服務項目 Service Items

1. 345kV、161kV、69kV等氣體絕緣開關控制盤面等變電工程安裝。
Substation Installation Engineering of 345kV, 161kV, 69kV GIS Systems, and Control Panels.
2. 345kV、161kV、69kV變壓器組裝、變壓器真空濾油、換油工程。
Installation Engineering of 345kV, 161kV, 69kV Transformers, and Oil Purification and Oil Replacement.
3. 161kV、69kV高壓電力電纜之延放、接續與終端頭安裝工程。
Placing, Connection, and Termination Engineering for 161kV and 69kV Power Cables.
4. 變電場所SCADA系統遙控、監視等RTU末端設備監控工程施工。
Substation Installation Engineering of Remote Terminal Units (RTU) of SCADA Systems.
5. IED智慧型電驛安裝、測試。
Installation Engineering and Testing for Intelligent Electronic Device (IED) Relays.
6. 發電廠電力、儀錶安裝與施工。
Installation Engineering of Power Supply Systems and Power Measurement Systems for Generation Stations.
7. 特高壓及高低壓用電設備工程規劃、設計、施工、報竣、送電。
Planning, Design, Construction, Electrical Testing, Completing, and Commission for Special High Voltage (161kV, 69kV), Medium High Voltage (22.8kV, 11.4kV), and Low Voltage Electrical Facility Engineering.
8. 用電設備之竣工檢驗、定期檢驗、紅外線熱影像檢測。
Commissioning Inspection & Tests, Regular Inspection & Tests, and Infrared & Thermal Imaging Tests for Electrical Facilities.
9. 擔任電氣技術負責人及執照登記申請。
Electrical Facility Examination and Testing, and as Customer Representatives for Electrical Responsibility.
10. 用電設備之故障搶修、改善、診斷及疑難解答等服務。
Breakdown Emergency Repairing, Improvement, Diagnosis, and Consulting for Power System Facilities.

中市維護字第 DA700005-3 號

飛羚電機工程股份有限公司 ■ 飛領電機顧問股份有限公司
Fei-Ling Electrical Engineering Company, Ltd. ■ Fei-Ling Electrical Consultant Company, Ltd.

台中市南屯區春社里忠勇路19之68號 No.19-68, Zhongyong Road, Nantun District, Taichung City 40859, Taiwan (R.O.C.)
TEL : 886-4-3600-9888 FAX : 886-4-3600-1888 http : //www.feiling.com.tw E-mail : fling@ms66.hinet.net

Condition Monitoring Platform for transformers

Doble PRIME

變壓器線上監測診斷及分析系統



變壓器監測分析主機

- 同步監測變壓器各數據狀態 (套管/油中氣體/油中水份/局部放電)
- 內建Doble智能分析軟體，整合數據並分析，有效掌握變壓器狀態，風險最小化
- 內建警報系統並提供建議相應處理動作
- 可與他牌線上監測設備相容
- 靈活搭配性，依客戶重點監測需求選擇不同監測系統，4種系統可獨立或整合
- 可進階擴充Doble資產風險管理系統 DobleARMS，由Doble專業資深技術團隊親自監測分析數據並評估設備狀態



套管監測分析

- 內建警報系統
- 可同時監測12組套管訊號



油中氣體監測

- 內建警報系統
- 可監測4種關鍵氣體
- 低成本，安裝簡便



現場即時油中氣體分析儀

手提式油中氣體分析儀，可獨立分析變壓器油中8種關鍵氣體含量

現場取油立即分析，操作方便

內建Doble智能診斷功能，即時診斷變壓器健康等級



局部放電監測分析

- 內建警報系統
- 高達8組輸入訊號，可運用不同感測器監測局部放電訊號



油中水份監測分析

- 內建警報系統
- 具相對飽和度分析數據
- 操作簡便，精確度高



盈昇有限公司

台北市南港區三重路19-3號7樓

Tel: (02)26550691 Fax: (02)26550690

iSuper Ware

Power SCADA 及 EMS 系統之整合功能

iSuper Ware 結合了本公司電力控制、環境安全監控和能源管理專長，提供領先業界的HMI / SCADA 應用技術。

可提供一個可靠且高性能的監視與控制解決方案，不但能減少設備停電，更可以提高電源效率。

iSuper Ware 的SCADA軟體設計，可以滿足企業用戶最苛刻的要求；易於使用的維護設定工具，使任何的應用程序皆能快速開發和整合。

此外 *iSuper Ware* 的SCADA軟體支援各種通訊協定如：DNP3.0、Modbus、IEC-61850、CDC Type II...等，且可適用於各種系統需求，如：分散式、集中式。

iSuper Ware 適用範圍：
● 變電站與電力機房之自動化監控 ● 配電調度系統 ● 區域調度系統
● 中央調度系統 ● 階層式調度系統 ● 電力調度特殊保護系統



iDVR 影像安全系統

- 本地或遠端儲存
- IP化管理
- 可向SCADA運動結合搭配更安全可靠



GPS-21 衛星校時系統

- 提供系統 RTU、IED、Power Meter等設備校時功能
- RS-232、Ethernet(NTP/SNTP)、BNC(IRIG-B AM/DC)
- Programmable 1PPS Output for Substation S.O.E test
- 具備IRIG-B AM/DC擴充模組



RTU/DTU

- 集中式與分散式遠端終端資料收集及控制設備
- I/O點數依需求規劃不同型式
- 通訊能力DNP3.0、IEC61850、ModBus、CDC Type II
- 通訊介面RS-485/232、Ethernet
- SOE順序事件解析度1ms
- 提供至少4個主站以上連線能力，以符合多重系統及協定之需求

電力品質分析及集合式電表

- 電力量測
- 電壓驟昇/降偵測與記錄
- 故障電流偵測與記錄
- 諧波分析與記錄
- 插拔式設計，CT自動短路保護
- 通訊協定IEC61850、DNP3.0、ModBus
- 通訊介面RS-485/232、Ethernet

變電站之心臟

- BSM主動式電池監控管理系統
- 充放電曲線記錄，單顆電池監視獨力異常警報



SMRT1 / SMRT36 / SMRT36D / SMRT410

- 四相電驛測試器 (SMRT410) , 4相電壓及6相電流輸出或10相電流輸出。
- 三相電驛測試器 (SMRT36) , 3相電壓及3相電流或6相電流輸出。
- 內建彩色觸控螢幕的電驛測試器 (SMRT36D) 。
- 單相電驛測試器 (SMRT1) 。
- 測試數位及傳統電驛。
- 網路線可連接數台單相、三相電驛測試器，直接同步進行測試。
- 輕巧方便攜帶。SMRT1 (單相) 僅有4 kg、SMRT36 (三相) 12 kg、SMRT36D (含螢幕顯示) 13.5kg。
- 內建各廠牌保護電驛測試程式資料及測試曲線圖庫。

BECKWITH
ELECTRIC  CO. INC.

數位保護電驛 / 馬達匯流排高速切換系統



發電機保護電驛 M-3425A

- 具備 IEC61850 通訊協定
- 可應用所有主要發電機的保護功能64F,78,50DT,81A及100%定子接地保護(64S)等
- 提供完整發電機/變壓器保護電驛控制盤
- 內部具Non-Volatile記憶體



馬達匯流排高速切換系統 M-4272

- 避免馬達、負載損壞造成重大損失
- 快速、同相、殘餘電壓、定時等多重切換功能確保完全切換
- 具同時模式及順序模式切換確保最短時間內切換
- 可進行手動及自動方式彈性切換



高壓馬達匯流排高速切換控制盤系統 M-5884

(含 M-4272、M-3919 圓形顯示單元 GDU 及觸控式人機介面 HMI 等)



變壓器保護電驛 M-3311A

- ANSI/IEEE C37.91
- 適用在2,3及4繞組變壓器保護



計量企業有限公司
Metrologies Ent. Co., Ltd.

台北市中山區民生東路一段30號8F
TEL: 886-2-25373650 FAX: 886-2-25376602
E-mail: metrologies@msa.hinet.net
www.metrologies.com.tw

誠信 踏實 創新 技術 服務



本公司通過 **ISO 9002** 國際品質認證
政府核定之技術顧問團體接受委託辦理下列項目：

- ◆ 汽電共生、發電設備、電氣設備等加入電力系統竣工試驗工作。
- ◆ 用電設備維護保養、值班運作。
- ◆ 電驛動作特性及電驛與電力系統保護功能試驗作業。
- ◆ 運轉中維護檢測工作項目：
 1. 部分放電檢測
 2. 紅外線熱影像檢測
 3. 電磁波干擾檢測
- ◆ 電力設備竣工試驗、定期安全檢驗。
- ◆ 擔任電氣技術負責人及執照登記。
- ◆ 用電設備之改善、疑難解答、節約用電處理。

儀器設備：

- ◆ D-C (高壓直流耐壓試驗設備)
- ◆ 變壓器匝比試驗設備
- ◆ 接地網接地電阻測試器
- ◆ A-C (高壓交流耐壓試驗設備)
- ◆ 接觸電阻測試器
- ◆ 高阻計
- ◆ 電力因數損失試驗設備
- ◆ 數字型相位角度測試器
- ◆ 開關動作時間測試器
- ◆ 電驛動作特性試驗設備
- ◆ 記錄型信號測試器6頻道
- ◆ 六氟化硫氣體含水量測試器
- ◆ 三相電驛動作特性試驗設備
- ◆ 絕緣油耐壓試驗設備
- ◆ 六氟化硫氣體漏洩檢測器
- ◆ A-C大電流產生設備
- ◆ 接地電阻測試器
- ◆ 電力品質分析儀(諧波)測試器



ISO9002

勇帥電氣技術顧問股份有限公司

YUNG SHUI ELECTRIC CONSULTANTS INCORPORATED CO.,

台北市內湖區新湖三路128號5樓
5F, NO. 128, XIN HU 3TH RD. TAIPEI TAIWAN
TEL: 2793-4688 // FAX: 2793-5368
E-Mail: ysec-yoshine@u. mail. hinet. net
<http://www.ysec.com.tw>

全方位解決方案 實現數位化變電站的最佳夥伴

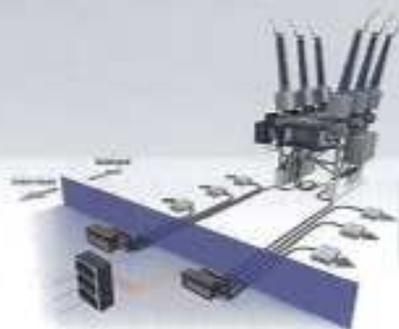
GE 多功能數位式保護電驛



UR 多功能數位式保護電驛

提供發電機、變壓器、馬達、匯流排、線路、饋線各種保護，具備遠端遙控、波形紀錄、多種通訊協定。

既有 IED 可直接升級支援 IEC61850



IEC61850 process bus (Hard Fiber system)



845 三繞組變壓器差動電驛

支援 IEC61850



F650 饋線多功能電驛

支援 IEC61850



350 饋線用多功能保護電驛

345 雙繞組變壓器差動電驛

339 馬達差動保護電驛

支援 IEC61850

UMIAK 育賢股份有限公司
UMIAK TECHNOLOGY CO., LTD.

台北市中正區羅斯福路一段七號七樓

電話：(02) 2393-3283 傳真：(02) 2391-1552

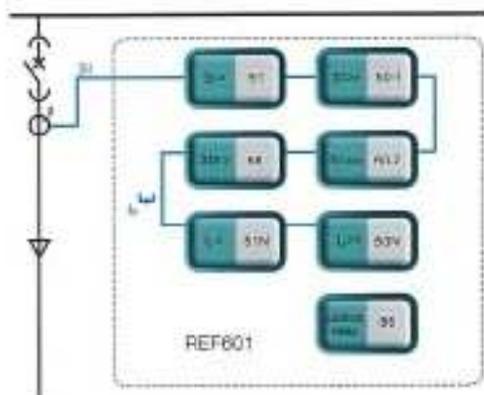
電子信箱：company@umiak.com.tw 網址：http://www.umiak.com.tw/Umiak_Project/



Multilin



ABB Relion® REF601 簡易卻不簡單 配電網路保護電驛的最佳性價比選擇



REF601 一個專為公用事業和工業電力系統保護與控制所設計的數位饋線保護繼電器，是您配電網路保護電驛的最佳性價比選擇。身為 ABB Relion® 系列的最新成員，REF601 集合電力系統保護、控制及監控等應用功能，其極簡的外觀及平易的操作，卻有著不簡單的內在，足以是同類型產品中的佼佼者。秉承 ABB 先進科技和全球經驗豐富的服務團隊，REF601 是您實現配電網路保護的最佳選擇。欲瞭解更多的產品資訊，請拜訪 www.abb.com/relion

陳冠宏
電力產品業務部
ABB 台灣
電話：(02) 8751 6090 分機 349
www.abb.com.tw

Power and productivity
for a better world™



SEL多功能保護電驛

SEL多功能智慧型數位保護電驛，提供發電、馬達、變壓器、線路、饋線及匯流排各樣保護。具備遙測遙控、簡易電力參數設定、故障波形分析以及可連接多種通信協定等功能。



SEL-787 變壓器保護



SEL-700G 完整發電機保護



SEL-751A 饋線全功能保護



SEL-849 馬達保護

輸入和輸出

- 軟體設定啟動延時處理來避免了光耦的輸入可能的誤動作。
- 高電流高速度輸出接點減少接點的損耗，並達到更快速度要求。

靈活性

- 可自行配置LCD、信號和按鈕，實現客製化的應用代數運算功能。
- 運用代數運算功能的SELOGIC®控制方程式，執行保護和自動化方案。
- 多層級的密碼設定，分別對保護和自動化設定進行安全保護。

強固性

- 接近軍用級環境要求 (-40°C~85°C)，高抗震。
- 保護期長。



SHALLCO 閉鎖電驛 (86) 及切換開關 (43)



符合台電規格要求

- 耐電流30A/電壓600VAC
- 多達20點A接點及20點B接點供選購
- 接點型式：Break-Before-Make
- 常規接點：銅質鍍銀
- 隨貨提供端子螺絲及固定螺絲
- 閉鎖電驛動作時間在1Cycle內，多種動作電壓供選擇。
- 金屬軸心

先進電容跳脫裝置 (A-CTD)，產品規格與特點：

- 輸入：AC/DC 100-240V (交/直流兩用)；輸出：DC110V / 100W
- 具功因校正功能PF > 0.9；高轉換效率：> 85%
- 市電停電或線路故障時，可提供給斷路器操作或電驛運作所需要之電力。
- 可經由面板設計之手動測試按鈕開關檢測電容量是否異常 (具OK/NG燈號顯示及乾接點輸出)。



24 kV 互鎖控制型高壓配電盤

通過新版CNS 15156-200、IEC 62271-200互鎖控制型型式試驗合格

(符合屋內線路裝置規則第 401 條規定)



型號WL-5S(LSC2B-PM)型
24kV 1250A 25kA/ 3s



維立電機股份有限公司

LO-ELECTRIC ENTERPRISE CORPORATION

總公司&工廠

地址：高雄市大寮區鳳林二路 293-25 號

電話：(07)787-6199

傳真：(07)787-5565

E-mail：weilee.hahaa@msa.hinet.net

台北工廠

地址：桃園縣龜山鄉頂湖二街 16 號

電話：(03)327-0318

傳真：(03)327-0799

台北辦事處

地址：台北市萬華區長沙街二段 91 號 3F 之 1

電話：(02)2383-0381

傳真：(02)2383-0380

E-mail：taipei.weilee@msa.hinet.net

官方網站：<http://www.weilee-ee.com.tw>

SEL多功能保護電驛

SEL多功能智慧型數位保護電驛，提供發電、馬達、變壓器、線路、饋線及匯流排各樣保護。具備遙測遙控、簡易電力參數設定、故障波形分析以及可連接多種通信協定等功能。



SEL-787 變壓器保護



SEL-700G 完整發電機保護



SEL-751A 饋線全功能保護



SEL-849 馬達保護

輸入和輸出

- 軟體設定啟動延時處理來避免了光耦的輸入可能的誤動作。
- 高電流高速度輸出接點減少接點的損耗，並達到更快速度要求。

靈活性

- 可自行配置LCD、信號和按鈕，實現客製化的應用代數運算功能。
- 運用代數運算功能的SELOGIC®控制方程式，執行保護和自動化方案。
- 多層級的密碼設定，分別對保護和自動化設定進行安全保護。

強固性

- 接近軍用級環境要求 (-40°C~85°C)，高抗震。
- 保護期長。



SHALLCO 閉鎖電驛 (86) 及切換開關 (43)



符合台電規格要求

- 耐電流30A/電壓600VAC
- 多達20點A接點及20點B接點供選購
- 接點型式：Break-Before-Make
- 常規接點：銅質鍍銀
- 隨貨提供端子螺絲及固定螺絲
- 閉鎖電驛動作時間在1Cycle內，多種動作電壓供選擇。
- 金屬軸心

先進電容跳脫裝置 (A-CTD)，產品規格與特點：

- 輸入：AC/DC 100-240V (交/直流兩用)；輸出：DC110V / 100W
- 具功因校正功能PF > 0.9；高轉換效率：> 85%
- 市電停電或線路故障時，可提供給斷路器操作或電驛運作所需要之電力。
- 可經由面板設計之手動測試按鈕開關檢測電容量是否異常 (具OK/NG燈號顯示及乾接點輸出)。



歐洲高品質產品

專業的服務團隊是我們的優勢

HIGH QUALITY & SERVICE



ALCAD

鎳鎘蓄電池



TVSS's 暫態電壓突波抑制器

OBO Bettermann 集團傳承百年的過電壓保護經驗，產品種類豐富，性能可靠，廣泛運用於電源、信號、量測、消防系統及各種工業控制。



TRIDELTA

陶瓷型避雷器 聚合型避雷器



345KV 導線間隔器



四導體導線間隔器



複導體導線間隔器



渝豐實業股份有限公司
TAIWAN TRAIN-TOP INDUSTRIAL CO., LTD

台北市羅斯福路二段41號5樓之3
TEL: (02)2351-3198 FAX: (02)2351-3259
E-Mail: traintop@ms17.hinet.net
http://www.train-top.com.tw





PNC TECH 產品介紹



■ **PAC-F100 多功能電驛**

本電驛具保護、測量及監控等功能，可應用於輸配電線路之備用保護與監控並同時支援 IEC61850-5 之通訊協定。



■ **PAC-E102 雙過流保護電驛**

本雙過流保護電驛，可用於台電現行大同、固威之全自動地下四路開關上，亦可配合各區處進行線上地下全自動四路開關電驛檢測與維護。

SMC 產品介紹

主要包含了變電站維護用電氣測試設備，如 PTE-100C 單相電驛測試器，PTE-50-CET 三相電驛測試器，PME-500-TR 斷路器測試器等廣泛用於發電，配電，輸電及工業產業。

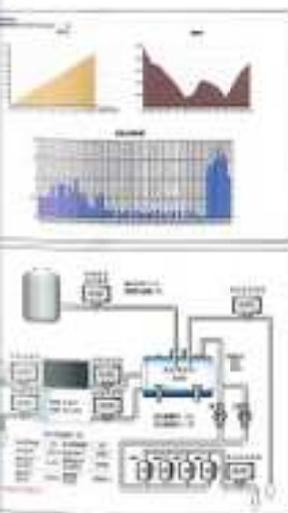
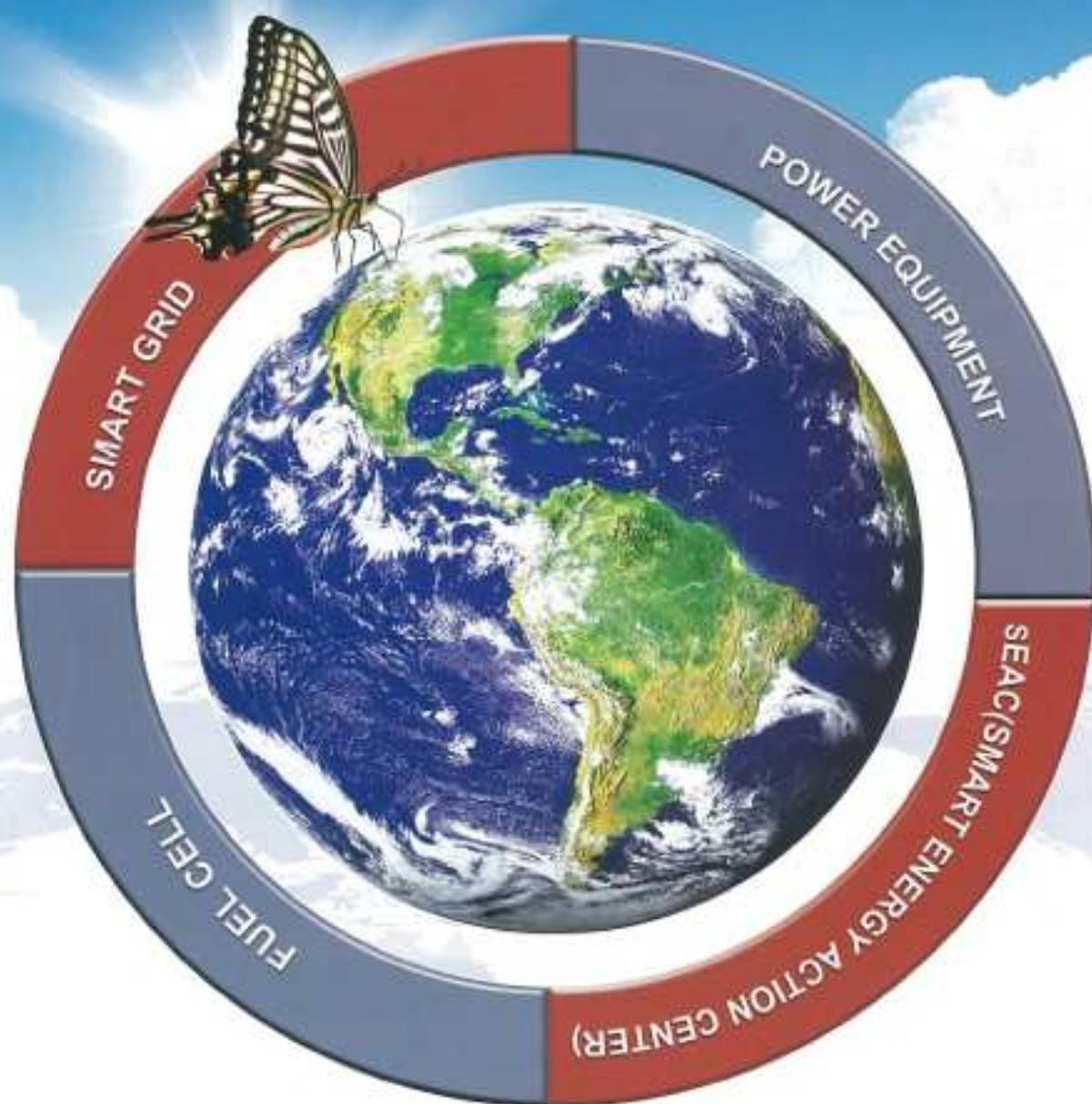


■ **EUROSMC RAPTOR**

革命性全自動大電流產生器(可攜式)

可用於電驛測試、斷路器測試與比流器測試等，能提供最大 15,000A 與其小於 35kg 的重量，最大優勢在於可持續送出更大電流並且可以在現場一次側注入實際大電流來檢查整個線路是否正常，為目前業界產品所無法做到的。可透過紅外線傳輸連接另一功率放大器 SL 增加其輸出功率最大能到 18kVA。





sEAC

節能 / 電力品質監控系統



Smart Grid

智能電網設備



Fuel Cell

燃料電池



GIS

SF₆氣體絕緣開關設備



中友機電工程股份有限公司

中友機電顧問股份有限公司

營業項目

- 69KV-345KV變壓器真空脫氣熱油循環處理。
- 69KV-345KV變電所設計、規劃、施工、竣工送電。
- 69KV-345KV變電所維護保養。
- GIS、C-GIS組裝、維護保養。
- 各大型變壓器、搬運、組裝、測試。
- 特高電氣設備中古品買賣、汰換施工。



實績介紹	施工年度
羅東鋼鐵廠161KV開關場設備安裝工程	98
台中發電廠345/161/33KV 500MVA 2號自耦TR及附屬設備帶安裝工程	94
后里E/S 3相345KV 500MVA電力變壓器搬運、安裝工程	97
大潭STAGE II電力主設備及分相匯流排安裝工程	95
台電彰林E/S 345KV 500MVA 變壓器設備安裝工程	100
彰林超高變電所 161KV GIS 暨附屬設備系統工程	100
京元電子中華廠161KV GIS設備配線工程&25KV電纜及托架工程	96
桃園國際機場聯外捷運系統機電系統統包工程	97
台化FCFC麥寮937.5MVA 345KV變壓器搬運組裝工程	99

總公司：TEL: 03-4702008 (代表) FAX: 03-4702009

地址：32550桃園縣龍潭鄉黃唐村黃泥塘53-2號

<http://www.cy2008.com.tw>

E-mail: chungyu@cy2008.com.tw

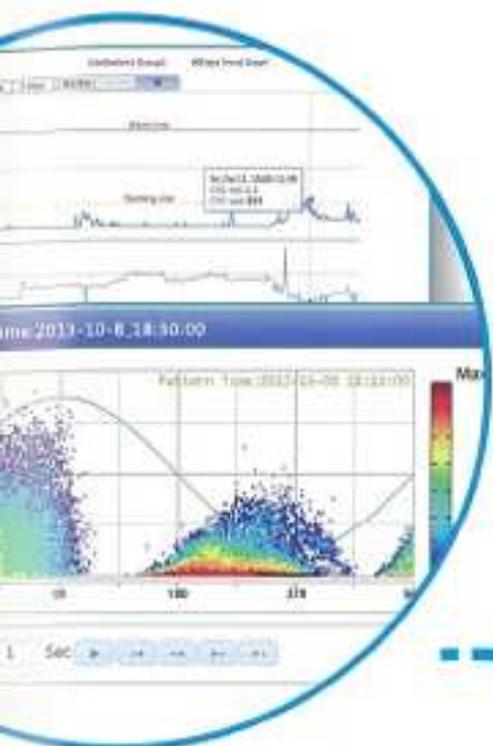
麥寮：TEL: 05-6812123 FAX: 05-6812066

高雄：TEL: 07-3520440 FAX: 07-3520441

局部放電的專家

PDS
Power Diagnostic Service

更多資訊，請參見 www.pdcare.com



PDCare

- 免費提供局部放電監測設備
- 依現場狀況，作參數最佳化調整
- 24小時線上監控與診斷分析服務
- 定期設備功能測試與靈敏度測試
- 異常訊號分析，辨識放電和雜訊
- 提供現場局部放電量測服務
- 根據放電型態及趨勢作風險評估

PDSimply

- 內建降噪處理器
- 配備6組量測通道
- 高通用性與寬廣取樣頻寬
- 局放與自我診斷及指示燈號
- 多種聯網模式：單機、內網、外網



PD Sensors

- 針對各式中高電壓設備所開發之局部放電感測器
- 以感應耦合局部放電所產生之暫態電磁場變化
- 寬廣的量測頻寬與超高頻技術能有效提升訊號分析精準度



台灣震江電力科技股份有限公司
新竹市延平路一段261巷2弄5號
Tel : 03-5218218
Fax : 03-5250655
www.pdservice.com

中華民國電驛協會會刊

中華民國八十四年五月二十日創刊
中華民國一〇五年一月一日出版

發行者：官茂祥
 高等顧問：李河樟 李 群 許萬寶 張重湖
 簡文通 羅隆和
 顧問：許邦福 趙基弘 陳勇蒼
 法律顧問：吳仲立 游文華 賴青鵬
 編輯委員會：主任委員 黃慶林
 副主任委員 李錦槍
 編輯委員：白雲年 吳立成 洪世宇 洪敏捷
 林安志 李金鐘 范建誼 郭麟瑛
 陳來進 陳炳基 陳順斌 許文興
 許宸源 張偉荃 黃英龍 黃惟雄
 黃德華 潘明路 謝建賢
 (依照姓氏筆劃順序)
 廣告組：陳仁忠 謝璧如
 地址：台北市羅斯福路三段 244 巷
 9 弄 1 號 2 樓
 E-mail : relayaso@ms68.hinet.net
 服務電話：(02) 2362-3993
 傳 真：(02) 2363-0860
 印刷者：文山打字印刷有限公司
 地址：台北市杭州南路二段 25 巷 13 號

本刊物為對內刊物、不對外發售

※版權所有※

◎本刊物圖文非經同意不得轉載◎

目 錄 索 引

☆24 變壓器加壓問題案例分析 ----吳立成

☆30 SEL-487E 與 GE-T35 數位式變壓器保護電驛補償分析與探討 -----李坤洲

☆44 「9 成疾病可以自癒」讀後分享
-----李國楨

☆49 台電公司故障記錄示波器汰換介紹
-----林文彬

☆61 應用於楊梅臨#600 及#700 之線路保護 -----楊盛鐘

☆66 輸電系統斷路器之動作跳脫回路簡介 -----鄭石洋

☆70 比流器鐵心剩磁對差動保護之分析改善 -----鄭強、王瑋民、蕭弘清

☆78	會務報導		
☆79	保護電驛專業檢測團體證照		
☆80	105 年度電驛協會教育訓練計劃		
☆81	中華民國電驛協會保護電驛專業檢測團體認證規範	封面	祥正電機(股)公司
☆83	保護電驛專業檢測團體技術員工作證	封底	中華民國電驛協會
☆84	保護電驛專業檢測團體認證申請表	封面裡	飛領電機顧問/飛羚電機工程(股)公司
☆85	保護電驛專業檢測團體證照	封底裡	全城電業顧問有限公司
☆86	中華民國電驛協會第八屆理監事暨理事長當選名單	1	盈昇有限公司
☆87	中華民國電驛協會第七屆第七次理事暨監事聯席會議紀錄	2	健格科技(股)公司
☆90	中華民國電驛協會第八屆第一次會員代表大會會議紀錄	3	計量企業有限公司
☆93	中華民國電驛協會第八屆第一次理事暨監事聯席會議紀錄	4	勇帥電氣技術顧問(股)公司
☆96	中華民國電驛協會會員捐款、獎學金捐款	5	育賢(股)公司
☆97	中華民國電驛協會沿革	6	艾波比(股)公司
☆98	中華民國電驛協會個人、團體入會申請書	7	亞力電機(股)公司
☆99	中華民國電驛協會永久團體會員名單	8	維立電機(股)公司
☆100	中華民國電驛協會永久個人會員名單	9	渝豐實業(股)公司
☆101	中華民國電驛協會團體會員名單	10	精控技術(股)公司
☆103	中華民國電驛協會個人會員名單	11	中興電工機械(股)公司
☆107	104 年 7 至 12 月新入會會員名單	12	中友機電顧問(股)公司
☆108	電驛協會會刊目錄總表	13	台灣震江電力科技(股)公司
		14	攝陽企業(股)公司
		15	大電力研究試驗中心
		16	中華民國電機技師公會全國聯合會
		17	春源機電技術顧問有限公司

廣告索引

變壓器加壓問題案例分析

綜合研究所 吳立成

壹、前言

在電力系統中，電力變壓器是電壓位準轉換十分重要的元件，它於系統建設完成，將投入系統運轉期間常會因本身鐵芯非線性、接線問題及加上系統設備電容(電纜或 GIS 等等)影響帶來暫態現象，而造成現場工作人員試驗時之困擾。因此，本文章將針對有關變壓器加壓送電問題之相關案例分析，俾提供現場工作人員試驗參考。

有關變壓器湧浪電流問題，在 1958 年已有許多文章開會討論[1]，但多數文章皆在於分析湧浪電流對保護電驛之影響，或對電力系統品質分析，以及針對其特性做模擬分析，較少文章對如何降低湧浪電流進行相關的討論。在製作湧浪電流抑制器過程中，我們查詢相關文獻，其如[2, 3]篇是用可控角度斷路器方式，而[4, 5]篇是用順序加壓方式，第[6]篇是用改變變壓器繞組結構方式，最後第[7]篇是以預先插入電阻方式改善湧浪電流，本文將利用簡單有效之剩磁推估方式，有效降低湧浪電流，讓變壓器加壓時，直接進入穩態，徹底解決湧浪電流造成之問題。

貳、某變電站變壓器加壓時，造成 20km 外某變電站之變壓器產生異音分析

如圖 1 所示系某部份電力系統供電單線圖，在 P/S 中之 #2MTR 主變壓器停電維護後再次加壓時，造成圖 1 中之 D/S #2MTR 主變壓器產生異音，經現場實測及分析後，判定其主因，源起於 P/S 之 #2MTR 主變壓器加壓瞬間之磁飽和現象，致相鄰變

電站之電壓變動，而 D/S 中 #2MTR 主變壓器二次側雙繞組中，一繞組空載，另一繞組輕載下，如同空載變壓器加壓般，產生大量激磁電流，而出現鐵芯激磁共振之聲響(本案的異音)。大多數案例係發生在同一變電站內，然本案係因該電力網路系統屬短路容量小之系統，其正常供電負載不大，因此系統中有一負載變化，系統電壓易受影響而改變，電壓瞬間改變而使輕載或空載之變壓器工作點漂移，產生如同變壓器空載加壓般之現象，以下將針對此現象進一步分析。

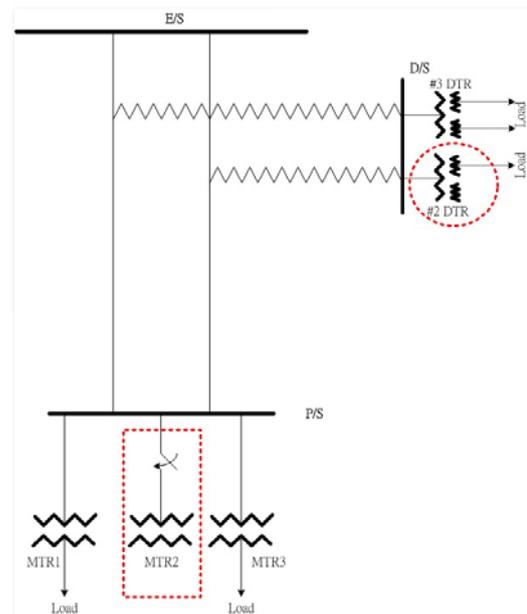


圖 1 某部份供電系統單線圖

其變電站 E/S、P/S 及 D/S 只有電源端 E/S 單一系統，不像大電力系統電源容量紮實，故當 P/S #2MTR 主變壓器加壓時，系統電壓易受干擾。本案在 P/S #2MTR 主變壓器加壓時，我們在 D/S #2MTR 主變壓器一次側量測之電壓及電流波形，如圖 2 所示，電壓及電流明顯變化，我們將其瞬時波形轉成 RMS 值，如圖 3 所示，可更清

楚看出電壓驟變下降再恢復至正常值，電流突增再恢復至正常值，再將電流放大，並作傅立業分析(明顯之 2 次諧波 120Hz 電流)，可清楚明白，D/S #2MTR 之異音，係因變壓器本身之激磁電流(空載或輕載之突入電流)所造成，因 D/S #2MTR 負載非常輕，無阻尼效果，當有一小擾動，易產生類似變壓器空載加壓之情境，建議調配增加負載以防治此現象，並可降低因變壓器空載易和電纜電容形成共振情形。



圖 2 P/S #2MTR 加壓時，D/S #2MTR 量測之電壓及電流波形圖

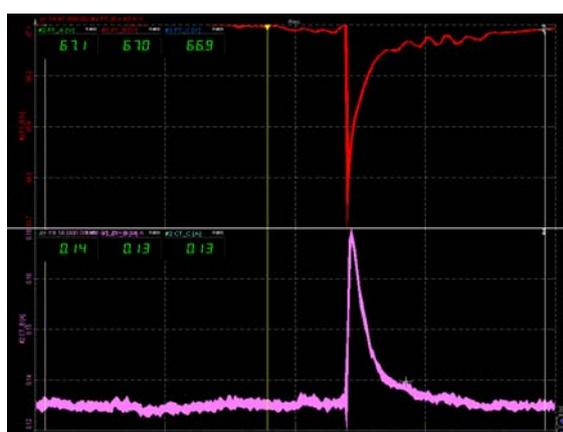


圖 3 D/S #2MTR 量測之電壓及電流均方根(RMS)波形圖

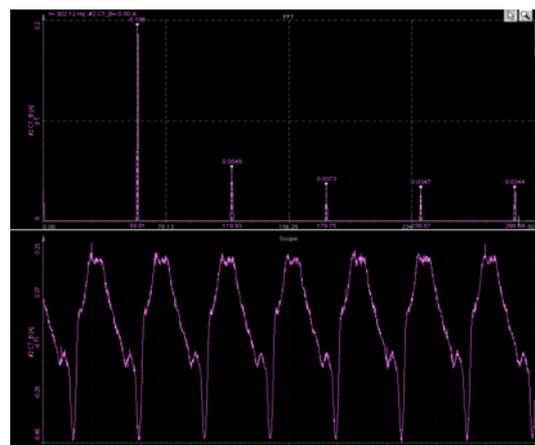


圖 4 D/S #2MTR 量測之電流波形傅立業分析圖

參、三繞組變壓器三次側之 59Vo 保護電驛用零相變壓器(GPT)三相不平衡零相電壓分析

三繞組變壓器三次側之 59Vo 保護電驛用零相變壓器(GPT)三相不平衡事件之等效系統單線圖，如圖 5 所示；當主變壓器加壓時三次側之 GPT 輸出不平衡，將造成工程人員誤判 GPT 本體問題及接地保護電驛(59Vo)誤動作，經模擬，其結果如圖 6 所示，可明顯發現當改變系統阻抗特性時，其 GPT 即恢復平衡三相穩態輸出，與現場實測分析比較，如圖 7 No.1 GPT 無加壓時及投入 ATR 三次側電抗器時之波形圖一致，故可判定其主因，源起於 GPT 二次開路時，因無載易與線路分佈電容產生共振之磁飽和現象，致二次側輸出三相大小不平衡之波形畸變。另外，圖 8 為 No.2 GPT 無載加壓時及投入 ATR 三次側電抗器時之波形圖，其事件肇因同如 No.1 GPT；圖 9 為 No.3 GPT 加壓試驗時之波形。由以上試驗、模擬及現場實測，可明確證明 3 只 GPT 皆正常，會有不平衡系因輕載及線路電容與其共振所致。

再者，如 GPT 設計時採用之鐵芯型式，亦會對此空載加壓造成影響，一般建議採用三角鐵芯，其磁路分佈平均，較不

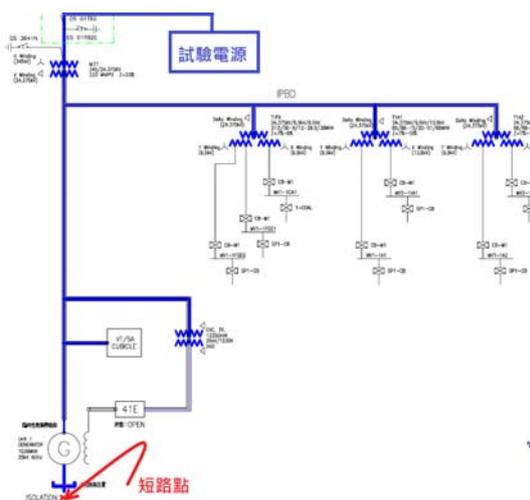


圖 10 現場試驗單線圖



圖 11 現場試驗時之三相不平衡電流波形

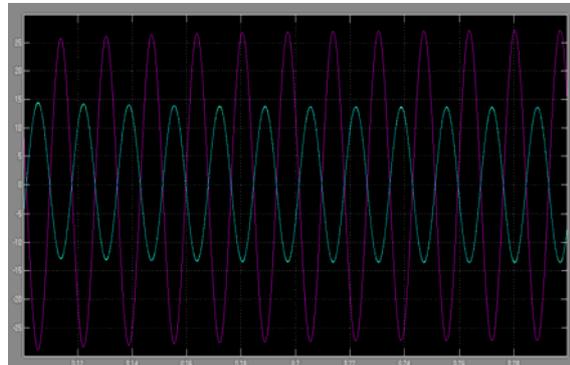


圖 12 主變壓器減極性從 Y 側加三相電源但 Delta 側兩相短路(量 Y 電流)

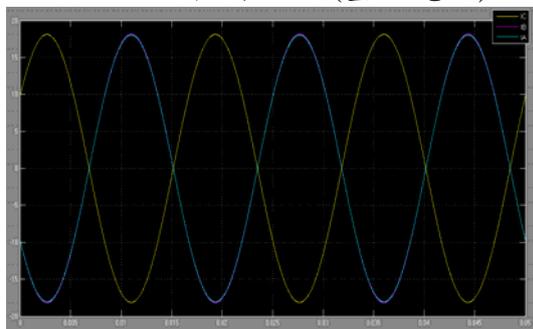


圖 13 主變壓器從 Y 側加三相電源(量 Y 電流)但其中 C 相為加極性時之 Y 側電流

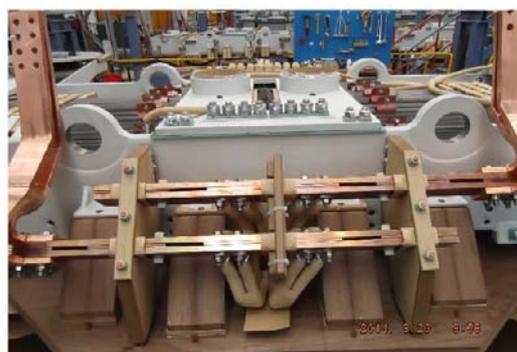


圖 14 主變 A 相內部接線正確為減極性



圖 15 主變 B 相內部接線正確為減極性



圖 16 主變 C 相內部接線誤接為加極性

伍、變壓器湧入電流問題解決方案

一般在送電時，會造成電驛誤動作主要係因變壓器之非線性磁路影響，如何防止其激磁暫態，可考慮加裝激磁湧流抑制器根本解決其問題。激磁湧流抑制器設計，如圖 17 所示考慮一單相變壓器，其等效電路如圖 17 所示，我們依其克西荷夫定律寫出方程式(1)及(2)。

$$V_p = R_p I_p + L_p \frac{dI_p}{dt} + N_1 \frac{d\phi_m}{dt} \quad (1)$$

$$V_s = R_s I_s + L_s \frac{dI_s}{dt} + N_2 \frac{d\phi_m}{dt} \quad (2)$$

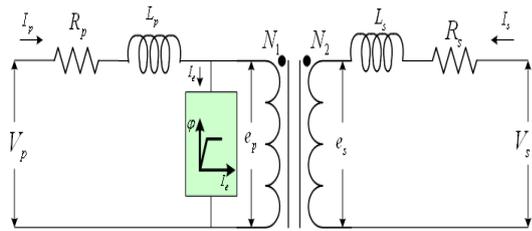


圖 17 單相變壓器等效電路

因為空載加壓時，變壓器無負載電流 ($I_s=0$)，因此方程式(2)可改寫成方程式(3)，再代入方程式(1)，因 N_1 大大於 $\int R_p I_p dt$ 和 $L_p I_p$ 故可得新方程式(4)，我們假設 $V_p = V_m \cdot \sin(\omega t)$ ，則方程式(4)可變成方程式(5)，當變壓器停電時 t_{open} ，我們便可知剩磁為方程式(6)；因此，只要我們在斷路器投入時，依方程式(7)將 t_{close} 投入正確點，即可讓變壓器直接進入穩態工作點，而不產生激磁湧流。

$$\varphi_m = \frac{1}{N_2} \int V_s dt \quad (3)$$

$$\varphi_m = \frac{1}{N_1} \left[\int (V_p - R_p I_p) dt - L_p I_p \right] \cong \frac{1}{N_1} \int V_p dt \quad (4)$$

$$\varphi_m \cong \frac{1}{N_1} \int V_m \cdot \sin(\omega t) dt \cong \frac{-V_m}{N_1 \omega} \cdot \cos(\omega t) + k \quad (5)$$

$$\varphi_{m,res} = \frac{-V_m}{N_1 \omega} \cdot \cos(\omega t_{open}) = \varphi_{max} \cdot \cos(\omega t_{open}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \varphi_m &\cong \frac{1}{N_1} \int_{t_{close}}^t V_m \cdot \sin(\omega t) dt + \varphi_{m,res} \\ &\cong \varphi_{max} \cdot \cos(\omega t) - \varphi_{max} \cdot \cos(\omega t_{close}) + \varphi_{m,res} \end{aligned} \quad (7)$$

我們依理論，以圖 18 之三相變壓器來實際驗證激磁湧流抑制器，其三相變壓器參數如表 1，當我們不用激磁湧流抑制器時，其變壓器加壓時之激磁湧流波形如圖 19 所示，激磁湧流約滿載電流 3 倍，當使用激磁湧流抑制器時，可讓變壓器直接進入穩態工作點，如圖 20 所示只有正常激磁電流，因此不會造成電力品質問題及電驛誤動作之困擾。

表 1 三相變壓器參數

項次	數值
額定	1000VA
一二次電壓	220/380(Vrms)
頻率	60(Hz)
各相電感值 A/B/C	0.61/0.59/0.65 (H)
接法	Yn/Delta

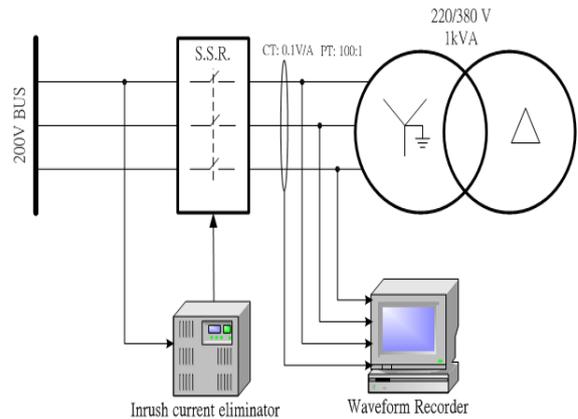


圖 18 三相變壓器激磁湧流抑制器試驗

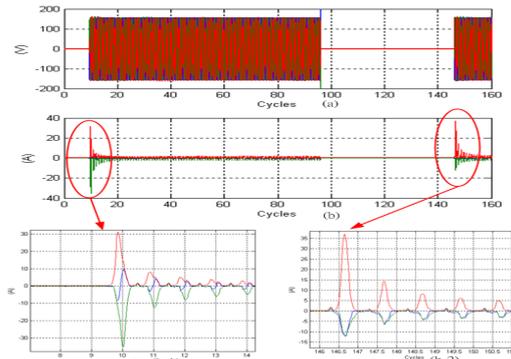


圖 19 三相變壓器加壓未用激磁湧流抑制器時之波形

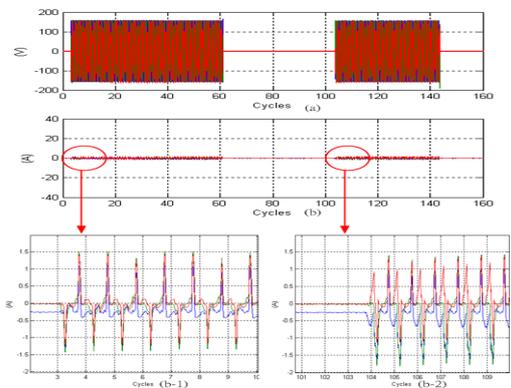


圖 20 三相變壓器加壓使用激磁湧流抑制器時之波形

陸、結語

電力變壓器是電力系統中電壓位準轉換不可少的必要元件；因此，其正常運行與否，直接影響系統可靠及安全，本文提供一些實務經驗與解決方案，希望有助於解決或改善現場工作人員之困擾。

柒、參考文獻

- [1] W.K. Sonnemann, C.L. Wagner, G.D. Rockefeller, "Magnetizing Inrush Phenomena in Transformer Banks", AIEE Transactions, Part III, Vol. 77, Oct. 1958
- [2] John, H. Brunke, Klaus J. Fröhlich, "Elimination of transformer inrush currents by controlled switching — Part I: Theoretical considerations", Transactions on Power Delivery, Volume: 16, No.2, April 2001, Pages: 276–280
- [3] John, H. Brunke, Klaus J. Fröhlich, "Elimination of transformer inrush currents by controlled switching — Part II: Application and performance considerations", Transactions on Power Delivery, Volume: 16, No.2, April 2001, Pages: 281–285
- [4] Yu Cui, Sami G.. Abdulsalam, Shiuming Chen, Wilsun Xu, "A sequential phase energization technique for transformer inrush current reduction — Part I: Simulation and experimental results", Transactions on Power Delivery, Volume: 20, No.2, April 2005, Pages: 943–949
- [5] Liana Cipcigan, Wilsun Xu, Venkata Dinavahi, "A New Technique to Mitigate Inrush Current Caused by Transformer Energization", IEEE, Power Engineering Society Summer Meeting, Volume: 1, Issue: 25-25, July 2002, Pages:570 – 574
- [6] J.F. Chen, T.J. Liang, C.K. Cheng, R.L. Lin, W.H. Yang, "Asymmetrical winding configuration to reduce inrush current with appropriate short-circuit current in transformer", IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol.152, No.3, May 2005 Pages:605 – 611
- [7] Michel Rioual, Manuel Martinez, "Energization of two transformers in series through long lines: Correlation between fluxes in both transformers, and determination of the efficiency of palliative solutions", IPST, June 2007 Pages:605 – 611

SEL-487E 與 GE-T35 數位式變壓器 保護電驛補償分析與探討

嘉南供電區營運處 李坤洲

壹、前言

電力系統的供電方式主要是透過變壓器由高電壓降為低電壓輸送至各負載端，可說是用電戶的心臟，往往變壓器故障經常導致用電戶的重大損失，因此在保護變壓器上就須格外慎重小心。

目前台電電力變壓器之電氣保護係指以差動電驛為主保護，而過電流電驛做為後衛保護，並且多數都已汰換為數位式保護電驛，常見以SEL-387、SEL-487E、GE-T60及 GE-T35為主流，其中SEL-487E

與GE-T35皆提供五組電流輸入，在運用上更為靈活，近年汰換以此兩款電驛居多。由於變壓器繞組接線方式與變壓器變比大小影響數位電驛相位和大小補償的設定方式，對於消除零序電流成分之運算，相間與接地之補償係數也有所不同，因此儀器測試參數也須適時調整，本文主要係針對SEL-487E動態斜率[1]與相位補償測試方式作探討，並與GE-T35電驛做分析與比較。

貳、E/M 差動電驛相位補償

台電供電系統161KV及69KV配電變壓器高低壓側繞組採 $\Delta-Y$ (Dyn1)接線，符合ANSI C57.12.70 規定[2]，其高壓側正序量領前(Lead) 對應的低壓側正序量 30° [亦高壓側負序量落後(Lag) 對應的低壓側負序量 30°]。

數位式差動電驛相位補償的目的乃將高壓側與低壓側電流利用電驛內部軟體補償至相差 180° ，而傳統電磁式差動電驛如HU-1、BDD、IJD、CA及CAT等，其相位補償原理則以CT(Current Transformer)實體接線方式來補償其相角差，CT接線方式

有二，一是CT採YNd11接線方式，二則是CT採YNd1接線方式[3]，其原理說明如下。

一、差動電驛CT採YNd11接線

以二次系統69KV配電變壓器為例，圖1為EM差動電驛CT採YNd11接線補償，變壓器高壓側CT採Y接，變壓器低壓側CT採11點鐘 Δ 接法。

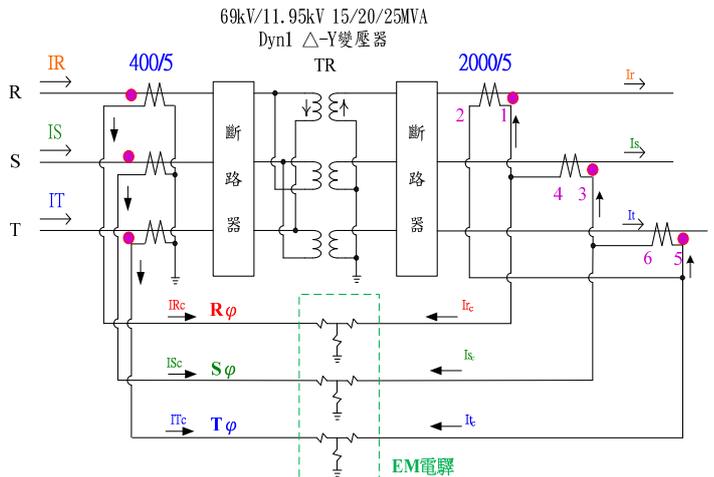


圖 1 差動電驛 CT 採 YNd11 接線圖

假設系統電源為負相序系統，高低壓側皆以R相來作分析：高壓側CT為Y接同極性出線，因此IR與IRc為同相位；低壓側CT則採11點鐘接法，低壓側電流如圖2所示，Ir相量放大 $\sqrt{3}$ 倍CT變比並由①相量落後 30° 到相量②，當低壓側CT為反極性出線時(如圖1)，相量②將變為相量③，即二次側補償後電流Ir_c。將IRc與Ir_c引接進入電驛，其相位相差 180° ，這種CT接線補償方式是較標準的方式。

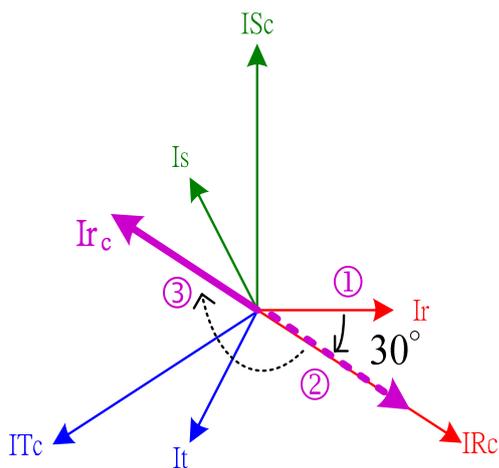


圖 2 CT 採 YNd11 接線補償相量圖

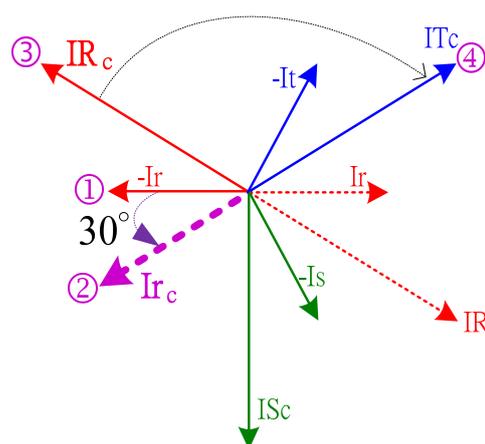


圖 4 CT 採 YNd1 接線補償相量圖

二、差動電驛比流器採 YNd1 接線

以嘉南供電轄區二次變電所為例，仍有不少 EM 差動電驛的 CT 使用 YNd1 接線補償方式，如圖 3 所示。

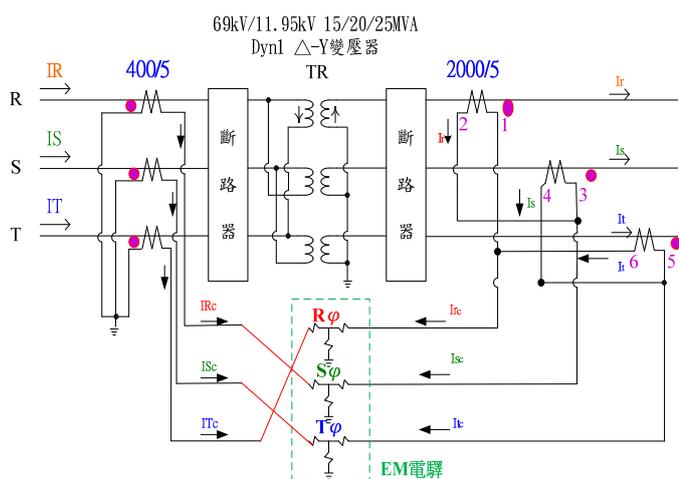


圖 3 差動電驛 CT 採 YNd1 接線圖

假設系統電源為負相序系統，高低壓側皆以 R 相來作分析：高壓側 CT 為 Y 接反極性出線，因此 I_R 與 I_{Rc} 相位相反；低壓側 CT 採 1 點鐘 Δ 接法，低壓側電流如圖 4 所示， $-I_r$ 相量放大 $\sqrt{3}$ 倍 CT 變比並由相量 ① 領先 30° 得到 I_{rc} 相量 ②，將高壓側 I_{Tc} 相量 ④ 引接至差動電驛 R 相，補償後電流 I_{Tc} 與 I_{rc} 相位相差 180° ，這接線補償方式雖然不影響差動電驛保護功能，但 CT 使用高壓側 T 相與低壓側 r 相做差動比較，是較不標準方式。

參、數位式電驛差動電驛相位與大小補償

數位式差動電驛相位與大小補償，乃利用微處理器運算方式，以軟體設定補償角度與消除零序電流成分，除可簡化比流器接線外，並可降低傳統 EM 電驛 CT 接線錯誤的機率。

一、SEL-487E 相位大小補償原理

SEL-487E 數位式差動電驛背板如圖 5 所示，它提供五組 3 相 CT 輸入 (S、T、U、W、X)、兩組 3 相 PT 輸入 (V、Z) 及三個單相 CT 輸入 (Y1、Y2、Y3)，在運用上可有更彈性保護規劃方式。

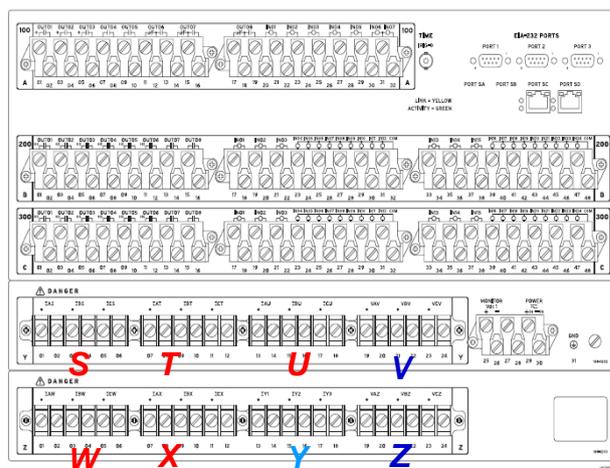


圖 5 SEL-487E 數位式差動電驛背視圖

SEL-487E 電驛相位與大小補償方式如圖 6 所示，電流引入電驛並經 60HZ 帶通

濾波器後，除以該繞組電流TAP值，再與所設定之補償矩陣作相乘，得到每相補償後之電流，最後進入差動元件作運算。

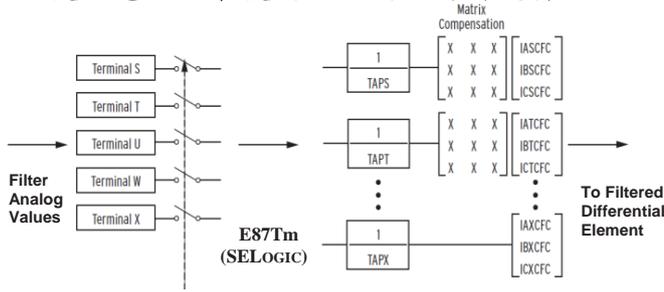


圖6 SEL-487E電驛相位與大小補償

(一)繞組電流TAP值計算方式[4]：

$$TAP_m = \frac{MVA \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot VTERM \cdot CTR} \cdot C \quad (1)$$

MVA = Transformer maximum MVA
 VTERM = Terminal line-to-line voltage of the winding (kV)

CTR = CT ratio
 C = 1 for Y-connected CTs
 C = $\sqrt{3}$ for Δ -connected CTs
 m = Terminal m current Tap

(二)SEL-487E 補償矩陣CTC(1)~CTC(12)

如表1所示。

表1 SEL-487E 補償矩陣

$[CTC(1)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$[CTC(2)] = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
$[CTC(3)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$[CTC(4)] = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$
$[CTC(5)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$	$[CTC(6)] = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix}$
$[CTC(7)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$[CTC(8)] = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix}$
$[CTC(9)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$[CTC(10)] = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$
$[CTC(11)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$	$[CTC(12)] = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$

(三) CTC(1) 補償原理

主要功能是将輸入三相電流相位平移 30° ，但其振幅大小保持不變。假設輸入正相序三相平衡電流 I_a 、 I_b 和 I_c ，由公式(2)經CTC(1)補償後得到 I_{a_c} 、 I_{b_c} 、 I_{c_c} ，我們以 I_a 單相來分析，如圖7所示， I_a - I_b 相量由①放大 $\sqrt{3}$ 倍並超前 30° 到相量②，相量②除以 $\sqrt{3}$ 後最後得到相量③ I_{a_c} ，這補償原理有點像傳統EM電驛CT採11點鐘接法的意味，不同的是電流大小能經由矩陣修正 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍與補償前保持不變。

$$\begin{bmatrix} I_{a_c} \\ I_{b_c} \\ I_{c_c} \end{bmatrix} = [CTC(1)] * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\rightarrow I_{a_c} = \frac{I_a - I_b}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

$$I_{b_c} = \frac{I_b - I_c}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

$$I_{c_c} = \frac{-I_a + I_c}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

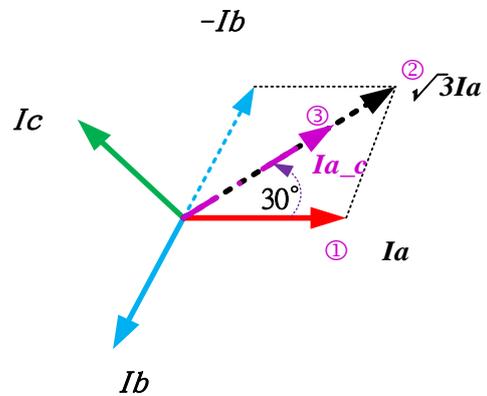


圖7 正相序CTC(1)相位補償圖

此外，當輸入為負相序三相平衡電流時，經CTC(1)相位補償後會落後原相量 30° ，如圖8所示。換言之CTC(1)矩陣乃將正相序三相平衡電流以逆時針方向補償 30° ；將負相序三相平衡電流以順時針方向補償 30° 。

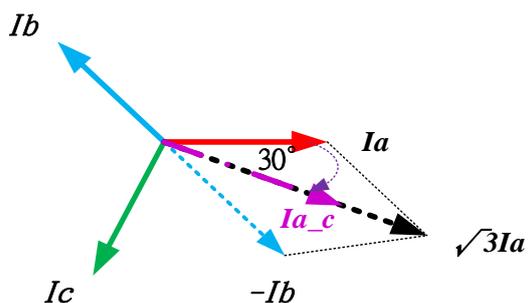


圖8 負相序CTC(1)相位補償圖

(四) CTC(12) 補償原理

主要功能為移除零序電流，但並不會使輸入三相平衡電流產生相位移，而振幅大小也保持不變，如圖9所示(以 I_{ac} 來分析)。

$$\begin{bmatrix} I_{ac} \\ I_{bc} \\ I_{cc} \end{bmatrix} = [CTC(12)] * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$= \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (8)$$

→

$$I_{ac} = \frac{2I_a - I_b - I_c}{3} \quad (9)$$

$$I_{bc} = \frac{-I_a + 2I_b - I_c}{3} \quad (10)$$

$$I_{cc} = \frac{-I_a - I_b + 2I_c}{3} \quad (11)$$

當三相不平衡電流產生時，能利用三相合成相量將零序電流消除為0，和CT採 Δ 接有相同的效果，不同的是電流大小經由矩陣修正後仍保持不變。

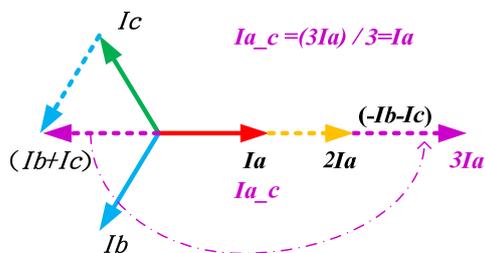


圖9 CTC(12)相位補償圖

(五) CTC(2)~CTC(11) 補償原理

SEL-487E 補償奇數矩陣與CTC(1)原理類似，而偶數矩陣與CTC(12)原理類似，其用法取決於變壓器與CT接線方式不同(如加極性或減極性)，應用上則能在不改變現場實體接線下，選擇CTC(1)~CTC(12)中適當矩陣達到理想的相位補償，目前台電系統無論是Y-Y接或 Δ -Y接變壓器，補償運用的設定常以CTC(1)和CTC(12)兩者居多。

二、SEL-487E應用實例

(一) SEL-487E補償設定

以二次系統69KV配電變壓器為例，其變壓器參數如表2，SEL-487E電驛應用接線方式如圖10所示，高、低壓側CT皆採Y接線。

表2 69KV配電變壓器參數

變壓器參數	高壓側	低壓側
容量	25MVA	
電壓等級	69KV	11.95KV
變壓器接線	DYn1	
阻抗百分比	Z=9%	
CT匝比	400/5	2000/5

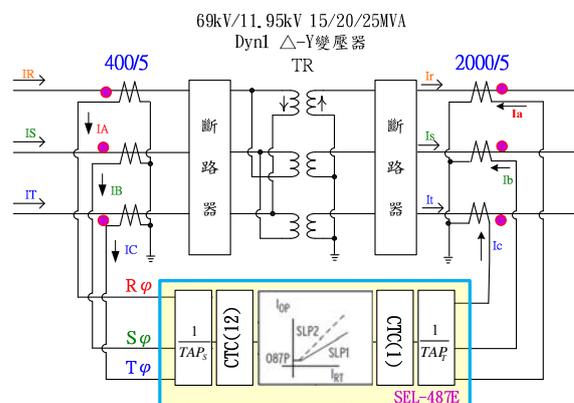


圖10 69KV DTR 487E差動保護接線圖

由於變壓器高低壓各只有一個斷路器，我們利用SEL電驛連線軟體AcSelerator® QuickSet設定啟用繞組S、T，及相位補償設為CTC(12)、CTC(1)，如圖11所示。

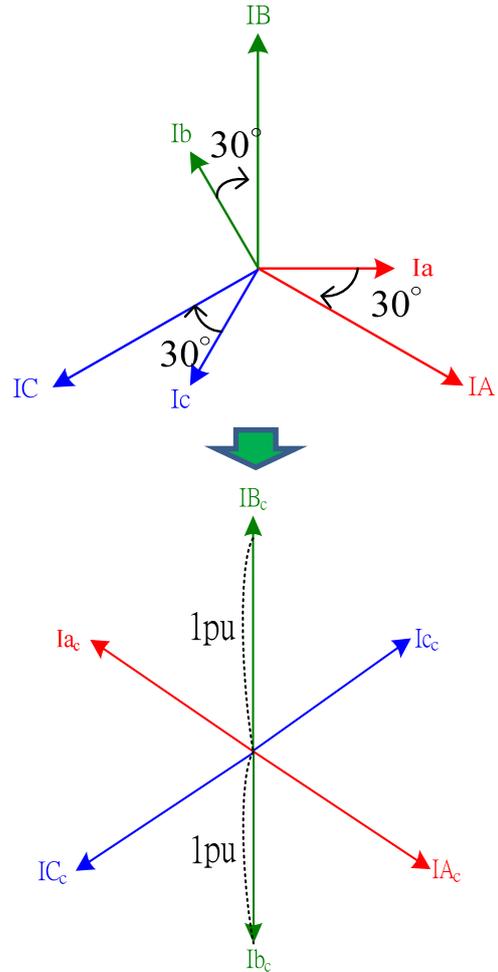
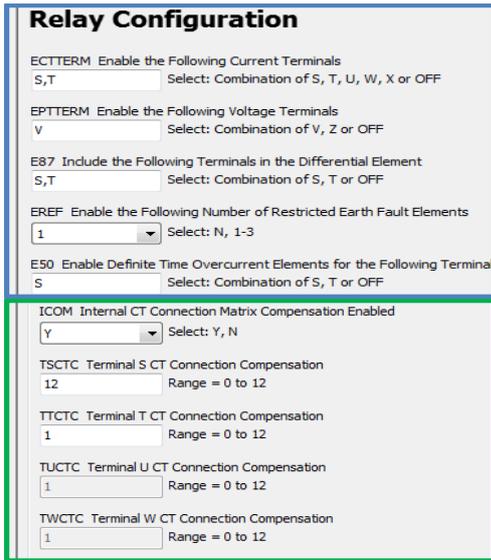


圖11 SEL-487E差動保護與相位補償設定
以滿載電流為計算條件，依據公式
(1)(2)(7)計算電驛補償後電流：

高壓側電流 $[I_H]$ ： $I_A = 2.61 \angle -30^\circ$ 、 $I_B = 2.61 \angle 90^\circ$
 $I_C = 2.61 \angle 210^\circ$

低壓側電流 $[I_L]$ ： $I_a = 3.02 \angle 0^\circ$ 、 $I_b = 3.02 \angle 120^\circ$
 $I_c = 3.02 \angle 240^\circ$

$$TAP_S = \frac{25 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 69 \cdot 80} \cdot 1 = 2.61 \text{ A} \quad (12)$$

$$TAP_T = \frac{25 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 95 \cdot 400} \cdot 1 = 3.02 \text{ A} \quad (13)$$

$$I_{A_c} = \frac{1}{TAP_S} \cdot CTC(12) \cdot [I_H] = \frac{1}{TAP_S} \cdot \frac{2I_A - I_B - I_C}{3} \quad (14)$$

$$= \frac{1}{2.62} \cdot 2.61 \angle -30^\circ = 1 \angle -30^\circ \text{ pu} \quad (15)$$

$$I_{a_c} = \frac{1}{TAP_T} \cdot CTC(1) \cdot [I_L] = \frac{1}{TAP_T} \cdot \frac{I_a - I_b}{\sqrt{3}} \quad (16)$$

$$= \frac{1}{3.02} \cdot 3.02 \angle -30^\circ \cdot \frac{1}{3.02} = 1 \angle -30^\circ \text{ pu} \quad (17)$$

I_{a_c} 經由CTC(1)矩陣以順時針方向補償30°，且低壓側CT極性出線為高壓側的反向，因此補償後高低壓側電流大小相同相位相差180°，如圖12所示。

圖12 SEL-487E高低壓側補償相量

(二)SEL-487E 補償係數推導

使用測試儀器試驗前，我們得先瞭解前一節所介紹的SEL-487E相位及標么化原理，其原理是以三相平衡電流做推導，但對於測試實務方面則因測試方式及模擬故障種類的不同，會影響補償係數的改變，因此得做適時的修正才能符合正確的試驗結果。

1. CTC(12)模擬單相故障

圖13為SEL-487E模擬測試圖，假設我們使用測試儀器注入高壓側相 I_A 電流，

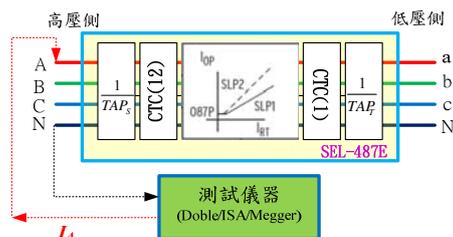


圖13 SEL-487E模擬測試圖

即 I_B 、 I_C 為0，由公式(7)可推得：

$$I_{A_c} = \frac{2I_A - I_B - I_C}{3} = \frac{2I_A}{3} \quad \rightarrow I_A = \frac{3I_{A_c}}{2} \quad (18)$$

$$I_{B_c} = \frac{-I_A + 2I_B - I_C}{3} = \frac{-I_A}{3} \quad (19)$$

$$I_{C_c} = \frac{-I_A - I_B + 2I_C}{3} = \frac{-I_A}{3} \quad (20)$$

由上可知 I_B 、 I_C 未加電流，經補償後電驛 I_{B_c} 及 I_{C_c} 卻看到 $\frac{-I_A}{3}$ 的電流，這就是我們先前所提到CTC(1)~CTC(12)補償矩陣皆有消除零序電流的功用，即 $3I_0 = I_{A_c} + I_{B_c} + I_{C_c} = 0$ 。而若選擇單位矩陣CTC(0)做補償，則仍有 I_A 的零序電流，即 $3I_0 = I_A + I_B + I_C = I_A$ 。

此外需特別注意模擬高壓側單相故障電流時，電流經補償後降為 $\frac{2}{3}I_A$ ，因此試驗儀器需放大 $\frac{3}{2}I_A$ 電流才能達到電驛所設定的電流。

假設 I_A 為電驛始動電流，那當試驗儀器電流持續加大達到 $3I_A$ 時，此時B相及C相皆會達跳脫條件，電驛跳脫相別會顯示ABC三相同時跳脫，這也就是我們常常在作跳脫試驗時，只灌單相電流而電驛卻顯示三相差動元件動作的迷思。

2. CTC(12)模擬相間故障

假設我們測試儀器模擬高壓側相間故障(A-B相) I_A 電流，即 $I_B = -I_A$ ，由公式(7)可推得：

$$I_{A_c} = \frac{2I_A - I_B - I_C}{3} = \frac{3I_A}{3} \quad \rightarrow I_{A_c} = I_A \quad (21)$$

$$I_{B_c} = \frac{-I_A + 2I_B - I_C}{3} = \frac{-3I_A}{3} \quad \rightarrow I_{B_c} = -I_A \quad (22)$$

$$I_{C_c} = \frac{-I_A - I_B + 2I_C}{3} = \frac{-0I_A}{3} \quad \rightarrow I_{C_c} = 0 \quad (23)$$

模擬高壓側相間故障時，電流經補償後仍保持不變。

3. CTC(1)模擬單相故障

假設我們測試儀器注入低壓側 I_a 電流，即 I_b 、 I_c 為0，由公式(2)可推得：

$$I_{a_c} = \frac{I_a - I_b}{\sqrt{3}} = \frac{I_a}{\sqrt{3}} \quad \rightarrow I_a = \sqrt{3}I_{a_c} \quad (24)$$

$$I_{b_c} = \frac{I_b - I_c}{\sqrt{3}} = 0 \quad (25)$$

$$I_{c_c} = \frac{-I_a + I_c}{\sqrt{3}} = \frac{-I_a}{\sqrt{3}} \quad (26)$$

由上可知 I_c 雖未加電流，但經補償後電驛卻看到 $I_{c_c} = \frac{-I_a}{\sqrt{3}}$ 的電流，目的也是為了消除零序電流。

此外需特別注意的是當模擬低壓側單相故障電流時，電流經補償後降為 $\frac{I_a}{\sqrt{3}}$ ，因此試驗儀器需將 I_a 放大 $\sqrt{3}$ 倍才能達電驛所設定的電流。假設 I_a 為電驛始動電流，那當試驗儀器電流持續加大達到 $\sqrt{3}I_a$ 時，此時AC相皆會達跳脫條件，電驛會顯示AC相差動元件動作。

4. CTC(1)模擬相間故障

假設我們測試儀器注入低壓側a-b相 I_a 電流，即 $I_b = -I_a$ 、 $I_c = 0$ ，由公式(2)可推得：

$$I_{a_c} = \frac{I_a - I_b}{\sqrt{3}} = \frac{2I_a}{\sqrt{3}} \quad \rightarrow I_a = \frac{\sqrt{3}I_{a_c}}{2} \quad (27)$$

$$I_{b_c} = \frac{I_b - I_c}{\sqrt{3}} = \frac{-I_a}{\sqrt{3}} \quad (28)$$

$$I_{c_c} = \frac{-I_a + I_c}{\sqrt{3}} = \frac{-I_a}{\sqrt{3}} \quad (29)$$

由上可知 I_c 雖未加電流，但經補償後電驛卻看到 $I_{c_c} = \frac{-I_a}{\sqrt{3}}$ 的電流，目的也是為了消除零序電流。

此外需特別注意的是當模擬低壓側相間故障電流時，電流經補償後降為 $\frac{2I_a}{\sqrt{3}}$ ，因此試驗儀器需將 I_a 放大 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 倍才能達電驛所設定的電流。假設 I_a 為電驛始動電流，那當試驗儀器電流持續加大達到 $\sqrt{3}I_a$ 時，此時ABC相皆會達跳脫條件，電驛會顯示ABC相差動元件動作。

5. SEL-487E補償係數表

根據上述不同故障類別的公式推導，我們彙整出適用於測試儀器的補償係數表，如表3所示。

表3 SEL-487E補償係數表

種類 CTC(m)	補償係數(K)		
	單相故障 (L)	相間故障 (LL)	三相故障 (3L)
0	1	1	1
1、3、5、 7、9、11	$\sqrt{3}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
6、12	$\frac{3}{2}$	1	1
2、4、8、 10	3	1	1

註：m=0、1、2、...、12

(三)儀器接線模擬測試

以圖10 69KV DTR為例，其487E差動元件標置設定如圖14所示：

O87P Differential Element Operating Current Pickup (p.u.)
0.30 Range = 0.10 to 4.00

SLP1 Slope 1 Setting (%)
15.00 Range = 5.00 to 90.00

SLP2 Slope 2 Setting (%)
30.00 Range = 5.00 to 90.00

U87P Unrestrained Element Current Pickup (p.u.)
10.00 Range = 1.00 to 20.00

DIOPR Incremental Operate Current Pickup (p.u.)
1.20 Range = 0.10 to 10.00

DIRTR Incremental Restraint Current Pickup (p.u.)
1.20 Range = 0.10 to 10.00

MVA Enter Transformer Maximum MVA Rating (MVA)
25 Range = 1 to 5000, OFF

VTERMS Terminal S Line-to-Line Voltage (kV)
69.00 Range = 1.00 to 1000.00

TAPS Terminal S Current Tap (A,secondary)
2.61 Range = 0.50 to 175.00

VTERMT Terminal T Line-to-Line Voltage (kV)
11.95 Range = 1.00 to 1000.00

TAPT Terminal T Current Tap (A,secondary)
3.02 Range = 0.50 to 175.00

圖14 69KV DTR 487E差動保護標置設定

1. Megger儀器測試

(1) Megger儀器設定

開啟Megger 87T測試模組，設定變壓器容量、變壓器接線方式及CT Ratio等參數，儀器相關設定可參閱圖15所示，其中Single Phase Pickup最容易造成設定錯誤，可查閱表3設定高壓側為1.5/低壓側1.732。

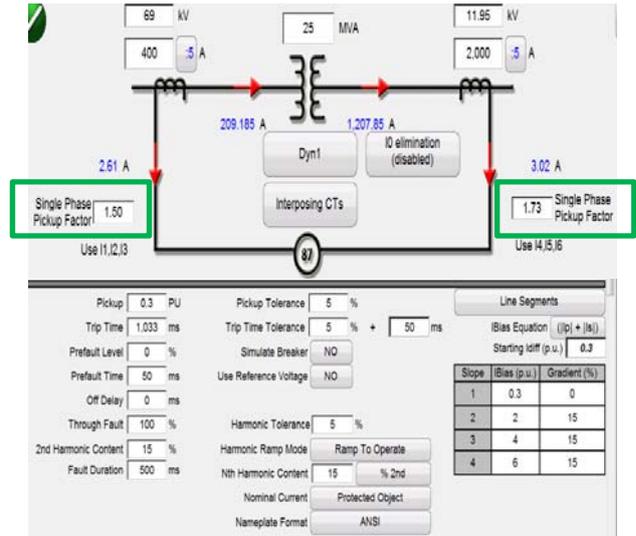


圖15 Megger 87T測試模組

(2) Megger測試結果

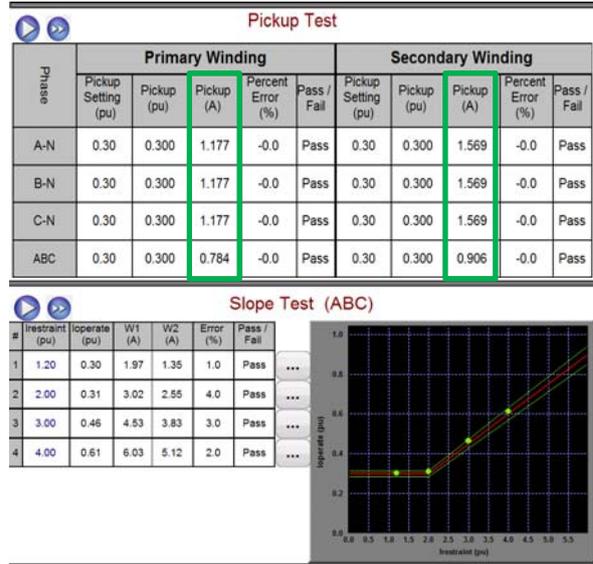


圖16 Megger測試結果

Megger 87T測試方式：

- A. Pickup Test 模擬電流只注入單側(高壓側或低壓側)作試驗。
- B. Slop Test 模擬電流同時注入高低壓側三相(ABC)電流作試驗，此方式就無需考慮補償係數K，高低壓側K皆為1。

(3) 驗證

由上測試結果可與公式(1)及表3計算出標準值作比較與驗證

- A.計算高壓側始動值O87P_s單相故障

$$0.87P_s = 0.3 \times TAP_s \times K \quad (30)$$

$$= 0.3 \times 2.61 \times \frac{3}{2} = 1.175A \quad (31)$$

與Megger測試結果1.177A相近
相間及三相故障(查表3 K=1)

$$0.87P_s = 0.3 \times TAP_s \times K \quad (32)$$

$$= 0.3 \times 2.61 \times 1 = 0.783A \quad (33)$$

與Megger測試結果0.784A相近

B. 計算低壓側始動值 $0.87P_T$

單相故障 (查表3 $K=\sqrt{3}$)

$$0.87P_T = 0.3 \times TAP_T \times K \quad (34)$$

$$= 0.3 \times 3.02 \times \sqrt{3} = 1.569A \quad (35)$$

與Megger測試結果1.569相同

相間故障(查表3 $K=\frac{\sqrt{3}}{2}$)

$$0.87P_T = 0.3 \times TAP_T \times K \quad (36)$$

$$= 0.3 \times 3.02 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.785A \quad (37)$$

Megger未有此模擬項目

三相故障 (查表3 $K=1$)

$$0.87P_T = 0.3 \times TAP_T \times K \quad (38)$$

$$= 0.3 \times 3.02 \times 1 = 0.906A \quad (39)$$

與Megger測試結果0.906A相同

2. ISA儀器測試

(1) ISA儀器設定

開啟ISA 87T測試模組，設定變壓器容量、變壓器接線方式及CT Ratio等參數，儀器相關設定可參閱圖17所示，其中補償設定**Transformation Method**選擇 Δ 。此設定會隨著模擬故障類別不同而自動調整補償係數大小。

另外SEL-487E保護區間為一動態斜率設計，曲線斜率有15%及30%差別，在試驗上我們僅需在模擬故障前產生Prefault電流即能模擬出15%曲線，而若不產生Prefault電流則能模擬出30%曲線，圖17中 T Pre 設定時間即能產生Prefault電流。

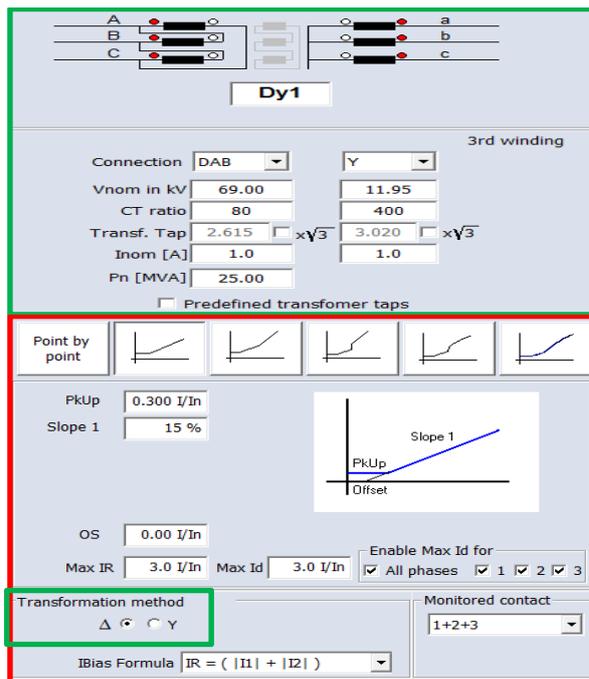
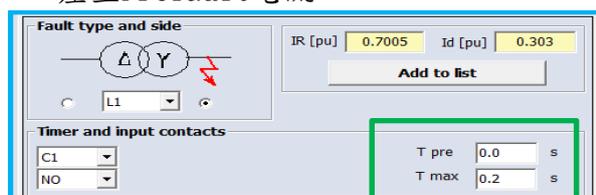


圖17 ISA 87T測試模組

(2) ISA測試結果

Test	System	Test Selection	Results				
Show: HV LV							
Monitored contact: 1+2+3							
NR	Fault	IR	ID	T [s]	ID nom	Err %	Pass/Fail
17*	L1	0.7	0.303	0.049	0.3	1	Pass
18*	L1	1.3	0.407	0.0344	0.403	1	Pass
19*	L1	1.9	0.589	0.0292	0.589	0	Pass
20*	L1	2.5	0.767	0.0486	0.775	-1	Pass
21*	L2	0.7	0.303	0.0488	0.3	1	Pass
22*	L2	1.3	0.403	0.0638	0.403	0	Pass
23*	L2	1.9	0.583	0.0526	0.589	-1	Pass
24*	L2	2.5	0.767	0.03	0.775	-1	Pass
25*	L3	0.7	0.303	0.0538	0.3	1	Pass
26*	L3	1.3	0.403	0.0626	0.403	0	Pass
27*	L3	1.9	0.583	0.0284	0.589	-1	Pass
28*	L3	2.5	0.767	0.0318	0.775	-1	Pass
29*	L123	0.7	0.303	0.0358	0.3	1	Pass
30*	L123	1.3	0.403	0.0666	0.403	0	Pass
31*	L123	1.9	0.583	0.0642	0.589	-1	Pass
32*	L123	2.5	0.767	0.031	0.775	-1	Pass



圖18 ISA測試結果

ISA模擬故障類型(單相及相間故障)皆由高低壓側同時注入故障電流，不同於Megger測試方式，在始動測試與斜率測試皆須考慮補償係數K。

(3) 驗證

要驗證ISA模擬變壓器低壓故障結果，我們需先了解變壓器實際故障電流分佈情形，有利於我們了解ISA注入故障電流的相別，可參考圖19故障電流分佈[5][6]。

A. 低壓側單相故障(L1)

以ISA測試結果圖(18第17項)變壓器低壓單相接地故障(L1)為例，模擬點在IR=0.7pu時，搜尋測得始動電流如圖20所示，圖中電流分佈為：

$$IA=0.520 \angle 180^\circ \quad Ia=2.624 \angle 0^\circ$$

$$IC=0.520 \angle 0^\circ$$

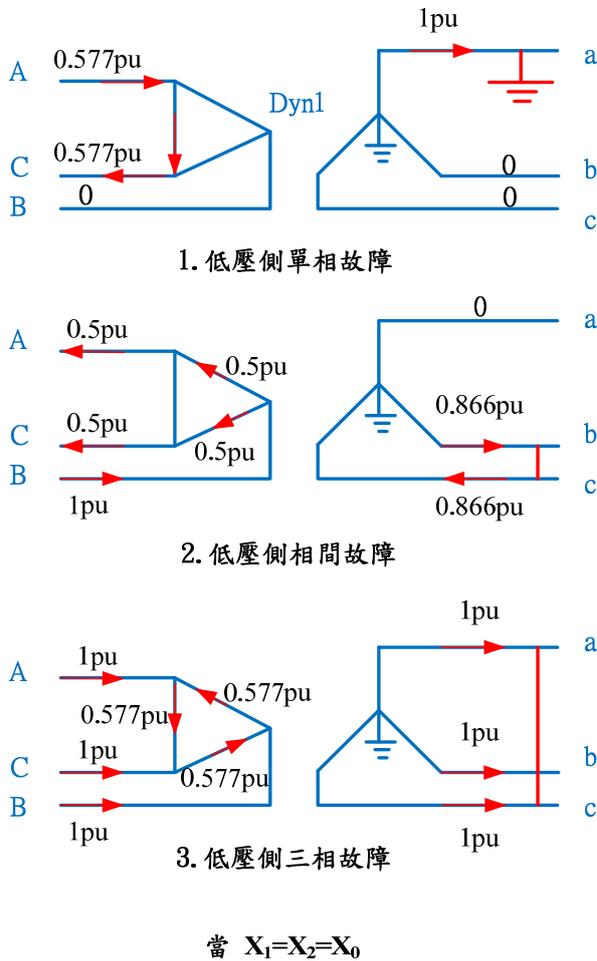


圖19 Δ-Y變壓器故障電流分佈圖

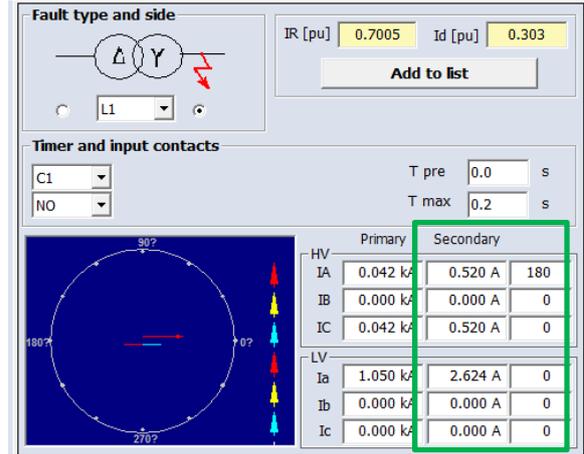


圖20 ISA模擬低壓側L1故障測試視窗

推導ISA始動電流值：(查表3取適當K值)

$$IA(pu)=0.520/(TAP_S \times K)=0.520/(2.61 \times 1)$$

$$=0.199(pu) \quad (40)$$

$$Ia(pu)=2.624/(TAP_T \times K)=2.624/(3.02 \times \sqrt{3})$$

$$=0.502(pu) \quad (41)$$

$$Id(pu)=|IA(pu)-Ia(pu)|=|0.199-0.502|$$

$$=0.303(pu) \rightarrow \text{與標準值}0.3pu \text{相近} \quad (42)$$

B. 低壓側單相故障(L12)

以ISA測試結果圖(21第33項)變壓器低壓相間故障(L12)為例，模擬點在IR=0.2pu時，搜尋測得始動電流為：

$$IA=0.123 \angle 180^\circ \quad Ia=0.928 \angle 0^\circ$$

$$IB=0.061 \angle 0^\circ \quad Ib=0.928 \angle 180^\circ$$

$$IC=0.061 \angle 0^\circ$$

推導：

$$IA(pu)=0.123/(TAP_S \times K)=0.123/(2.61 \times 1)$$

$$=0.047(pu) \quad (43)$$

$$Ia(pu)=0.928/(TAP_T \times K)=0.928/(3.02 \times \frac{\sqrt{3}}{2})$$

$$=0.355(pu) \quad (44)$$

$$Id(pu)=|IA(pu)-Ia(pu)|=|0.047-0.355|$$

$$=0.308(pu) \rightarrow \text{與標準值}0.3pu \text{相近} \quad (45)$$

由於標置O87P設為0.3pu，而ISA測試33項始動標準值為卻設為0.15pu，原因乃是ISA會將TAP_S與TAP_T電流自動放大二倍

去模擬故障所導致，換言之當ISA在模擬相間故障時，曲線Y軸座標刻度會降為原始刻度的1/2，即 $ID=0.308(\text{pu})/2=0.154(\text{pu})$ 就已達始動電流。

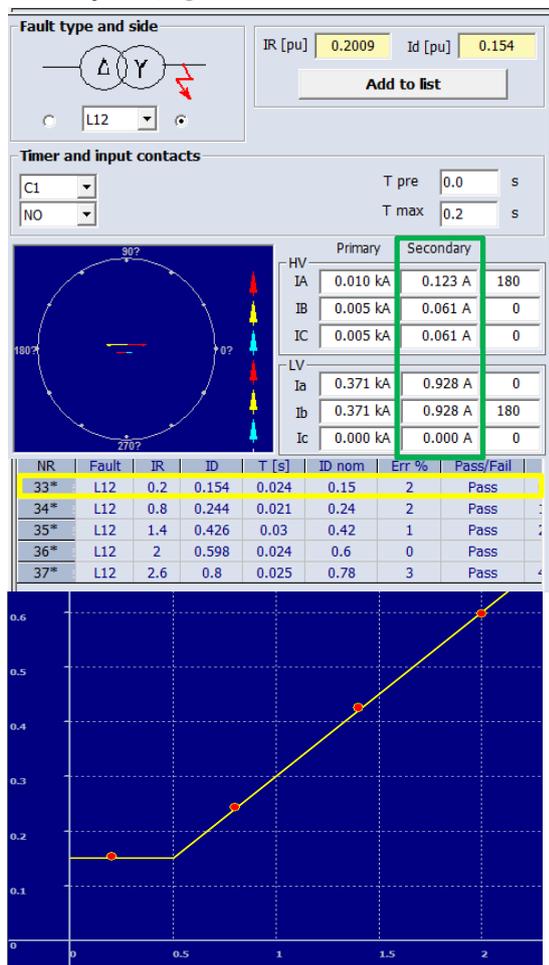


圖21 ISA模擬低壓側L12故障測試視窗

C. 小結

由上述測試結果可知ISA選擇設定Transformation Method 為 Δ 時，就已將補償係數K納入，與Megger需自行鍵入不同，也較難直接去理解TAP值補償後的大小。

有一小技巧可以將ISA視窗將游標指在 $IR=2\text{pu}$ ， $ID=0\text{pu}$ 處（因為SEL-487E 抑制電流 $IR=|I1|+|I2|$ ，因此該點為變壓器額定TAP處），此方式可以分辨ISA在模擬L、LL、3L故障時不同TAP的補償大小，如圖22所示。

(A) 低壓側單相(L)故障TAP補償

a. 高壓側補償標準值(查表3 $K=1$)

$$TAP_s \times K = 2.61 \times 1 = 2.61\text{A} \quad (46)$$

ISA 補償後測試值 $IA=2.619\text{A}$

b. 低壓側補償標準值(查表3 $K=\sqrt{3}$)

$$TAP_T \times K = 3.02 \times \sqrt{3} = 5.23\text{A} \quad (47)$$

ISA 補償後測試值 $Ia=5.239\text{A}$

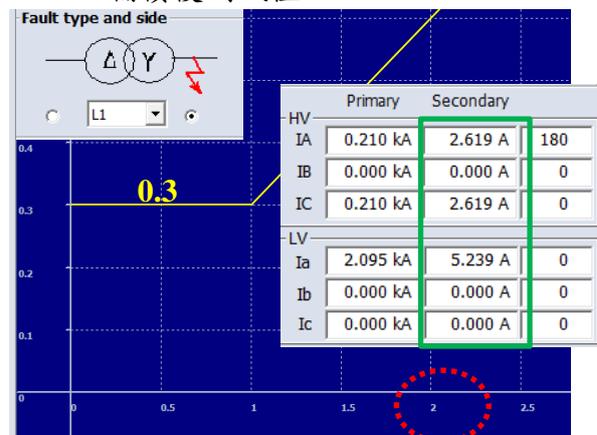


圖22 ISA模擬低壓側L1故障之TAP值

c. 由上可知ISA 補償後測試值與補償標準值相符，因此圖22中 ISA 始動值曲線刻度與標置O87P設定0.3pu相符。

(B) 低壓側相間(LL)故障TAP補償

a. 高壓側補償標準值(查表3 $K=1$)

$$TAP_s \times K = 2.61 \times 1 = 2.61\text{A} \quad (48)$$

ISA 補償後測試值 $IA=5.238\text{A}$ 為標準值2倍。

b. 低壓側補償標準值(查表3 $K=\frac{\sqrt{3}}{2}$)

$$TAP_T \times K = 3.02 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2.615\text{A} \quad (49)$$

ISA 補償後測試值 $Ia=5.239\text{A}$ 為標準值2倍。

c. 由上可知ISA 補償後測試值為補償標準值的2倍，因此圖23中 ISA 始動值曲線刻度為標置O87P設定值的一半0.15pu。

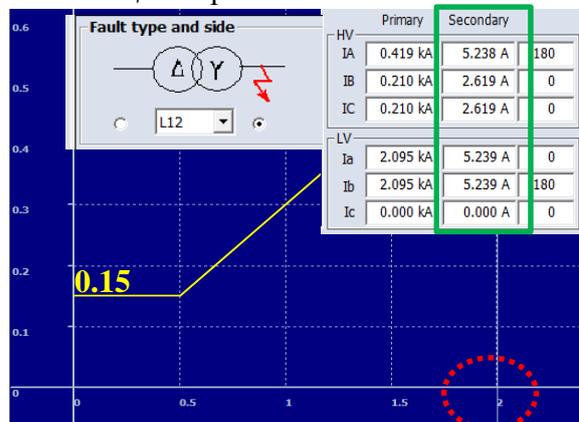


圖23 ISA模擬L12測試之TAP值

(C) 低壓側三相(3L)故障TAP補償

a.高壓側補償標準值(查表3 K=1)

$$TAP_s \times K = 2.61 \times 1 = 2.61A \quad (50)$$

ISA 補償後測試值 $I_A = 2.619A$

b.低壓側補償標準值(查表3 K=1)

$$TAP_T \times K = 3.02 \times 1 = 3.02A \quad (51)$$

ISA 補償後測試值 $I_a = 3.025A$

c.由上可知ISA 補償後測試值與補償標準值相符，因此圖24中 ISA始動值曲線刻度與標置O87P設定0.3pu相符。

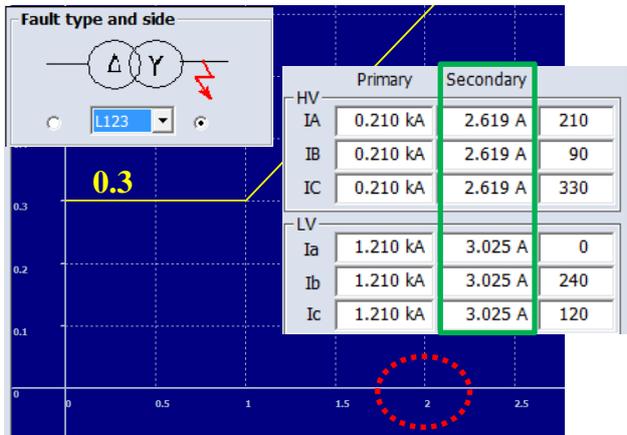


圖24 模擬低壓側L12故障之TAP值

使用ISA測試前利用上述方式先確認TAP值是否正確是相當重要的，尤其當我們在測試Y-Y變壓器(161KV SHR、161KV MTR或345KV ATR)模擬單相故障時也需特別留意此問題，因為當Transformation Method 選擇Y時，ISA也會將TAP放大2倍去模擬單相故障。

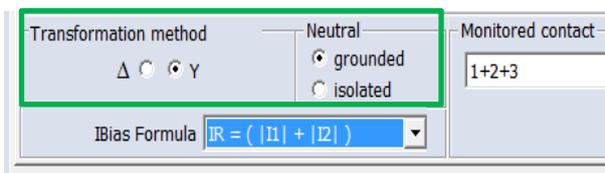


圖25 ISA Transformation Method設定視窗

三、GE-T35相位及大小補償原理

GE-T35數位式電驛相位與大小補償方式與SEL-487E原理相同，從GE-T35原廠說明書可查得補償設定公式[7]，如表4所示。

比較表1與表4得知GE-T35補償設定 $\Phi_{comp} = [0^\circ \text{lag} / \text{Within Zone}] \sim [\Phi_{comp} = 330^\circ \text{lag} / \text{Within Zone}]$ 可對應到SEL487E的補償矩陣CTC(12)~CTC(1)，可發現這兩款電驛換算公式皆相同，因此我們可以重新修正彙整出表5數位式電驛補償係數表，此表可提供我們測試各類故障時非常重要的參考依據。

對測試電驛特性而言，GE-T35與SEL-487E最大不同處是TAP換算設定。GE-T35 TAP需選擇其中一繞組為基準作換算，同樣以圖10應用於69KV配電變壓器為例，GE-T35 69KV DTR標置設定如表6所示，表中Reference Winding Selection 設定為Automatic Selection，此設定即選擇啟用繞組中最大TAP值為參考繞組。

表 4 GE-T35 補償設定公式

$\Phi_{comp}[w]$	Grounding[w] = "Not within zone"	Grounding[w] = "Within zone"
0°	$I_a^p[w] = I_a[w]$ $I_b^p[w] = I_b[w]$ $I_c^p[w] = I_c[w]$	$I_a^p[w] = \frac{2}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_b[w] - \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_b^p[w] = \frac{2}{3}I_b[w] - \frac{1}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{2}{3}I_c[w] - \frac{1}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_b[w]$
30° lag	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$
60° lag	$I_a^p[w] = -I_c[w]$ $I_b^p[w] = -I_a[w]$ $I_c^p[w] = -I_b[w]$	$I_a^p[w] = -\frac{2}{3}I_c[w] + \frac{1}{3}I_b[w] + \frac{1}{3}I_a[w]$ $I_b^p[w] = -\frac{2}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_b[w] + \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_c^p[w] = -\frac{2}{3}I_b[w] + \frac{1}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_c[w]$
90° lag	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$
120° lag	$I_a^p[w] = I_b[w]$ $I_b^p[w] = I_c[w]$ $I_c^p[w] = I_a[w]$	$I_a^p[w] = \frac{2}{3}I_b[w] - \frac{1}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_b^p[w] = \frac{2}{3}I_c[w] - \frac{1}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_b[w]$ $I_c^p[w] = \frac{2}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_b[w] - \frac{1}{3}I_c[w]$
150° lag	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$
180° lag	$I_a^p[w] = -I_a[w]$ $I_b^p[w] = -I_b[w]$ $I_c^p[w] = -I_c[w]$	$I_a^p[w] = -\frac{2}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_b[w] + \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_b^p[w] = -\frac{2}{3}I_b[w] + \frac{1}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_c^p[w] = -\frac{2}{3}I_c[w] + \frac{1}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_b[w]$
240° lag	$I_a^p[w] = I_c[w]$ $I_b^p[w] = I_a[w]$ $I_c^p[w] = I_b[w]$	$I_a^p[w] = \frac{2}{3}I_c[w] - \frac{1}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_b[w]$ $I_b^p[w] = \frac{2}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_b[w] - \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{2}{3}I_b[w] - \frac{1}{3}I_a[w] - \frac{1}{3}I_c[w]$
270° lag	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$
300° lag	$I_a^p[w] = -I_b[w]$ $I_b^p[w] = -I_c[w]$ $I_c^p[w] = -I_a[w]$	$I_a^p[w] = -\frac{2}{3}I_b[w] + \frac{1}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_c[w]$ $I_b^p[w] = -\frac{2}{3}I_c[w] + \frac{1}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_b[w]$ $I_c^p[w] = -\frac{2}{3}I_a[w] + \frac{1}{3}I_b[w] + \frac{1}{3}I_c[w]$
330° lag	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$	$I_a^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w]$ $I_b^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_b[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w]$ $I_c^p[w] = \frac{1}{\sqrt{3}}I_c[w] - \frac{1}{\sqrt{3}}I_a[w]$

表5 數位式變壓器差動電驛補償係數表

電驛型式		補償係數(K)		
		故障類別		
SEL 387/487E	GE T35/T60	L	LL	3L
0	0°、-180° Not Within Zone	1	1	1
1、3、5、 7、9、 11	-30°、-90°、-150°、 -210°、-270°、-330° (Not)/Within Zone	$\sqrt{3}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
6、12	0°、-180° Within Zone	$\frac{3}{2}$	1	1
2、4、 8、10	-60°、-120° -240°、-300° (Not)/Within Zone	3	1	1

表6 GE-T35 69KV DTR 標置設定表

PARAMETER	WINDING 1	WINDING 2
Source	69-CT1 (SRC 1)	11-CT (SRC 2)
Rated MVA	25.000 MVA	25.000 MVA
Nominal Phs-phs Voltage	69.000 kV	11.950 kV
Connection	Delta	Wye
Grounding	Not within zone	Within zone
Angle Wrt Winding 1	0.0 deg	-330.0 deg
Resistance	100.0000 ohms	0.0001 ohms
SETTING		PARAMETER
Number Of Windings		3
Reference Winding Selection		Automatic Selection
Phase Compensation		Internal (software)
SETTING		PARAMETER
Operating Characteristic Graph		View
Function		Enabled
Pickup		0.300 pu
Slope 1		30 %
Break 1		1.200 pu
Break 2		5.000 pu
Slope 2		60 %
Inrush Inhibit Function		Trad. 2nd
Inrush Inhibit Mode		Per phase
Inrush Inhibit Level		15.0 % fo
Overexcitation Inhibit Function		Disabled
Overexcitation Inhibit Level		10.0 % fo
Block		LATCH 1 OFF
Target		Latched
Events		Enabled

(一) GE-T35 TAP值計算方式[8]

1. 高壓側 TAP_{W1} 與低壓側 TAP_{W2} 換算

TAP_{W1} 與 TAP_{W2} 可同由公式(1)計算獲得：

$$TAP_{W1} = TAP_S = 2.61A \quad (52)$$

$$TAP_{W2} = TAP_T = 3.02A \quad (53)$$

$$Max(TAP_{W1}, TAP_{W2}) = 3.02A \quad (54)$$

因此以W2為基準側，以CT二次側為標

稱電流為5A來計算，可獲得：

$$\text{高壓側TAP換算} = \frac{TAP_{W1} \times 5}{Max(TAP_{W1}, TAP_{W2})} \quad (55)$$

$$= \frac{2.61 \times 5}{3.02} = 4.32 A \quad (56)$$

$$\text{低壓側TAP換算} = \frac{TAP_{W2} \times 5}{Max(TAP_{W1}, TAP_{W2})} \quad (57)$$

$$= \frac{3.02 \times 5}{3.02} = 5 A \quad (58)$$

2. 計算高壓側始動值 $O87P_{W1}$

單相、相間及三相故障(查表5 K=1)

$$O87P_{W1} = 0.3 \times \frac{TAP_{W1} \times 5}{Max(TAP_{W1}, TAP_{W2})} \times K \quad (59)$$

$$= 0.3 \times 4.32 \times 1 = 1.296A \quad (60)$$

3. 計算低壓側始動值 $O87P_{W2}$

(1) 單相故障 (查表5 K= $\sqrt{3}$)

$$O87P_{W2} = 0.3 \times \frac{TAP_{W2} \times 5}{Max(TAP_{W1}, TAP_{W2})} \times K \quad (61)$$

$$= 0.3 \times 5 \times \sqrt{3} = 2.598A \quad (62)$$

(2) 相間故障(查表5 K= $\frac{\sqrt{3}}{2}$)

$$O87P_{W2} = 0.3 \times 5 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 1.299A \quad (63)$$

(3) 三相故障 (查表5 K=1)

$$O87P_{W2} = 0.3 \times 5 \times 1 = 1.5A \quad (64)$$

(二) GE-T35儀器測試

我們可以同圖13 SEL-487E原理方塊圖為架構，將GE-T35參考側TAP的觀念導入圖中，將可修改為GE-T35原理方塊圖，如圖26所示。比較圖13與圖26之間原理的差異，有利於測試時清楚判斷兩款電驛TAP設定轉換的參考。

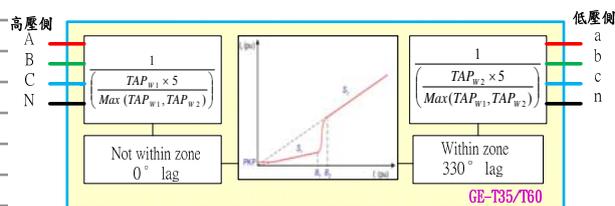


圖26 GE-T35原理方塊圖

1. 使用Megger儀器測試

使用Megger儀器測試可參考前述用於SEL-487E的測試步驟，依據表6標置設定表可知W1補償設為[0° / Not within zone]、W2補償設為[-330° / Not within zone]，因此可對應到表5查得補償係數為1與 $\sqrt{3}$ ，特別

留意的是需多設定CT Multiplier，參考側為W2，因此TAP修正倍率為 $5/3.02=1.66$ 倍，如圖27所示。

圖中Megger GE-T35測試結果與公式驗證結果相近。

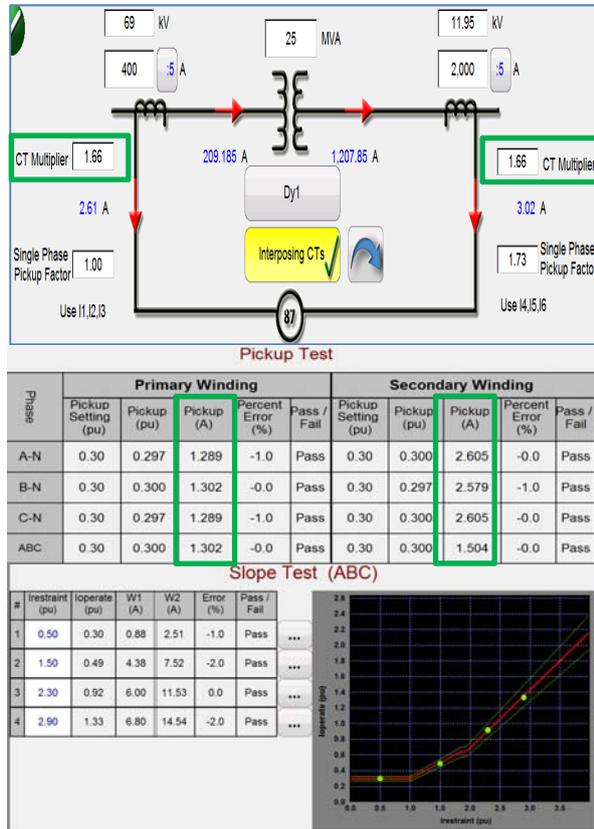


圖27 Megger GE-T35參數設定與測試結果

2.使用ISA儀器測試

可參考前述用於SEL-487E的測試步驟，只需將選擇Predefined transformer taps選項勾起並設定上節所推導TAP換算值 $W1=4.32A$ 與 $W2=5A$ ，如圖28綠框所示。圖30為ISA #69KV DTR GE-T35測試結果

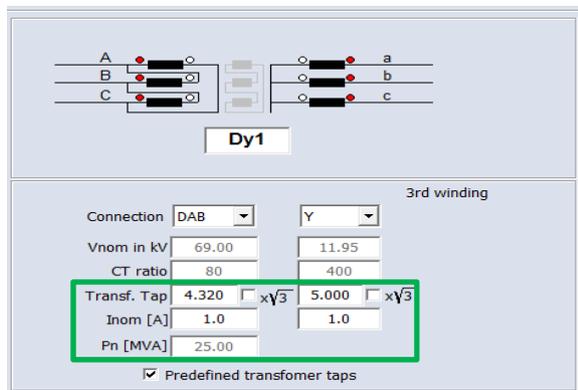


圖28 ISA GE-T35 TAP參數設定

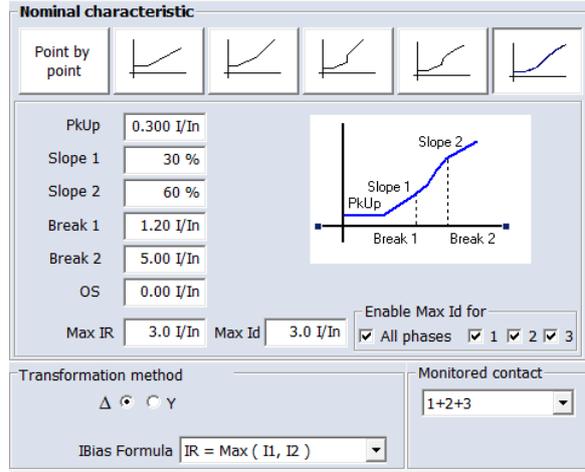


圖29 ISA GE-T35 抑制曲線參數設定

Test	System	Test Selection	Results
NR	Type	Fault	IR ID T [s] ID nom Err % Pa
1 st	Search	L1	0.7 0.3 0.045 0.3 0
2 nd	Search	L1	1.4 0.429 0.041 0.415 3
3 rd	Search	L1	2.1 0.793 0.0372 0.77 3
4 th	Search	L1	2.8 1.292 0.0368 1.267 2
5 th	Search	L2	0.7 0.3 0.0388 0.3 0
6 th	Search	L2	1.4 0.432 0.0392 0.415 4
7 th	Search	L2	2.1 0.793 0.0394 0.77 3
8 th	Search	L2	2.8 1.292 0.0384 1.267 2
9 th	Search	L3	0.7 0.3 0.039 0.3 0
10 th	Search	L3	1.4 0.432 0.0372 0.415 4
11 th	Search	L3	2.1 0.793 0.0394 0.77 3
12 th	Search	L3	2.8 1.292 0.0366 1.267 2
13 th	Search	L123	0.7 0.3 0.0354 0.3 0
14 th	Search	L123	1.4 0.432 0.0362 0.415 4
15 th	Search	L123	2.1 0.785 0.0366 0.77 2
16 th	Search	L123	2.8 1.318 0.0368 1.267 4

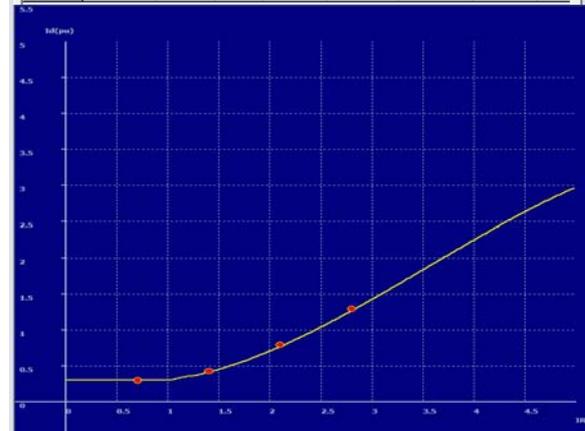


圖30 ISA #69KV DTR GE-T35測試結果

SEL-487E與GE-T35儀器測試之間最大的最大不同是GE-T35 TAP設定值需考慮參考側的換算，儀器才能測試出正確的結果。

肆、結論

目前台電系統使用的新型數位式變壓器保護電驛皆具備多元的保護功能，因此如何驗證與試驗電驛的特性是相當重要的課題，在文中詳細分析了SEL-487E與GE-T35差動電驛的相位大小補償原理及比較使用儀器試驗的間的差異，同時也將模擬結果以公式推導驗證，此外文中也研究彙整出適用於SEL和GE數位式差動電驛之測試儀器補償係數表，這是原廠說明書所未探討分析的部分，希望此報告能對於在未來汰換數位式差動電驛上，能提供一些實務經驗參考。

伍、參考文獻

- [1] SEL-487E-3-4 Relay Current Differential and Voltage Protection Instruction Manual, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., 2012.
- [2] ANSI/IEEE Standard C57.12, "IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers".
- [3] 張家熙，Delta-Wye 變壓器與相序之關係2006年8月。
- [4] SEL-387 Relay Instruction Manual, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.2007.
- [5] Charles J. Mozina,"Protection and Commissioning of Multifunction Digital Transformer Relays", Presented at the NETA WORLD Winter 2009-2010.
- [6] 李宏任，實用保護電驛，全華科技圖書股份有限公司，2002年10月。
- [7] T35 Transformer Protection System UR Series Instruction Manual,2009.
- [8] 陳順斌，數位式變壓器電驛簡介技術報告。

「9 成疾病可以自癒」讀後分享

常務監事 李國楨

一、引言

現代大多產業競逐已步入全球化，也就是說：鼓舞產業規模進化併購擴大全球市占率，打造「大者恆大，贏者通吃」的不敗之地，然後競價搶市，讓對手幾無招架之力，黯然退出市場，造成供不應求新局勢，於是產品價格自然回升，後續產品利潤符合預期。

回顧國內經濟發展環境，缺乏天然資源，諸如能源、原物料等大宗物資倚賴進口，典型的島國經濟發展模式，加上人口市場不足以消化規模量產，轉型出口導向外銷，開發自由貿易版圖。由於過度競爭和淘汰，每天努力工作美其名是為經濟成長效力，而不是在享受經濟成果。在講求高科技應用下，每天埋首於網際網路、行動電話、手提電腦、往來奔波於高速公路、高速鐵路，忽視養生保健的重要性。

當我們不斷在壓縮時間，同時也不斷累積壓力，導致體內自律神經失調，引發諸多症狀與疾病，包括：高血壓、高血脂、高血糖、胃潰瘍、頭痛、過敏、失眠…等文明病。甚至降低免疫機能，使得罹患癌症機率劇增，危害生命存活年限。

2013 年 11 月間經好友推薦日本權威名醫腦神經外科專家岡本裕醫師著作『9 成疾病可以自癒』暢銷書。所謂 90% 的疾病能自癒，係指：高血壓、高血脂、糖尿病、膽固醇過高、肥胖、痛風、便秘、胃潰瘍、

頭痛、腰痛、過敏、失眠、自律神經失調等慢性病。這些問題佔門診 90% 的疾病，實際上毋須服用藥物就能自癒，強調側重健康維護固本回元，藥物雖具特效卻難癒根治。岡本裕醫師同時也是專長於惡性腫瘤的臨床治療與研究，其聞名作風是「盡可能不開藥」，僅給與治療慢性病和癌症病患一些改善建議，而復發率卻很低。此書在日本九個月就暢銷 30 萬冊，是作者 20 多年來診療觀察的經驗結晶。其本人也相當讚賞中醫古籍『今匱要略方論』論述「上工醫未病」觀點，即高明醫師著重在身體尚未成疾之前的保健醫療，類似現代預防醫學或攻略醫學的研究內容。

只要啟動自癒力的生活模式，健康快活將會自然呈現在眼前，各種研究顯示壓力負荷與身體的失調或老化息息相關，本書特別詳述「生活作息正常、巧妙馴服壓力負荷、飲食均衡」三大原則，從快樂減壓及平衡自律神經，避開文明病，甚至緩和形成惡性腫瘤的環境，追求充滿自信的人生。

二、認識人體細胞的基礎知識

岡本裕醫師曾經在日本某知名大學的細胞工學中心從事惡性腫瘤的研究，故經常抱持細胞生物學及生化學的角度來剖視疾病的病態生理學。因此開宗明義就簡介：細胞是人體最小的單位，據說人體約由 60 兆個細胞所構成，概略分類有生殖細胞、

神經細胞、肌肉細胞、血液細胞…等二百種細胞，其中有九成在一年後就會汰舊換新。60 兆個細胞的功能在 20 歲時達到巔峰後就開始下滑了，讓人驚恐且無奈地開始進入老化的關口。然而儘管事實如此發展，還是要注重能夠呵護細胞的生活方式。譬如發現肌膚微妙變化或生殖機能變化，就要自覺體內細胞已經出現老化。當內心有了自覺後，就須檢視整體生活模式並知所改進，確立健康管理是一輩子的事。

本書列出 20 項檢視健康程度如下：

01. 體重接近標準值
02. 醒來時神氣清爽
03. 排便大致順暢
04. 飯前有空腹感
05. 手腳不會冰冷
06. 充滿希望
07. 身體動作輕盈
08. 幾乎不攝取肉類或乳製品
09. 體貼他人
10. 容易入睡
11. 每天笑口常開
12. 有個人興趣
13. 大致上早起
14. 不抽煙
15. 鮮少外食
16. 不常吃藥
17. 幾乎不搭手扶梯(即常爬樓梯)
18. 關節沒有疼痛感
19. 有心靈相通的夥伴
20. 鮮少發怒或不安

「完全符合者」得 2 分；「部分符合者」得 1 分；「不符者」得 0 分，總分 40。35 分以上者屬健康理想良好狀態。

20~34 分；屬病症未發前狀態，應注意

電驛協會會刊 42 期

改善生活習慣和飲食習慣。

0~19 分；屬不健康狀態或不良生活習慣，病恐有發作之虞。

人體儲存蛋白質約佔體重 14~18%；水分約佔體重 60~70%。所以體重 50 公斤的人儲存蛋白質約 7~9 公斤，其中約 2~3% 是每天需要汰換的，依此估算每天約有 140~270 公克的蛋白質被製造出來。談到蛋白質製造過程：是先將細胞核的遺傳因子(DNA)複製到信差的核糖核酸(RNA)的資訊傳導物質上，再運送到細胞核外部，蛋白質則在細胞內部完成。但是複製過程有時會發生錯誤，導致產品缺陷就成為癌細胞，每天會製造出 5000~6000 個癌細胞。日積月累癌細胞逐漸變大，很快成長大到肉眼可以看到的大小。然而另一方面複製錯誤的癌細胞會在細胞內得到徹底的修復，被正常的細胞所汰換。如果複製錯誤太多超過修復能力的極限時，又遭逢不良生活習慣惡因，催助加速惡化，進而擴散到全身。

通常複製錯誤的修正工程萬一不順利時，細胞本身也會自滅，此過程稱謂「細胞程式死亡」，即細胞受環境刺激後，在基因調控之下產生的自然死亡。「細胞程式死亡」是生物存活不可或缺機能，如此機能不暢順時，就會罹患癌症或阿茲海默症(老人失智症)。據說有 60% 疾病的成因是「細胞程式死亡」的機制發生異常，而引發異常病態的主要關鍵，係來自於不規律的生活方式，所造成的壓力負荷。

在前述 20 項檢視健康程度評分表，19 分以下代表「細胞程式死亡」可能無法正常運作，要格外注意；20~34 分者如漠視改善狀況，可能淪落病發前兆，注意力爭

「9 成疾病可以自癒」讀後分享

上游。如果萬一不幸罹患癌症，只要癌細胞能夠發揮「細胞程式死亡」正常機制，或許就可克服癌症。然而追根溯源，首要之務必須養成規律的生活習慣，作者多年來和癌症的倖存者互動之下，發覺這是最重要的事情。

三、壓力負荷是無形的殺手、百病的根源

若有人總覺得整日身體異常不適感，可是檢查結果的數據明明都很正常，醫生最後定判定「自律神經失調」。所謂「自律神經」就是指心臟跳動或調整體溫的神經系統，它能順暢地控制意識所無法掌控的體內各種活動。自律神經係由機能完全相反的兩種神經系統-「交感神經」和「副交感神經」成對作用的，即此兩種神經運作猶如電器 ON 與 OFF 型切換開關。假設 ON 位置代表「交感神經」處於運作狀態，則「副交感神經」此期間處於歇息狀態；反之 OFF 位置代表「副交感神經」處於運作狀態時，則「交感神經」此期間處於歇息狀態。上述 ON、OFF 型切換開關僅能二者選一單獨狀態運作，無法兩者同時並行。

通常當我們醒著或者處於興奮狀態時，正是「交感神經」處於運作狀態；而當我們鬆弛或入睡時，正是「副交感神經」處於運作狀態。自律神經的作用與個人意志全然無關，正因如此，心臟肌肉才得以持續不斷地跳動。然而自律神經有個特質，就是很容易受到壓力負荷的影響。其影響途徑如下：壓力負荷→自律神經失衡→交感神經緊張→引起恐慌→長期可能成為破壞身體健康殺手或百病根源。

特別要提醒的是：自律神經選擇 ON 與

OFF 互相切換時，其過程必須「緩和」調適，這也是維繫長壽健康的秘訣。譬如將「交感神經」視為油門，則「副交感神經」就是剎車。當車輛快速行進間，遇狀況時，鬆掉油門，改輕踩剎車減速慢行；當狀況解除後，鬆掉剎車改輕踩油門緩慢加速前進。所以開車喜歡急劇加速、緊急剎車，就很容易增添肇禍事故的機率。又如在寒冬時為維持體溫，體內血管就會收縮，造成血壓急驟上升，容易引發心肌梗塞或腦出血等狀況，很多人從暖房直接轉入冷冽的浴室時，因為冷不提防血壓驟升就發生上述的悲劇。

當長期處於壓力時，會使得在細胞內部製造蛋白質的合成機能衰退，造成疲勞感和不明原因的不適感。不適感泛指頭重、疲勞懶、睡不好、肩膀酸痛或腰痛、心悸或喘息、暈眩或起身時頭暈、喉頭有堵塞感、感到噁心、焦慮等症狀，事後檢查的數據卻正常，這是自律神經失調可能症狀。

相反的，若每天處於蟄居清閒生活，使副交感神經居於過度優勢，血管擴張增加血流量，血壓下降造成心跳次數減少，也會呈現慵懶無力，反而容易出現便秘或腹瀉的腸道問題。因此交感神經和副交感神經的平衡是非常重要的，如果能努力減輕壓力負荷，回復到本來該有的狀態，一切不適症就會逐步改善。

壓力負荷也會刺激血糖值上升，其成因是胰島素的作用降低，糖會在體內黏附在各種蛋白質上，此過程稱謂糖化反應，所形成的物質沒有任何功用，甚至對身體反而有害，這種物質不會被排出體外，會堆積在各種臟器或血管內成為疾病或老化的

根源。如糖化反應在血管就形成動脈硬化，在血液內就形成血栓，堵塞腦部造成腦梗塞、堵塞心臟血管形成心肌梗塞。在眼部就形成白內障，在骨骼就變成骨骼疏鬆症，在腦部就是阿茲海默症，因此必須注意避免刺激交感神經以及體內積存太多的糖分。糖化反應也會降低複製錯誤癌細胞的「細胞程式死亡」自滅能力，加速癌化。依據研究顯示：包括癌症在內的慢性病的成因，據說有 9 成都是因為壓力導致，其中有 6 成病因可能是粒線體的機能下降所造成，但是影響粒線體作用不良，其背後間接主因仍歸咎於壓力。

所謂「粒線體作用」是合成細胞在有氧且高溫的狀態下，將血糖氧化製造能量，藉著不斷呼吸進行粒線體作用，足以持續供應體能的來源。另「糖解作用」是在無氧且低溫的狀態下作用，在不耗氧情況下分解糖分製造能量，因在缺氧狀態，所以只有瞬間爆發力，無法持久馬上就會感到疲累。

除此之外，壓力也會對「免疫力」造成影響，當自律神經失調，身體免疫系統會受到干擾失序。壓力本身是一種刺激，如刺激太弱會呈現應變不足，過強卻又不利維護健康。如須擁抱壓力應慎思承受量範圍，如能游刃有餘地巧妙馴服壓力，則生活會更充滿活力挑戰，人生會更愉快和健康。

四、透過自然的節奏馴服壓力

本來人體生理機能是遵循「日出而作，日入而息」晝夜循環的規律運作，在這種生理時鐘的基因作用下，製造出來的蛋白質數量，會以一定節奏產生變化，該節奏

就由主時鐘傳達至末端時鐘，約略 25 小時為一周期，控制自律神經、賀爾蒙分泌、體溫調節、心跳數、血壓、免疫、細胞分裂等大部分機能，這就是「晝夜節奏」過程，除此一日節奏之外，還有三日節奏、一週節奏、季節節奏、一年節奏等以適應外在環境的變化。在此要強調的是：人體到達 40 歲之後，賀爾蒙的分泌和免疫力等都開始下降，如生活節奏與生理時鐘背道而馳，生理節奏就會紊亂，很容易就會罹患包括癌症在內的各種生活習慣病。人體每天會製造出幾千個癌細胞，而癌細胞會大幅成長抑或消失，其關鍵在於睡眠期間人體的修復作業是否順利進行？而修復作業需要消耗成長賀爾蒙，該賀爾蒙分泌量是在副交感神經居於優勢的晚上 10 點到凌晨 2 點，在此 4 個鐘頭內達到巔峰。

還有改掉壞習慣也可以減輕壓力，例如狼吞虎嚥未將食物仔細咀嚼就送進胃裡，對消化器官造成重大負擔，甚至會加速癌化和老化。另外飲食若不根據生理時鐘進食時，就會轉移到發胖→新陳代謝病（高血糖、高血脂、高血壓）→糖尿病→癌症等生活習慣病。還有不要養成仰賴藥物的習慣，不是不服藥，而是服藥要有期限，如果一直沒有改善，就要檢討原因。現代醫學執著於症狀的迅速消除，頭痛服用止痛藥，雖然短期內有相當改善，但因漠視啟動人體自癒力，使得患者體內因抗藥性增加，往後的療效就顯得相對有限。

針對飲食方面應注意下列事項：

1. 甜食是癌細胞的最愛。
2. 鹽分攝取量不宜過多或過少，1 天低於 3 公克為準。
3. 油炸物、零食點心會加速老化。
4. 乳製品是乳癌、前列腺癌得病成因。
5. 常吃紅肉會提高死亡的風險。
6. 飯吃七分飽，打開長壽基因的開關。

7. 多吃有植生素的蔬果來克服壓力。
8. 利用一些體操、運動來減輕壓力，譬如伸展操、日行一萬步、腹式呼吸(吸氣時下腹部凸起，吐氣時下腹部凹陷)、唱卡拉 OK、誦心經、練氣功、冥想靜坐、悠遊自在旅行、跳舞…等。

五、結語

理想的健康人生就是追求無病無痛、無疾而終的目標。追求健康人生並非遙不可及，如果想要塑造一輩子不需要吃藥的身體，其正確方法就是啟動自癒力的生活模式，落實「平衡自律神經」、「巧妙馴服壓力，充滿快樂活力」、「作息正常且注意飲食營養均衡」等三大領域。

假想身體因病需要前往醫院掛號、候診、排隊、領藥耗費大半天時間且愁眉苦臉。實不如移轉登山健行、散步逛街、打太極拳、球類運動、游泳、跳舞、唱卡拉 OK 等戶內、外健康活動。

假想不幸罹病需龐大療診費用，遠不如將經費移用國內、外旅遊活動。讀萬卷書不如行萬里路，增廣見聞，逍遙自在。子曰：「朝聞道、夕死可也。」是古聖賢哲洞察人生觀的核心價值，追求有生之樂，不懷虛生之憂。當下應刻不容緩，摒除不規律生活，翻轉病態人生為得意歡笑的人生，深信佛家「種如是因，得如是果」，自作還自受之因果律始終不渝。

六、參考書籍

『9 成疾病可以自癒』

【平衡自律神經、快樂減壓】

岡本裕 / 著 天下雜誌出版

2013 年 11 月第一版第一次印行

台電公司故障記錄示波器汰換介紹

嘉南供電區營運處 林文彬

摘要

本文旨在討論目前台電公司故障記錄示波器汰換所使用之示波器功能設定及汰換過程中所需注意之細節。文中詳述此次汰換之示波器的型式及其組合（包含 RPV-311 及 RA332），並闡述示波器的連線及設定方式。文中詳細敘述將傳統式示波器汰換為數位式示波器過程中，需注意的重點，透過 REASON 強大的分析研判能力，搭配便利的通信功能，定能使電力系統之分析人員更清楚地瞭解電力事故的過程及發生的原因。

壹、前言

台電公司的電力系統常須裝置一些故障記錄設備，且還要達到時效性、準確性、穩定性及可擴充性的功能。早期的電力設備，如保護電驛、監控記錄系統等已經無法滿足上述之時效性、穩定性等需求，拜先進科技所賜，已經走向搭配微處理器來改良因應現今對於電力設備的功能需求。故障記錄示波器就是最好的例子。不管是輸電網路，或是配電網路要使其達到事故發生時，即時的偵測到事故的故障電流大小、波形及故障發生時的持續時間，此時故障記錄示波器就能發揮其重要的角色。因此越來越多的智慧型故障記錄設備的設計與分析，已成為目前電力系統領域上很熱門的研究話題。有些故障記錄示波器還被設計成可根據從系統上獲取的事務資料直接判斷發生事故的距離及位置，有些甚至只要將示波器設定好便可以自動將波形記錄發至個人的郵件信箱。為因應新式智慧型故障記錄設備發展趨勢，以利本公司輸電線路之規劃運用與維護工作的簡化，需吸取國外新知並對其特性、原理深入認

知與了解有助於分析事故發生原因及作為日後改善的依據，提升保護系統的可靠度，如此方能發揮其最大功效，確保供電安全、系統穩定。示波器目前普遍使用在台電電壓等級在69KV以上之系統，作為故障記錄及事故原因的研判，包括發電廠、超高壓變電所、一次及配電變電所皆裝置了該設備，本文就此次汰換之新型式示波器REASON在台電變電所中的規劃及應用作詳細說明。

貳、故障記錄示波器的應用及 REASON 型式之故障記錄示波器介紹

一、故障記錄示波器的應用

過去的故障記錄示波器，監視元件之頻道數一般為 32 個交流頻道，事故發生後受限於較少的交流監視頻道，經常無法得到完整的事務資訊。拜時代之進步，本次汰換之新型式示波器 REASON 功能大為提昇，其監視的頻道由 32 個交流頻道，64 個直流頻道，到目前已達到 64 個交流頻道及 64 個直流頻道以上。甚至可擴充子機(RA-331 或 RA-332)，頻道數量更可達到 192 個交流頻道及 384 個直

流頻道；事故資料之取樣率(sampling rate)由每周波(cycle)取樣 128 點或更低，進步到每周波取樣 256 點以上。由於取樣率的提升，分析人員除了穩態事故資料外，更可以清楚地得到事故發生時的暫態波形及現象。搭配高速之微處理運算功能及大容量的記憶體，目前之示波器均可利用分析軟體提供完整的事務分析。分析的項目可包括電壓、電流的有效、瞬時及平均值，重要的諧波分析、相量分析、各種相序之轉換，各種分析結果之列印等。且由於光纖網路技術之發展，目前各種款式之示波器皆具有通信網路功能。藉由快速的光纖網路傳輸功能，示波器維護及事故分析皆可在辦公室中，利用最簡便及經濟的網路通訊方式達到目的。

目前台電系統所使用之新型示波器包括下列功能[1]：

- (一) 1 組電壓元件：屬交流頻道(analog channel)，可記錄 R、S、T 三個相電壓及一個零相電壓。
- (二) 15 組電流元件：屬交流頻道(analog channel)，每組電流元件可記錄 R、S、T 三個相電流及一個零相電流。
- (三) 64 個直流元件：屬直流頻道(digital channel)，每個元件可記錄斷路器跳脫及保護電驛動作的信號。
- (四) 通信傳輸的功能：目前實際應用方式為台電內部網路管理系統作連線以加速資料的存取速度及應用的多元性。
- (五) 列印功能：為因應無人化變電所之趨勢，目前多使用無紙化檔案傳送節能減碳做環保，印表機早已廢棄不用。
- (六) 軟體分析功能：可提供電力系統故障時之詳細資料及相量、諧波等相關故障分析之功能。

二、REASON 型式示波器之介紹[2]

本次汰換之故障記錄示波器採用的是 REASON 公司出產的 RPV-311 一台及 RA-332 四台組成一套完整功能之示波器，其中 RPV-311 為示波器主機；RA-332 為示波器子機如圖 1，主機與子機之間透過光纖通道做資料傳遞如圖 2 RPV-311 背面及圖 3 光纖對，每一台子機有 16 組交流頻道，所以每一套完整示波器共有 64 組交流頻道可用，也就是說這次台電汰換所用 REASON 廠牌之示波器交流通道是過去舊式示波器的二倍。這一款新形式之 REASON 廠牌示波器最多可擴充到 12 台子機。



圖 1 RPV-311及RA-332正面

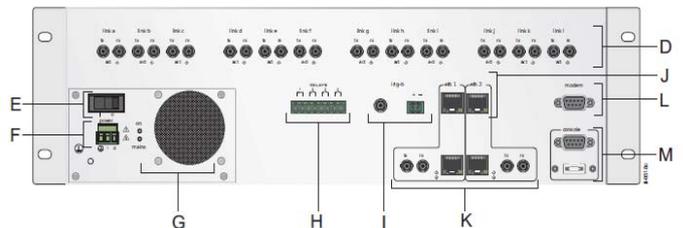


圖 2 RPV-311背面



圖 3 光纖對



圖 4 面板功能介紹

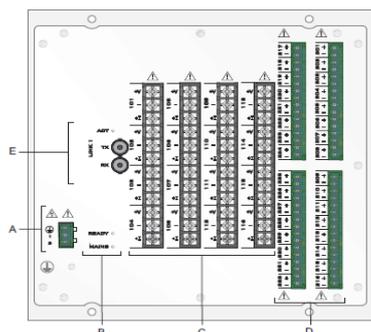


圖 5 RA-332 背面

(一)RPV-311 硬體介紹

圖2. 及圖4. 之硬體介紹AL如下:

如圖4. 為示波器的面板功能介紹

A. 示波器狀態指示

- (1)ALARM：當設備需要檢修時則ALARM燈亮。
- (2)TRIGGER：當設備達到觸發條件時則TRIGGER燈會一閃即滅。
- (3)SYNC：當設備的內部時鐘經由IRIG-B獲取同步訊號時SYNC燈亮。
- (4)READY：當設備自我測試正常無誤後READY燈亮。

B. 示波器面板人機介面：可由面板顯示示波器的狀態、時間、交流及直流頻道的規劃等。

C. 人機介面控制按鈕。

如圖2. 為RPV-311其他硬體介紹

- D. 共計12組光纖連線通道，當每一組光纖連線建立後ACT燈會被點亮，表示主機與子機間之通訊無誤。
- E. RPV-311的電源開關。
- F. 交流或直流電源輸入：RPV-311輸入電源模組提供整流模組故可接受交流或直流電源輸入。
- G. 散熱風散扇。
- H. 四組乾接點：RPV-311提供四組乾接點(R1~R4)應用於警報設置，其中R1為工廠出廠設定值不可規劃，功能為設備故障

警報用。R2~R4提供使用者規劃自定義，如設備光纖斷線、示波器啟動及手動觸發示波器等警報用。

I. IRIG-B輸入點：RPV-311可由外部設備提供同步訊號作為內部時鐘的校準，其中外部同步訊號輸入應為IRIG-B000/001/002，且自同步模組功能打開後RPV-311每一個小時會自動同步校時一次。

J. 網路通訊模組：RPV-311提供2組網路通訊埠，第一組可規劃併入台電電驛網管系統內做應用；第二組可提供當變電所示波器異常時做維護診斷用。

K. 2組光纖轉電介面網路通訊埠：雖RPV-311有配置此功能，但本次汰換之採購案規範並無特別訂定，故此功能模組並未裝設其中。

L. RS-232串列通訊埠：雖然RPV-311已提供快速的網路連線通訊方式，但仍然保留RS-232通訊埠可接入數據機作為備用之通訊連線。

(二)RA-332硬體介紹

如圖5. 所示為RA-332背面外觀，硬體介紹A~E如下：

- A. 交流或直流電源輸入：RA-332輸入電源模組提供整流模組故可接受交流或直流電源輸入。
- B. 電源引入及設備正常指示：當電源接入RA-332時，電源供應無誤MAIN的指示燈會點亮；當模組自我測完成無誤後READY燈會點亮。
- C. 16組交流頻道：1台RA-332可提供16組交流頻道做為電壓或電流監視用。
- D. 32組直流頻道：1台RA-332最多可提供32組直流頻道做為記錄斷路器跳脫及

保護電驛動作的信號用。

E. 光纖通道連線埠：RA-332配備光纖連接線與RPV-311資料處理模組做連線，當連線成功後ACT指示燈會點亮。

參、新型式示波器汰換規劃說明

早期使用微波電話接入數據機作為通訊管道傳送事故資料已經不符合時代潮流，現代數位化的資訊快速流通拜光纖網路通訊技術所賜。將事故資料快速的傳送到使用者手上已經是很普遍的事了。傳統數據機通訊管道常會因為數據機當機或者事故波形資料過大，可能無法下載事故資料或者下載時等候資料時間過久且維護不易，將傳統式示波器汰換成新型示波器，可快速的獲得事故記錄外更拉長了維護週期，並能結合乙太網路校時，有效的在遠端監控或更改示波器的設定值，可提升整個系統的效率及利用率。傳統式與新型式示波器比較如表1. 所示。

表1 傳統式與新型式示波器比較

特點	傳統式	新型式
網路校時	無	有
動作方式	接點組合	電腦運算
維護週期	短	長
遠方存取	微波專線	透過乙太網路
故障位置偵測	無	有
故障記錄比數	少	多
表計功能	無	可藉由人機介面即可獲得電流、電壓及功率等資訊
自我偵測故障類型	一種	很多種
事故資料自動發送	無	有

一、示波器汰換前盤面資料蒐集與查對

至變電所控制室確認每一盤面之示波器位置、引接進示波器內之斷路器號碼(包含交流電流及直流訊號)、電纜長度位置、標示…等資料，將收集到之資料分類整理成易查對的相關格式。

- (一) 舊有的示波器盤僅有 32 組交流電壓或電流元件，新型式則已增加為 64 組，可考慮將以前因為元件組數不足而無法監視之電壓電流設備引接進示波器內，須考慮到增加之電纜長度。
- (二) 示波器盤面的存放位置。
- (三) 引接進示波器內之斷路器號碼(包含交流電流及直流訊號)。
- (四) 欲汰換盤面之空間是否足夠，是否有其他設備比如路燈盤(若有的話要先考慮是否需要遷移)。
- (五) 所屬盤面編號。
- (六) 盤面尺寸。

除了上述資料，需再注意故障指示器數量是否足夠使用，網路線長度丈量估算。

二、故障記錄示波器汰換前準備

過去台電公司買的故障記錄示波器多為一台示波器擁有的所有的監視及記錄功能，比如說 KINKEI/NEO-5000 或者 EMAX/FAXTRAX。這一些示波器僅能提供32組的交流頻道，對於一些設備較多的變電所來說，其交流頻道是不夠用的，比如說超高壓變電所或者一次變電所，這些變電所共通的特點是設備繁多。若要將所有的設備都引接進示波器做類比電壓電流的監視，那可能需要裝設很多台示波器才夠用。

本次汰換所用之示波器由一顆顆分離的模組所組成如圖6. 示波器的模組，勘查過變電所控制室示波器盤面後，原先舊有的示波器拆掉後，再將新型式示波器個別裝回盤面實屬困難，思考後決定將五具示波器元件規劃為一塊小型模組。模組內包含一具主機及四具子機如圖7. 規劃後之示波器模組正面及背面，模組背面配線為示波器標準配線。模組配好完成後可先進行測試確認配線是否正確，此作法在汰換示波器時可節省在盤面上切割及配盤的時間，安裝示波器時盤面的震動也最小，就汰換盤面時的系統安全的考量也最好。

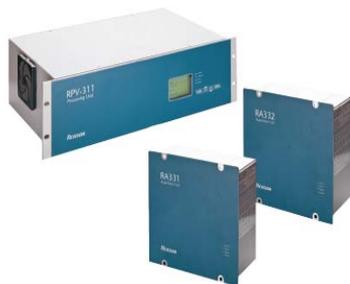


圖6 示波器的模組



圖7 規劃後之示波器模組正面及背面

三、故障記錄示波器標準作業程序書擬定 [3]

無論是進行試驗或者汰換工程，都需事先擬定標準作業程序，以防人為疏忽造成設備誤動作，本次汰換工程查檢表以一所為單位，依照汰換步驟編寫而成。

- (一) 召開工具箱會議、現場工作人員 K. Y. 及確認工作內容。
- (二) 1. 確認鄰所 OSC 正常使用中。
2. 連絡 ADCC 汰換示波器 (不用停電)。
3. OSC 盤 DC NFB Lock。
- (三) 確認新型 OSC Analog Channel PT(CH1-CH4) 為開路；CT(CH5-CH64) 短路。

- (四) 將 METER 盤相關回路 CT 之 PK-2 逐一抽出，進示波器之 NCT 逐一短路。逐一隔離引接進示波器上之交流電壓及電流。
- (五) 於示波器盤後量測進示波器之 CT 迴路三相電流均變為零。
- (六) 拆示波器盤端子板 CT 電纜，並將每組 CT 電纜拆開後用短路線將該四芯短路。(NCT 二芯)。
- (七) 在 METER 盤將每一回線之進示波器端與由示波器端回來之 CT 迴路短路，並以電表量測每一個 PK-2 上端無開路現象，始可將 PK-2 逐一復原。
- (八) PRTU 及 NRTU 跳接：
 1. 聯絡 E/S 及 ADCC 控制室值班人員。
 2. PRTU、NRTU 跳接。
- (九) 拆剪端子板前先將由連絡斷路器來之 DI 監視點拆除並須確實以絕緣膠帶隔離，再拆剪其餘端子板內側與 OSC 之間接線。
- (十) 確認端子板內側與 OSC 之間無任何接線，確實做好與原既設端子板絕緣隔離工作。
- (十一) 拆除及裝置新舊 OSC，若震動太大則聯絡控制室值班人員閉鎖相鄰電驛盤之電驛，再將接地銅排短接後 (至少需用 38mm^2 之短路線) 才可將舊 OSC 退下來 (原端子板保留)。
- (十二) 新 OSC 固定，監督相關工作人員確實遵守工安相關規定，以維護人員及設備安全。
- (十三) 確認新 OSC 接地銅排與鄰盤相接及接地線連接良好。
- (十四) 將既設 OSC 端子板上之 DC、PT、CT、RTU 及警報點之電纜等改接至新端子板。
- (十五) METER 盤相關回路 CT 之 PK-2 逐一抽出，再次確認每一 PK-2 上方端子沒

有開路現象。

- (十六)將每一回線之進示波器端與由示波器端回來之 CT 迴路的短路線移除，並以電表逐一量測每一個 PK-2 上端無開路現象，始可將 PK-2 逐一復原。
- (十七)改接 PRTU 及 NRTU 時需先通知控制室值班人員及 ADCC。。
- (十八)引接一組交流電源 AC110V，經由警報盤面引接至 OSC 盤面後方固定後再接上三孔電源插座。
- (十九)加裝電話線盒及網路線(裝設時請現場檢驗員確認裝設位置)。
- (二十)電纜接線完成後，檢查 CT 迴路、PT 迴路，CT 零相需接地。
- (二十一)1. OSC 盤 DC NFB 復原。

2. 進行 OSC 設定及相關試驗

- (二十二)OSC 試驗後，再次確認控制盤面燈號是否正常及所有接線已改接完成。
- (二十三)通知 ADCC OSC 恢復使用。

四、盤面工作、安裝

- (一)本工程新示波器更換舊示波器後，為確保新示波器安裝牢固、美觀兩邊需配合新示波器之尺寸，鑽孔及切割即有現場盤面，另拆下之舊有示波器之盤面開孔，乙方應負責修補平整，並配合現場既有盤面之漆色，予以上色補漆。
- (二)現場盤面作切割工作時，應以適當之遮蔽物保護現場鄰近盤面之相關設備，並避免過度震動應予適當措施防護，工作完成後應將切割工作時所粗糙表面予以磨平並經防銹漆處理後配合現場既有盤面之漆色，予以上色補漆。
- (三)現場盤面修補如需動火時，應預先申請動火管制。使用時知會甲方並採取適當

措施。

- (四)拆卸舊示波器之上、下、左、右四邊固定螺絲，再小心推動舊示波器離開原位置，置放於鋼管滾輪上方，本工作應謹慎提防避免誤觸隔壁盤面之控制開關，及注意控制盤室空間窄小，搬運舊示波器時務必請謹慎搬運至檢驗員指定位置存放。

肆、加入系統前示波器設定及測試

在示波器盤面拆除之前一定要做取載試驗且每一條導線端子皆須標示清楚，確認端子台外側交流電壓電流引接線(包含比壓器 PT 迴路、比流器 CT 迴路及 NCT 迴路)都正確無誤後，即可開始進行汰換。

一、故障記錄示波器設定須注意之事項：

啟動元件之規劃：

- (一)監視之 161KV 或 69KV 母線 R、S、T 三相的相電壓，以低於二次側額定電壓的 80%(53V)啟動。
- (二)監視之 161KV 或 69KV 母線零相電壓，以高於二次側額定電壓的 20%(13V)啟動。
- (三)監視之 161KV 或 69KV 輸電線路 R、S、T 三相的相電流，以高於二次側額定電流(5A)啟動。
- (四)監視之 161KV 或 69KV 輸電線路零相電流，以高於二次側額定電流的 10%(0.5A)啟動。
- (五)161KV/22KV 配電變壓器中性點接地比流器之零相電流，以高於二次側額定電流的 50%(2.5A) 啟動：161/69KV 主變壓器 69KV 側之零相電流，以高於二次側額定電流的 10%(0.5A) 啟動。
- (六)161KV 或 69KV 輸電線路的主保護及後衛保護電驛動作時須啟動示波器接點。

在事故發生前後經由示波器所獲得之資料，遠端的分析人員可根據電壓的波形及數據，取得事故時的電壓降百分比，及電流的波形及數據得到事故故障電流的大小。根據事故持續的時間及斷路器和保護電驛的動作時序，判斷其電驛動作正確性，並在必要時利用分析軟體提供之相量及諧波分析功能，進行更深入的研究與分析。

二、REASON/RPV-311 內部設定

示波器模組固定於盤面且處理模組及資料擷取模組皆已建立好連線，此時可先利用電腦及網路線與示波器連線做網路位址的設定，連線方式不須透過任何軟體，直接使用微軟提供之網路探險家(I.E)。將規劃好的示波器 IP 位址加入電驛網管系統後，開始示波器的內部設定。

- (一) 第一次登入 REASON/RPV-311 時，在 IP 位址上需鍵入 <http://192.168.0.199>，此時會進入 REASON 的人機介面，修改完根據電驛網管系統設置的 IP 位址後須從新登入系統，如圖 8。
- (二) 點 Equipment → Identification → Location，在此頁面輸入變電所名稱如圖 9。
- (三) 點 Synchronization→Time source，若變電所內有配置網路校時設備，則點選"Auto"並將網路校時之 GPS 位址鍵入 Time server 內，若無則點選"Manual"並點選台灣時區"UTC+8"如圖 10；點 Synchronization→Internal clock，若變電所內有配置 IRIG-B，則點選"Auto"並記得將 IRIG-B 的輸入源引接進示波器，若無則點選"Manual"並點選台灣時

區"UTC+8"，此時示波器會以內部時鐘為基準如圖 11。

- (四) 點 Communication→Ethernet，在此頁面 Ethernet 1 輸入電驛網管系統設置規劃之 IP 位址；Ethernet 2 則保留 Default 位址爾後做現場維護用；Gateway 則輸入該所變電所之通道開 IP 位址如圖 12。點 Communication→Serial，此頁面可設定用電話透過數據機做通訊用，但因傳輸速度過慢現已經廢棄不用如圖 13。
- (五) 點 Access control 可設置各階層的存取密碼如圖 14。
- (六) 點 USER→Add new user 可增設使用者並可設定存取權限如圖 15、圖 16。
- (七) 點 Recorder management 可設定是否當記憶體 90%滿時，讓系統自動刪除記錄如圖 17。
- (八) 點 Auto upload→Records 如果電驛網管系統備有伺服器，此示波器還可根據設定好的伺服器網址在偵測到事故資訊時，即時送出事故記錄如圖 18。
- (九) 點 Auto upload→E-mail/Fax 如果電驛網管系統備有郵件伺服器此示波器還可根據設定好的 E-mail address 位址或傳真電話在偵測到事故資訊時，即時送出事故記錄如圖 19。
- (十) 點 Voltage circuit → Add new circuit 在 Nominal value 填入相對相的 BUS 電壓值，且每一個交流電壓頻道填入匝比如圖 20。
- (十一) 點 Current circuit → Add new circuit 在 Nominal value 填入電流值，且每一個交流電流頻道填入匝比如圖 21。
- (十二) 點 Thresholds → Add new threshold 在 ABC[161KV_1BUS_1E1]>填入適當的

電壓標么值。為避免因擾動而引起不必要之觸發記錄，在 Hold time 填入 0.04 S(40mS)也就是說故障持續時間須保持 40m Second 以上才判定為事故如圖 22。

(十三) 逐一將每一個交流及直流頻道設定好後點 Fault recorder → Trigger'd recording 在 Enabled 的方框打勾表示此功能啟用；在 Pre time 設定 0.3S 表示事故發生時記錄前 0.3 秒的正常系統電壓電流值;Post time 設 2S 表示事故發生後記錄事故 2 秒如圖 23。

(十四) 點 Relays→On time R1 為工廠出廠設定值不可規劃，功能為設備故障警報用。其中在 Time 輸入 1S，表

示當示波器內部發生異常時且持續 1 秒以上，才判定為示波器故障，以避免不必要之誤動作如圖 24。

(十五) 點 Relays→R2 在 Log events codes 填入” 709，740”。其中 709 代表當示波器偵測到事故時則觸發記錄；740 則代表手動觸發示波器如圖 25。

(十六) 點 Relays→R3 在 Log events codes 填入” 103”。其中 103 代表當示波器同步校準如圖 26。



圖8 登入REASON示波器系統主畫面

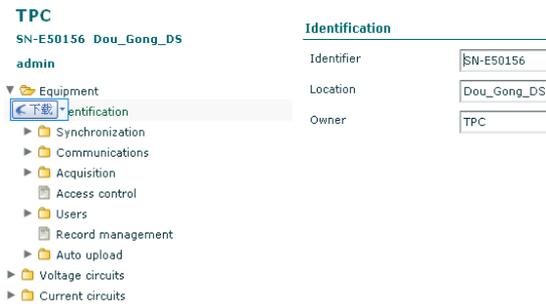


圖9 定義變電所名稱

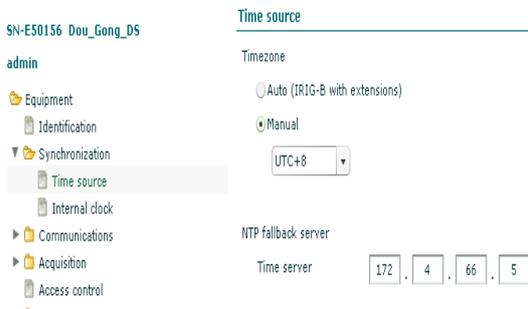


圖10 設定網路時間校時

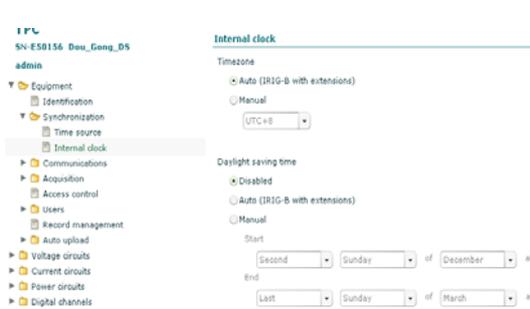


圖11 外接IRIG-B時間校時

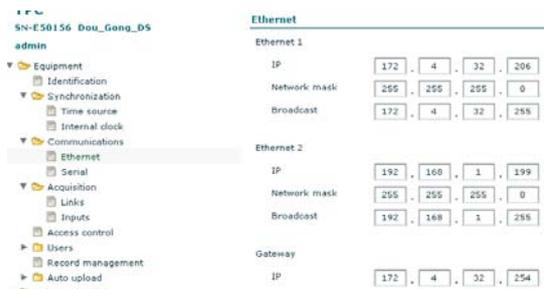


圖12 設定網路IP位址



圖13 可用數據機傳輸資料



圖14 建立各階層的存取密碼



圖15 增設使用者並訂定存取權限



圖16 增設使用者並訂定存取權限

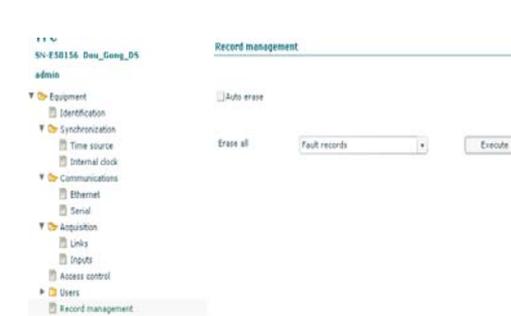


圖17 系統可自動刪除記錄

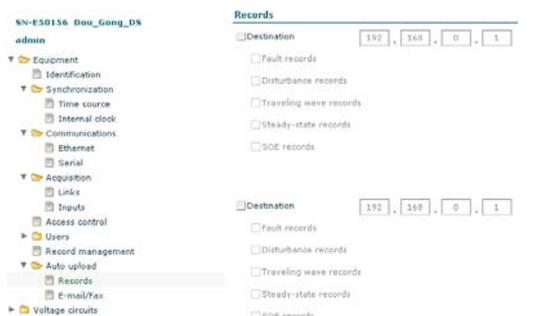


圖18 可同時自動寄給二個不同的伺服器事故記錄



圖19 可透過E-mail或傳真機自動寄發事故記錄



圖20 填入適當的電壓及匝比



圖21 填入適當的電流及匝比

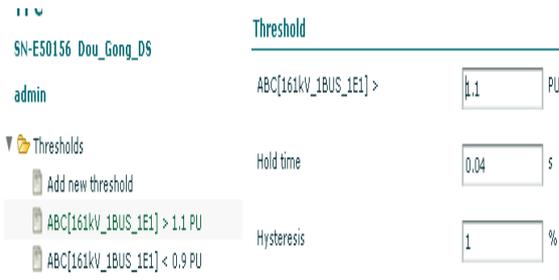


圖22 BUS電壓過壓門檻設定



圖23 啟用觸發頻道及設定記錄時間

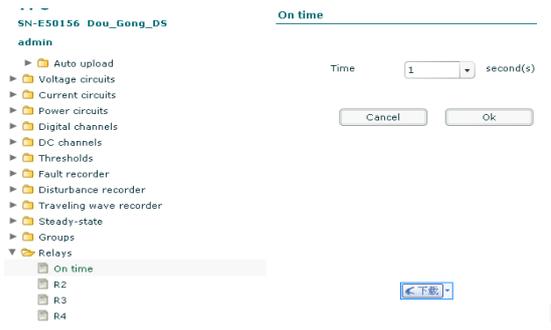


圖24 示波器異常的設定

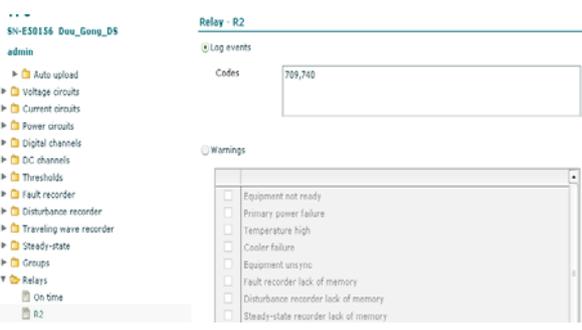


圖25 觸發示波器的設定

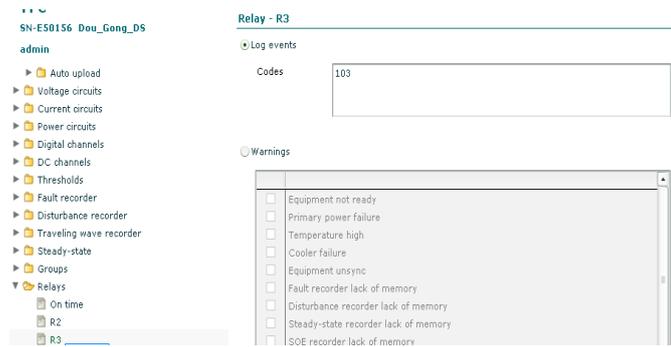


圖26 示波器時間同步異常的設定



圖27 登入電驛網管系統



圖28 登入REASON

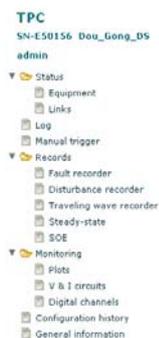


圖29 登入REASON後之主視窗

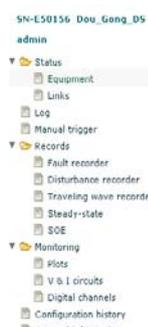


圖30 觀察示波器的狀態

Equipment		
Date		2014-12-18T14:54:19+08:00
Equipment		Ready
Equipment synchronization		Locked
Time quality		Locked
Memory usage		
Fault recorder		2.29%
Disturbance recorder		4.94%
Traveling wave recorder		3.27%
Steady-state recorder		3.27%
SOE recorder		3.65%
Log		89.62%
Temperature		31°C
Coolers		
Lateral Rebr		OK
Rebr		OK

Links			
Date	2014-12-18T14:54:40+08:00		
Position	Module	Status	
A	RA332	Active	
B	RA332	Active	
C	RA332	Active	
D	RA332	Active	

圖31 觀察4具RA-332是否正常



圖32 手動觸發示波器

Fault recorder	
Search	Last month <input type="checkbox"/> Trigger'd <input checked="" type="checkbox"/> Continuous <input checked="" type="checkbox"/>
Manual filter	<input type="text"/>
Time stamp	Cause
2014-12-04T22:56:03.466667+0800	^D64_OSC_START
2014-12-02T09:07:11.180333+0800	I4-4-2_ZTRNCT > 3 A ^D64_OSC_ST
2014-12-02T08:47:20.016667+0800	^D64_OSC_START
2014-11-30T11:23:45.583333+0800	I4-4-2_ZTRNCT > 3 A

圖33 觸發示波器後之事故資料



圖34 進入監視電壓電流的畫面

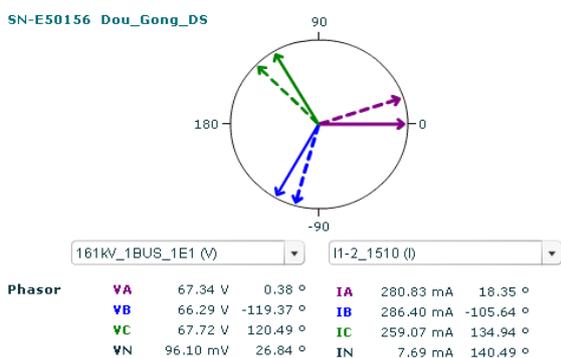


圖35 Phasor的人機介面(送電端)

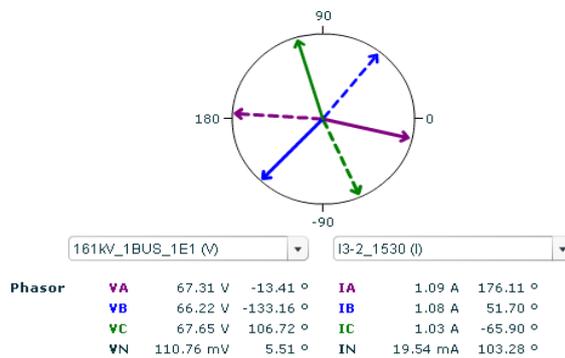


圖36 Phasor的人機介面(受電端)

三、REASON/RPV-311_RA332 規劃後的系統測試

經由上述步驟設定好示波器後，就可

以開始來測試安裝好的示波器功能及外部接線是否正確。

(一)使用電驛網管系統登入

REASON/RPV-311，點選示波器→REASON 如圖 27。

- (二)點 REASON 後會出現登入視窗，系統會提示輸入使用者名稱及密碼如圖 28，輸入後立即進入系統如圖 29 為 REASON 主畫面。
- (三)點 Status→Equipment 看到示波器的現在日期及時間，此時可以順便看一下日期及時間是否與 GPS 時間一致。示範的變電所是使用網路校時(SNTP) 如圖 30。
- (四)點 Status→Links 看到 Position 上有 A、B、C、D 4 具 RA-332 模組，且狀態均為 Active，表示四具模組都已在線上如圖 31。
- (五)模擬事故發生及手動觸發示波器讓示波器動作，二種測試均要能產生事故記錄及警報如圖 32 及圖 33。
- (六)模擬示波器故障時指示器能發出故障警報。
- (七)點 Monitoring→V&I circuit 如圖 34 可監視引接進示波器所有的交流頻道並觀察所有的交流頻道是否都對到相。使用相位計量測每一個交流通道確認汰換後每一回線之角度是否與汰換前一致如圖 35、圖 36 及表 2。

伍、結論

本文的主要結論如下：

- 一、故障記錄示波器是今日電力系統事故分析不可或缺之工具，事故分析人員需要最佳的工具來迅速獲取精確的事故資料。
- 二、示波器本身提供之事件記錄上傳之功能也許可以使分析人員更容易獲取事故記錄。

三、示波器本身提供之故障點定位也是目前示波器日益強大之能力，利用其定位功能已能更迅速找出故障點。

四、利用故障記錄示波器所記錄設備之電壓電流值，再配合該示波器提供之分析軟體，可完整顯示事故當時的各種電氣量，進而了解事故發生的原因。

五、透過分析之波形資料，電力設備可事先進行改善，進而提昇整體電力供應安全，以期提供穩定的電力品質。

表 2 汰換前後示波器取載試驗

汰換前

項目	IA VAN	IB VBN	IC VCN	IA VBC
1510	0.27∠343°	0.27A∠343°	0.26A∠343°	0.27A∠253°
1530	1.07A∠184°	1.05A∠183°	1.04A∠182°	1.07A∠94°

汰換後

項目	IA VAN	IB VBN	IC VCN	IA VBC
1510	0.28∠342°	0.28A∠342°	0.26A∠343°	0.28A∠252°
1530	1.09A∠182°	1.08A∠182°	1.03A∠182°	1.09A∠92°

陸、參考文獻

- [1] 故障記錄示波器介紹及FAXTRAX 示波器之應用。
- [2] RPV Distributed Multifunction Digital Fault Recorder User's Manual。
- [3] 故障記錄示波器標準作業程序書。

應用於楊梅臨#600 及#700 之線路保護

新桃供電區營運處 楊盛鐘

壹、前言：

楊映東電化用戶線原由梅湖 P/S 供電，由於梅湖 P/S 位居山區，由該所供電的線路勢必會跨越山區因此容易遭受雷擊，造成電壓驟降進而影響用戶供電品質，由於楊映 C/S 屬精密電子產業對供電品質要求嚴苛，經該用戶多次向本公司反應要求改善供電品質，而本公司基於服務用戶的前提下同意改善。原規劃由距離四用戶最近的新屋 S/S 供電，但因新屋 S/S 改建過程中屢遭附近民眾抗爭因而作罷改由高榮 S/S 供電，但因該用戶線為單回線供電且線路長，若線路發生永久性故障修復期間長且用戶供電將受影響，因而在楊梅 D/S 所內東北角空地增設#600、#700 斷路器，楊梅 D/S 所內增設#600、#700 斷路器如圖 1 所示。由高榮#660 經楊梅臨#600 及平鎮#630 經楊梅臨#700 來供電給四家特高用戶，因楊梅臨所內無 69kV Bus PT，故楊梅臨#600 及#700 無法設置方向性過電流電驛，只能夠利用引接至#700 斷路器比流器的 51、51N 電驛當保護如圖 2 所示，導致楊梅臨#600 及#700 平時無法併聯運轉，楊梅臨#700 平時打開只有在楊梅臨#600 跳脫後做為代送用，即高榮-楊梅臨#600~楊映東電化線跳脫後，改由平鎮-楊梅臨#700 代送楊映東電化線，換言之楊映東電化線為單電源線路，單回線供電單線圖如圖 3 所示。



圖 1 楊梅臨#600、#700 CB 安裝位置圖



圖 2 楊梅臨#700 使用 51/51N 保護圖

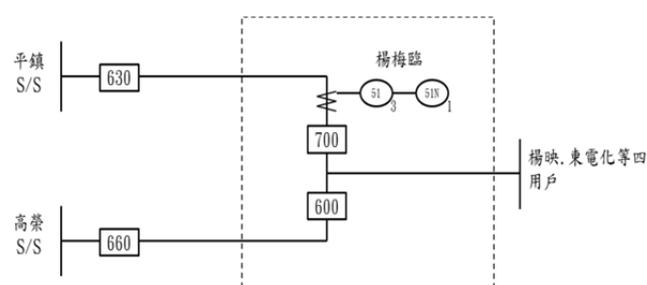


圖 3 楊映東電化等用戶線單回線供電之單線圖

貳、供電改善計畫：

由於楊梅 D/S 附近居民因電磁場問題，發動多次抗爭要求本公司遷移楊梅 D/S 或 161kV 輸電線路，最後以限制 161kV 線路電流量及 161kV 電纜深埋地底方式解決，因此要在楊梅臨空地增設 69kV BUS PT 困難度非常高，除恐引起當地民眾抗爭外，增設 69kV BUS PT 將增加公司一筆額外費用，也會增加日後維護同仁工作量，更可能增加線路故障機率造成特高用戶停電。如果楊梅臨的#600 與#700 能夠同時投入併聯運轉，除了可以增加楊映東電化等特高用戶線供電可靠度外，更能夠讓梅湖 P/S 及幼獅 S/S、高榮 S/S 與平鎮 S/S 形成環路供電，提升供電品質，形成環路供電單線圖如圖 4 所示。

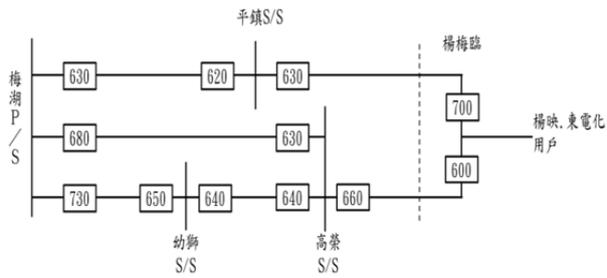


圖 4 楊映東電化等用戶
線成環路供電之單線圖

參、保護電驛的應用：

由於要在楊梅臨增設 69kV BUS PT 有窒礙難行之處，唯一解決方法是利用不需要電壓信號的差電流電驛的保護方式，而且高榮 S/S #660 與平鎮 S/S #630 的保護電驛均已經汰換為 SEL-311L 差電流電驛，因此只要在楊梅臨#600 及#700 各增加乙具相同型式的 SEL-311L 差電流電驛，以及在高榮與楊梅臨與平鎮與楊梅臨間各增設一對光纖電路即可解決此問題，並且順便將楊梅臨#700 的傳統 E/M 51、51N 電驛汰換為數位式電驛，在楊梅臨#600 及#700 各增設乙具 SEL-311L 電驛後將既有 51、51N 電驛拆除如圖 5 所示。至於楊梅臨#600 及#700 各增設乙具 SEL-311L 電驛後如圖 6 所示。

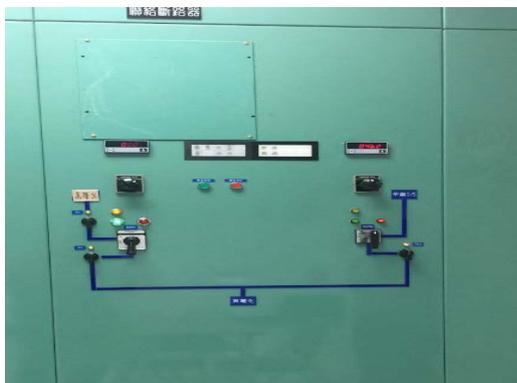


圖 5 楊梅臨#700 51/51N 電驛拆除後



圖 6 楊梅臨#600、#700 各增設乙具
SEL-311L 差電流電驛

有關楊梅臨#600 及#700 各增設一具 SEL-311L 差電流電驛其 CT 的引接有下列兩種接線方式，分別說明如下：

方案 A：基於重疊保護原則如下圖 7 所示：

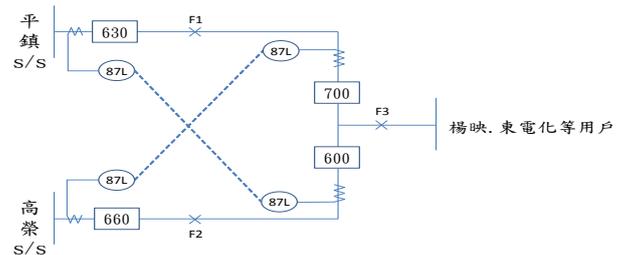


圖 7 楊梅臨#600 及#700 增設 87L 電驛其
CT 接線採重疊保護原則

1. 當 F1 處發生故障時：平鎮 S/S #630 與楊梅臨#600 的 87L 電驛均會動作，並跳脫平鎮 S/S# 630 與楊梅臨#600 斷路器造成楊映、東電化等四用戶停電。
2. 當 F2 處發生故障時：高榮 S/S #660 與楊梅臨#700 的 87L 電驛均會動作，並跳脫高榮 S/S#660 與楊梅臨#700 斷路器造成楊映、東電化等四用戶停電。
3. 當 F3 處發生故障時：平鎮 S/S #630 與楊梅臨#600 的 87L 電驛均會動作，且高榮 S/S#660 與楊梅臨#700 的 87L 電驛也會動作並跳脫相關斷路器，可以快速隔離發生在用戶線上的任何故障。

優點：用戶線的任何故障均能夠快速隔離。

缺點：平鎮-楊梅臨或高榮-楊梅臨間之任何故障均能夠快速隔離，但四特高用戶也會同時停電增加用戶停電機率，且無法區分平鎮-楊梅臨或高榮-楊梅臨間的故障，增加線路事故後故障點的巡找時間會造成復電延遲情形。

方案B:捨棄重疊保護原則如下圖8所示：

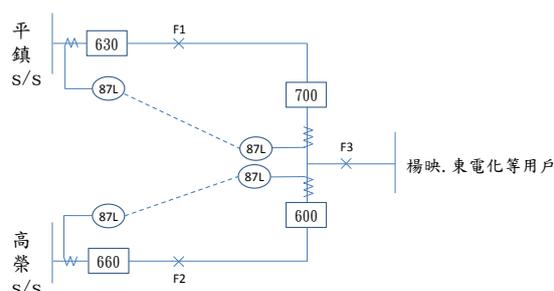


圖 8 楊梅臨#600 及#700 增設 87L 電驛
其 CT 接線捨棄重疊保護原則

1. 當 F1 處發生故障時：平鎮 S/S#630 與楊梅臨#700 的 87L 電驛會動作，並跳脫平鎮 S/S#630 與楊梅臨#700 斷路器，但楊映、東電化等用戶供電不會中斷。
2. 當 F2 處發生故障時：高榮 S/S#660 與楊梅臨#600 的 87L 電驛會動作，並跳脫高榮 S/S#660 與楊梅臨#600 斷路器，但楊映、東電化等用戶供電不會中斷。
3. 當 F3 處發生故障時：平鎮 S/S#630 與楊梅臨#700 的 87L 電驛不會動作，另高榮 S/S#660 與楊梅臨#600 的 87L 電驛也不會動作，只能利用平鎮 S/S #630 及高榮 S/S#660 的後衛電驛 21/21N 或 67/67N 電驛來動作，跳脫平鎮 S/S#630 與高榮 S/S#660 斷路器來隔離事故。

優點：平鎮-楊梅臨或高榮-楊梅臨間的線路任何故障都能快速隔離，且能夠區分是平鎮-楊梅臨或高榮-楊梅臨間的線路發生故障方便故障查修，同時用戶供電也不會中斷。

缺點：用戶線發生故障時，只能靠平鎮 S/S#630 與高榮 S/S#660 21/21N 或 67/67N 電驛動作來隔離故障點，會延長事故的清除時間。

以上方案 A 及方案 B 在保護上各有利弊，經簽會 ADCC 及單位主管後同意採用方案 B，並於 104 年夏季尖載前完成楊梅臨 #600 與 #700 的 87L 電驛增設工作，分別於 104 年 5 月 27 日平鎮-楊梅 #700 87L 加入，及 104 年 5 月 28 日高榮-楊梅 #600 87L 加入，同時楊梅臨的 #600 與 #700 斷路器投入，形成環路供電提升供電品質與系統供電可靠度。

肆、後記：

於 104 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風過境侵襲台灣期間平鎮-楊梅線曾經跳脫，若未採取本改善措施楊映東電化等特高壓用戶供電將會中斷造成停電損失，因此，驗證了本方案確實有效，不但替公司節省設置三具 69kV BUS PT 費用，更提高了楊映東電化等特高壓用戶的供電品質讓用戶對台電公司的服務與供電品質更具信心。下圖 9 係平鎮-楊梅線 8/8 的 87L 電驛動作波形。

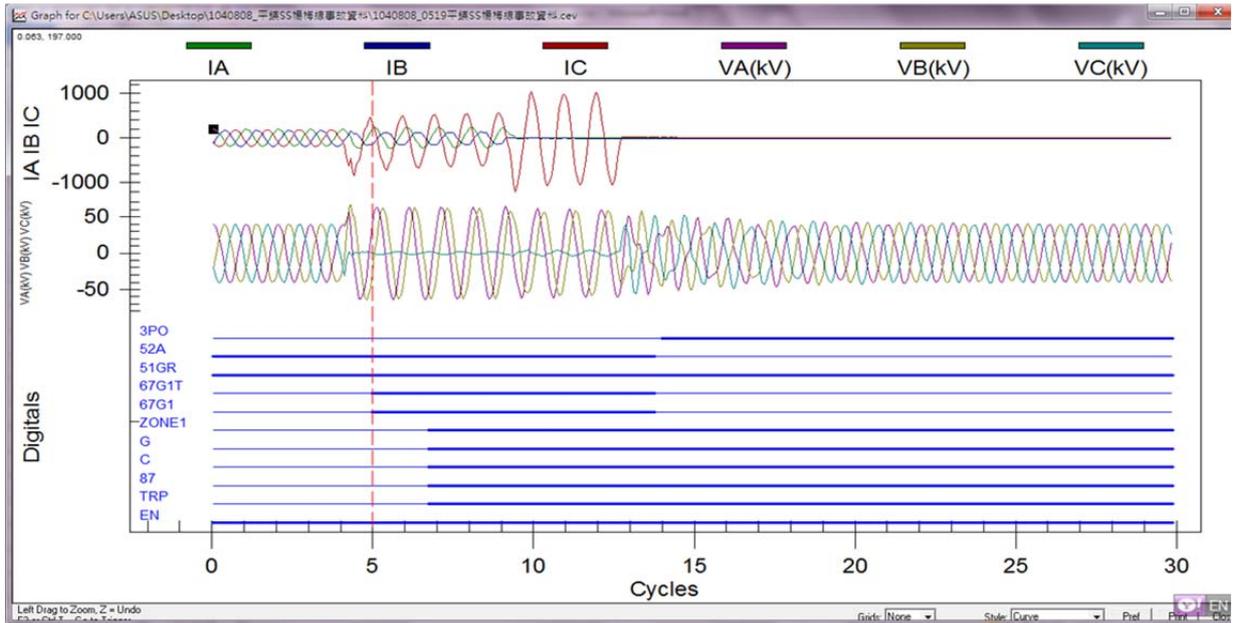


圖 9 平鎮-楊梅線 87L 電驛動作波形圖

又於 104 年 11 月 4 日發生楊映分歧#2 桿 S 相導線遭空飄物碰觸造成接地故障，由於故障點在用戶線上，因此，平鎮 S/S#630 與楊梅臨#700 及高榮 S/S#660 與楊梅臨#600 的 87L 電驛均未動作，而是由高榮 S/S#660 及平鎮 S/S#630 的後備電驛 21S 內部 67N 元件動作來隔離事故點，當

事故發生後 ADCC 值班人員利用上述訊息馬上判斷故障點應該在用戶線上，馬上通知線路維修人員針對用戶線作重點巡視，在很短時間內便發現故障點，因此，再次驗證了本方案對事故後故障點的研判與巡找確實有幫助，下圖 10 係高榮 S/S#660 11/4 的 21S 電驛動作波形。

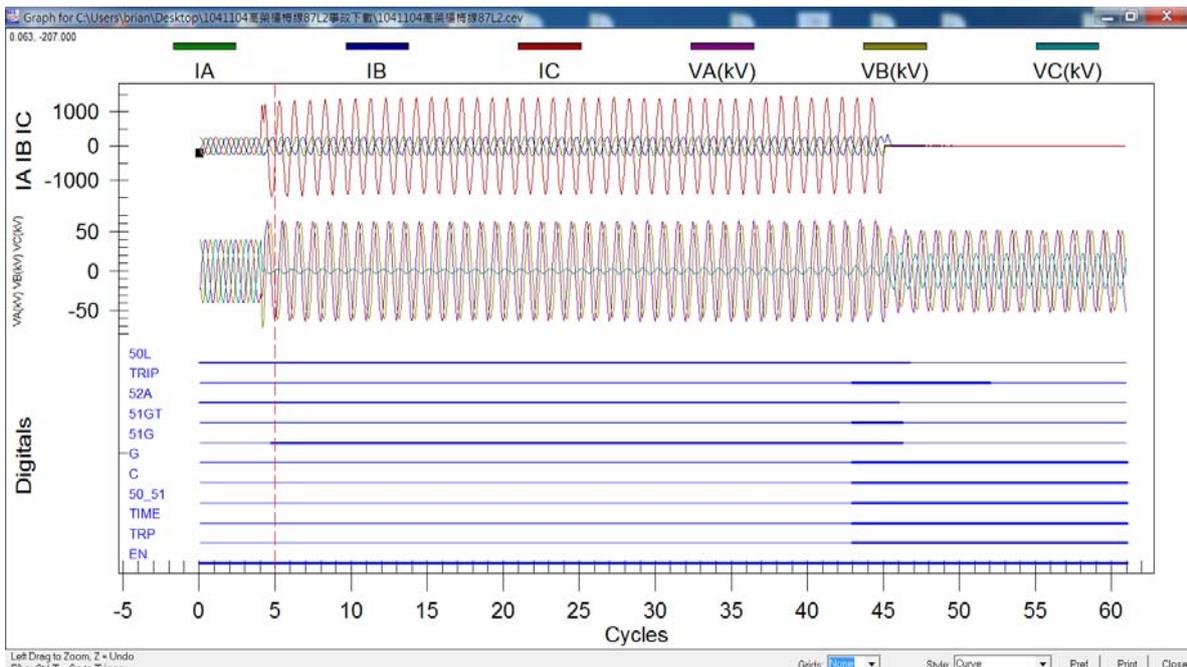


圖 10 高榮 S/S#660 11/4 21S 電驛動作波形圖

伍、結論：

近年來民間用戶尤其是高科技產業的特高壓用戶對供電品質要求愈來愈高，造成本公司同仁莫大的壓力，任何供電盲點均需詳加檢討並研議改善措施，以求對用戶提供最高品質的供電水準。以本案例來說楊梅臨所內因無 69kV BUS PT，故楊梅臨的#600、#700 無法設置具方向性的 67/67N 電驛，致使平時楊梅臨的#600 與 #700 無法同時投入造成供電上的盲點，在不引起民怨，也不增加公司額外投資 69kV BUS PT 前提下，而採用不需要電壓源的差電流電驛來解決線路的保護問題，以及針對現場特殊情況保護電驛採用非重疊保護方式，最後得以能夠順利解決延宕多年，楊梅臨的#600、#700 斷路器無法同時投入併聯運轉的困擾，更可以讓梅湖 P/S 及幼獅 S/S、高榮 S/S 與平鎮 S/S 能夠形成環路供電提升供電品質與供電可靠度。更透過 104 年 8 月 8 日及 104 年 11 月 4 日兩個故障實例，驗證了採用本方案 B 的優點有：

1. 發生在平鎮 S/S#630 與楊梅臨#700 間及高榮 S/S#660 與楊梅臨#600 間的任何事故都能快速隔離，提升系統的供電穩定性。
2. 能夠區別平鎮-楊梅臨或高榮-楊梅臨間的線路發生故障方便事故後的故障尋修加速復電時間，其中最大效益是用戶供電不會中斷降低客訴次數及提升台電公司形象。

至於採用本方案 B 的缺點有：

1. 當用戶線發生故障時，只能靠平鎮 S/S#630 與高榮 S/S#660 的後備電驛 21S 內部 21/21N 或 67/67N 元件動作來隔離故障點，會延長事故的清除時間甚至會有相繼跳脫的情形發生。
2. 事故清除時間拉長除了不利設備使用壽命外也不利系統的穩定性。

總之採用方案 A 或方案 B 在保護上或對系統各有利弊，經單位主管同意後選擇採用方案 B，並分別於 104 年 5 月 27 日平鎮-楊梅#700 87L 增設加入，及 104 年 5 月 28 日高榮-楊梅#600 87L 增設加入，同時將楊梅臨的#600 與#700 斷路器投入，形成環路供電提升供電品質與系統供電可靠度，對用戶的供電服務提供一個最佳的典範。

輸電系統斷路器之動作跳脫回路簡介

輸工處機電技術組 鄭石洋

一、前言

斷路器是變電所內最重要的開關，在平時可供電力調度操作各式各樣設備，如輸電線、電力變壓器、電力電容器、電力電抗器…等設備之加入或切離系統[1]；且在系統發生故障時，可供跳脫各式各樣設備，進而隔離故障區域，以確保正常區域的繼續運轉，維持整體電力系統的穩定供電。

二、斷路器的跳脫

斷路器除了可供電力調度操作外，且可在系統發生故障時跳脫，進而隔離故障區域，其他正常區域能繼續運轉，確保電力系統的可靠。首先藉由保護電驛偵測到系統故障，再經由保護電驛跳脫斷路器，迅速隔離故障區域。

因為要執行隔離故障區域的任務，保護電驛必須具備跳脫接點(符號為RY)，來跳脫斷路器，其回路如圖1所示[2]。

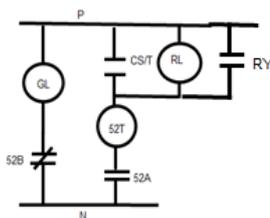


圖1 CB跳脫回路

斷路器處於ON狀態，52A接點為導通，保護電驛偵測到故障，保護電驛跳脫接點RY導通，則P電源經由RY接點、52T線圈、52A接點到N形成回路，使跳脫線圈(52T)受激磁，操作機構就可完成跳脫動作。此時因斷路器的接點狀態改變，會使指示回路的RL及GL產生變化，即RL熄滅，GL點亮。

三、跳脫警示回路

系統故障使斷路器的跳脫，屬於運轉異常情況，要有警示回路提醒值班人員注意，為滿足此需求，必須設計跳脫警示回路。此回路須利用控制開關內的滑動接點(Slip Contact，符號為CS/SC)，或稱為殘留接點。此接點的動作特性如表1所示[3]。

表1 控制開關 SC 接點功能特性

操作	CS/C	CS/T	顯示牌	CS/SC
投入	○	X	紅色	○
回正常	X	X	紅色	○
開起	X	○	綠色	X
回正常	X	X	綠色	X

當投入控制開關時，CS/C接點導通，CS/SC接點同時導通。而當控制開關回復正常位置時，CS/C接點斷開，但CS/SC接點不會隨著斷開，而是殘留著導通狀態。此導通狀態直到開啟控制開關時，CS/T接點導通，同時CS/SC接點變成斷開。而當控制開關又回復正常位置時，CS/T接點斷開，CS/SC接點仍是殘留著斷開狀態。

由此可知CS/SC接點狀態，隨著控制開關操作投入或開啟而改變，但操作完畢回復正常位置時，CS/SC接點會殘留原有狀態，簡言之，當控制開關顯示窗為紅色牌時，CS/SC接點為導通，當控制開關顯示窗為綠色牌時，CS/SC接點為開啟，其動作時序如圖2所示。

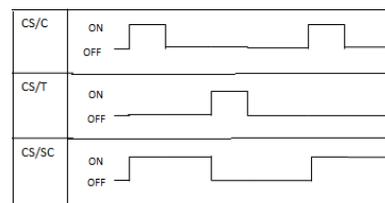


圖2 SC接點動作特性

一般的異常警示包括光與聲兩者，故斷路器跳脫警示回路包括警示黃燈(符號為 YL)及警報電鈴(符號為 BL)，利用前述 CS/SC 接點設計跳脫警示回路如圖 3 所示。當操作斷路器投入系統運轉，CS/SC 接點為導通，因斷路器處於 ON 狀態，52B 接點斷開，圖中三條路徑無法形成回路，GL 及 YL 熄滅，BL 亦不會響，圖 1 回路顯示 RL 亮，表示斷路器處於正常運轉狀態。

當系統發生異常故障時，利用跳脫回路(圖 1)而開啟斷路器，則改變斷路器接點狀態，52A 接點斷開，RL 熄滅；52B 接點導通，GL 點亮，顯示斷路器處於 OFF 狀態。此時如圖 3 所示 [4]

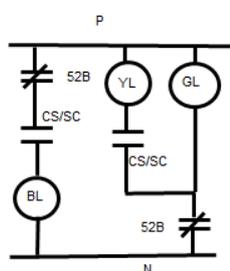


圖 3 跳脫警示回路

P 電源經過 YL 燈、CS/SC 接點、52B 接點到 N 形成回路，點亮黃燈，作為警示的光信號。同時 P 電源經過 52B 接點、CS/SC 接點、BL 到 N 形成回路，激磁電鈴發出響聲，作為警示的聲音信號。

值班人員於確認斷路器跳脫後，可操作控制開關轉向開啟位置，使 CS/SC 接點斷開，則 YL 回路斷開而熄滅，同時 BL 回路斷開而不響，僅剩 GL 點亮，顯示斷路器處於 OFF 狀態。

四、防啟閉追逐回路

當操作投入斷路器時，若剛巧有故障事故發生，保護電驛動作跳脫斷路器，依據前述投入回路及跳脫回路(圖 1)之說明，這段期間斷路器會反覆執行投入及跳脫的追逐(Pumping)動作，啟閉追逐動作情形，如圖 4 所示。

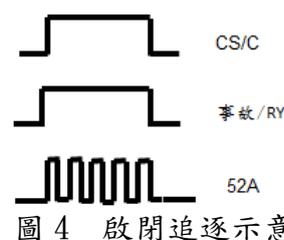


圖 4 啟閉追逐示意

分析圖 4 動作時序，操作控制開關投入時，CS/C 接點導通，投入斷路器，52A 接點導通；因剛巧有事故發生，保護電驛動作立刻跳脫斷路器，52A 接點斷開，形成圖 4 中 52A 的第一個脈衝。因跳脫斷路器及保護電驛的動作非常快速，最遲 12 週波內完成，遠快過值班員操作控制開關的速度。在斷路器完成投入及跳脫動作後，值班員的操作未完成，故 CS/C 接點仍處於導通狀態，斷路器再次投入，52A 接點又導通；因事故依然存在，保護電驛動作再次跳脫斷路器，52A 接點又斷開，形成圖 4 中 52A 的第二個脈衝。

同樣道理，斷路器反覆執行第三個脈衝、第四個脈衝的動作。由圖 4 動作時序得知，於值班員的操作投入的期間，若事故發生且尚未消除，則斷路器會發生啟閉追逐的動作。所以，必須設計防啟閉追逐(Anti-Pumping)回路，以防止此現象的發生，相關回路如圖 5 所示 [5]。

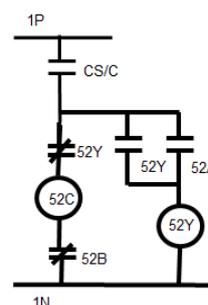


圖 5 防啟閉追逐回路

於斷路器的控制回路中，增加自保(Self-Holding)回路，即輔助電驛 52Y 及其相關 A、B 接點。平時 52B 及 52Y 之 B 接點為導通狀態，當值班員操作投入斷路器時，CS/C 接點導通，P 電源經過 CS/C 接點、52Y 之 B 接點、52C 線圈、52B 接點到 N 形成回路，使 52C 線圈激磁閉合斷路

器。因 52A 及 52Y 之 A 接點為斷開狀態，52Y 線圈無法激磁 [6]。

當斷路器完成閉合時，52B 接點改變為斷開狀態，及 52A 接點改變為導通狀態。則 P 電源經過 CS/C 接點、52A 接點、52Y 線圈到 N 形成回路，使 52Y 線圈激磁。此時，52Y 之 A 接點改變為導通狀態，則 P 電源經過 CS/C 接點、52Y 之 A 接點、52Y 線圈到 N 形成回路，使 52Y 線圈持續激磁，形成自保回路。

同時 52Y 之 B 接點斷開，在圖 5 的斷路器投入回路中，串接 52Y 之 B 接點，即可防止斷路器的啟閉追逐現象。防止啟閉追逐動作時序，如圖 6 所示。



圖 6 防啟閉追逐示意

分析圖 6 動作時序，操作控制開關投入時，CS/C 接點導通，投入斷路器，當保護電驛偵測到事故後動作跳脫斷路器，52A 接點斷開，形成圖 6 中 52A 的脈衝。由前述於控制開關投入期間，因 52Y 線圈持續激磁，形成自保回路，使 52Y 之 B 接點處於持續斷開狀態，以切開斷路器的投入回路，故操作控制開關投入期間，斷路器無法再次投入。

綜合而言，設計防止啟閉追逐回路的目的，就是每次操作投入斷路器時，只允許斷路器投入一次，即使適逢事故，於保護電驛跳脫斷路器的情況下，斷路器絕對不會再次投入，故又稱為單發閉合 (One-Shot Close) 控制回路。同樣道理，在這般情況下，保護電驛只須跳脫斷路器一次，就完全跳脫成功，不須要跳脫第二次，故又稱為自由跳脫 (Free Trip) 回路。

五、斷路器的完整跳脫回路

變電所內各種設備都分別設置保護電

驛，每種保護電驛皆有其保護區間，且為確保系統的可靠性，所規劃保護區間會有重疊情況。換言之，變電所內大部分的斷路器，是同時具備多種保護電驛的跳脫回路。例如變壓器的高壓側斷路器，同時具備匯流排電驛、差動電驛、一次側測距電驛、中性點過流電驛…等電驛的跳脫回路，完整的斷路器跳脫回路如圖 7 所示。

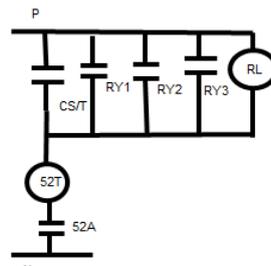


圖 7 完整跳脫回路

將多個保護電驛的接點 RY1、RY2、… RYn 併接於跳脫回路中，其中任何一種保護電驛偵測到故障，皆會經由電驛的接點 RY1、RY2、…RYn 激磁跳脫線圈，跳脫斷路器。

於圖 7 指示回路中，RL 燈除了顯示斷路器處於 ON 狀態外，同時具備監視跳脫回路的功能。故於圖 7 中 CB 的指示 RL 燈須接於最末端，才能達到監視完整的跳脫回路的功能。即斷路器的跳脫點先引接到各保護電驛盤面後，最後再引接回到控制盤的紅燈，若其間有任何區段跳脫線斷裂不通，RL 燈就熄滅，顯示跳脫回路不正常，須立刻檢修，以免影響正常跳脫的功能。

六、斷路器的閉鎖回路

電力系統發生故障時，大部分為天然因素的短暫故障，譬如雷擊輸電導線、外物或樹木碰觸輸電導線…等，於斷路器跳脫後，此類故障會自然消失，值班人員會嘗試操作投入斷路器，若試送成功，則可以回復系統正常供電。

但是，電力系統中有些故障並非短暫故障，不會自然消失，譬如匯流排故障、斷路器失靈、變壓器突壓故障…等，必須經過維護人員維修處理後，確認故障已經

排除，才可以進行斷路器之試送。在此類故障發生時，值班人員未確認故障已經排除前，嘗試操作投入斷路器，則會造成事故的擴大，甚至於會損毀設備。為避免值班人員誤操作投入斷路器，必須設計投入的閉鎖回路，如圖 8 所示。

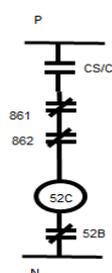


圖 8 閉鎖回路

此回路中採用閉鎖輔助電驛及其 A、B 接點(符號為 86)，此種輔助電驛具備機械閉鎖的功能，即電驛被激磁動作，電驛 A、B 接點改變狀態，閉鎖機構會鎖住電驛，即使電驛失磁下，A、B 接點會一直維持狀態，到電驛手動復歸(Reset)後，接點才會回復原先狀態。此類設備則利用 86 之 A 接點跳脫斷路器；同時，在投入回路中串接 86 之 B 接點，就可避免值班人員誤操作。

當故障發生 86 電驛被激磁動作，86 之 B 接點斷開，且因機械閉鎖功能，使 86 之 B 接點維持斷開狀態，則圖 8 的投入回路被 86 之 B 接點切開值班人員無法投入斷路器。直到確認故障已經處理排除後，值班人員手動復歸 86 電驛，86 之 B 接點回復導通狀態，才允許值班人員操作投入斷路器。

七、結語

保護電驛執行隔離故障區域功能，須依賴跳脫斷路器來達成，斷路器與保護電驛具有密不可分的關係。本篇簡單介紹跳脫斷路的跳脫回路，其中控制開關內的滑動接點、斷路器防啟閉追逐回路、電驛跳脫回路監視紅燈及電驛跳脫閉鎖回路等觀念，對從事保護電驛者相當重要，千萬不能忽視。

八、參考文獻

- [1] 鄭石洋 變電所自動化設計手冊 80 年 10 月版。
- [2] 電力系統保護電驛應用班講義 103 年 10 月版。
- [3] 變電所電控及機電設計研討班講義 104 年 9 月版。
- [4] 變電所規劃及設計研討班講義 102 年 9 月版。
- [5] 中興電工 345KV 4000A 63KA GIS 說明書 97 年 5 月版。
- [6] 中興電工 161KV 2000A 50KA GIS 說明書 97 年 8 月版。

比流器鐵心剩磁對差動保護之分析改善

台電公司 鄭強
崑山科技大學 王瑋民
國立台灣科技大學 蕭弘清

摘要

比流器二次負擔與其二次側感應電壓交互影響與作用，可決定比流器動態運轉點，係位於線性區域或是飽和區域中。而比流器的磁滯迴圈、去磁特性、二次負擔、對稱電流、非對稱電流等因素與比流器飽和性質有關。故障電流之對稱與非對稱分量與比流器鐵心剩磁性質有關，鐵心剩磁除降低其膝部電壓外，亦影響比流器轉換系統故障電流波形的性能，亦可能進一步擴大其二次電流相位角度偏差量，放大差動電流，導致差動保護電驛誤動作。故比流器鐵心去磁作業，係維繫變壓器、匯流排差動保護電驛正確動作的關鍵性要因。非對稱故障電流，係電力系統故障電流特性之一，其對比流器飽和電壓、激磁電流、二次電流與一次電流之相角偏移量及其差動電流合成波形正確性之影響，較對稱故障電流為嚴重。本文藉比流器現場飽和電壓激磁曲線試驗波形，解析其鐵心磁路含剩磁之運轉點，並分析飽和電壓試驗對鐵心剩磁之去磁效益，藉以改善比流器鐵心部分飽和及其相角偏移對差動保護系統之不利因素。

關鍵字：比流器、負擔、差動保護、飽和、故障

一、前言

電力系統應用比流器及比壓器將其一次電路之大電流、高電壓，以一定比率重現於其二次電路上，藉以監視、控制及保護系統之運轉狀態。參考變壓器相關規範與標準，比流器、比壓器係分類為特殊變壓器或是儀表用變壓器範疇中；而電磁感

應型比流器與變壓器同屬應用法拉第電磁感應原理，將系統高電壓、高電流電量，依電磁轉換與線圈匝比關係，降壓為可被儀表、保護電驛接受之115 V、5A電量訊號，並輸入至系統相關之保護系統及電控設備，以偵測及調控系統運轉點。

二、比流器規範

電力系統之發電機、電力變壓器及斷路器多採用套管式比流器轉換其一次側電流；比流器設計與規格選用，需考慮其鐵心與繞組之機械結構、一次側、二次側繞組之電流匝比、採用乾式或濕式絕緣構造、絕緣等級、衝擊波位準、準確度、三相繞組連接方式、連續電流、環境溫度及海拔高度等因素。

比流器是以電流驅動之一種變壓器型式，而比壓器、電力變壓器之電磁能量轉換，是以電壓驅動為主要型式；故比流器與比壓器兩者的設計參數不全然相同。典型之儀表及保護電驛輸入電流額定值，是以5安培或是1安培為主；台電公司發輸配電級系統比流器二次額定值為5安培之倍率。例如161 kV線路用比流器，一、二次側電流比值為3000：5 A，當線路3000 A負載電流流經比流器一次側時，可於二次側輸出5安培電流，並輸入至相關電控儀表及保護電驛中。

比流器二次側連接導線、儀表、保護電驛等元件阻抗，係以“負擔(burden)”稱之。比流器在其二次側電路上跨接並聯電阻，可將其二次側電流轉換為電壓輸出至電控裝置中，係比流器應用方法之一。比流器二次負擔，可以星形或三角形方式連接，其動態準確度是影響保護電驛動作性能的直接因素。三相比流器二次側以星

型或Y接線為主要應用模式。在特殊應用條件下，可將其二次側繞組端點連接為三角形，比流器二次側繞組結線為三角形者，需另考慮比流器二次側電流合成1.732倍之轉換因數及 $\pm 30^\circ$ 之相角偏移量。比流器與保護電驛實務應用上，除了負擔阻抗外，亦需考慮系統於短路接地故障情況下，於系統最大短路故障電流，達比流器二次側5 A額定電流20倍之情況下，仍可保有準確轉換系統故障電流振幅及相位角度的正確性。故各三相比流器組之飽和特性亦需予以匹配。例如採用低激磁電流、高品質鐵心的比流器，有助於降低比流器發生交流飽和、暫態失真等影響保護電驛效能的因素。

參考IEEE Std. C57.13標準，有關電力系統運轉狀態與比流器長期運轉性能之重要規範臚列如下：連續熱電流(rated continuous thermal current)、額定短時間熱電流(rated short-time thermal current)又稱短時間熱電流額定(short-time thermal current rating)等。短時間熱電流係指單匝比比流器在二次繞組短路下，或多匝比比流器，係指定其全繞組分接頭短路下，於比流器一次側繞組流過一秒鐘指定之短路過電流，驗證比流器二次側繞組之機械強度、熱應力與溫升值等設計組裝品質。

系統擾動之短路電流，除了對提供故障電流路徑之相關電力設備產生電磁、機械、溫度等應力外，亦一併衝擊比流器二次側繞組之電氣與機械性能。故以短路電流峰值定義“額定動態電流(rated dynamic current)”；而短路電流之均方根值，則定義為“短時間機械額定電流(short-time mechanical current rating)”；比流器二次側繞組在最大故障電流密度運轉環境下，實際的機械強度與電氣絕緣性能，可應用上述定義之試驗予以驗證。

參考IEEE Std. C57.13、C57.13.1、C57.13.2、C57.13.3、C37.90.1、C37.91、IEC 60044等比流器標準與規範，其型式試

驗指定項目臚列如下：

- 1.短時間電流特性試驗。
- 2.溫升試驗。
- 3.衝擊電壓試驗。
- 4.濕式注水耐電壓試驗(僅適用於屋外型比流器)
- 5.部分放電試驗。
- 6.匝間過電壓試驗(inter-turn overvoltage test)。
- 7.誤差試驗：含一、二次變比倍率、準確度與儀表用比流器之相角誤差，係為儀表用比流器的試驗項目。

三、等效電路

比流器與變壓器應用相同的電磁感應理論與準則執行設計與組裝作業，設計程序與項目包含：選擇鐵心材質、決定鐵心截面積、磁路長度、繞組導線規格、匝數、繞組抽頭方式、飽和電壓、絕緣等級、準確度等；比流器試製品之性能，可以設計試驗、型式試驗結果，驗證設計製造與規範的符合情況，並視試驗結果，適度修改不符合設計準則之相關項目。

基於經濟性的考慮因素，設計者可能嘗試縮小比流器鐵心尺寸、繞組線徑及匝數等參數；然而以電流驅動之比流器最小化尺寸規格，與電壓驅動之變壓器有截然不同的意義；例如變壓器考慮伏-安輸出特性、鐵心溫升、計算繞組之磁通密度、匝比及其感應電壓輸出值，並於可用空間中，規畫線圈繞組高度、匝數與尺寸等參數。

在比流器設計準則中，在穩態運轉環境下，其鐵心以磁通密度決定運轉點之感應電壓、輸出電流、負擔阻抗，其二次側輸出電流亦需保有相對準確之比誤差及相位角度偏移範圍；另鐵心採用高性能矽鋼片，以降低鐵心激磁電流與損失值，同屬重要的設計要項；而比壓器額定伏安值與繞組溫升的要求，相對高於比流器。

比流器的一次側繞組以匯流排或是銅棒組成一匝導體，由二次側繞組匝數決定其變比值。比流器在鐵心設計上，需考慮

鐵心截面積須充分大，激磁電流充分的低，並可於非常小的激磁與磁通密度下，於二次側繞組建立足以驅動負擔之感應電壓。比流器等效鐵心磁路置於二次側電路上與變壓器不同，其一、二次繞組間，可以安-匝平衡關係式，描繪比流器的特性[6]：

$$N_s i_s = N_p i_p \quad (1)$$

實際上比流器之二次側輸出電流中，含有鐵心磁化電流分量及損失電流。在磁化電流及鐵損電流影響下，可導致輸出至負擔阻抗上的電流比例較真實值為低，因而產生變比誤差(ratio error)；此外磁動勢之安培-匝磁化電流合成相量，亦可能偏移電阻性負擔之相位角度，因而產生相角誤差(phase error)；比流器併入磁化電抗、損失元件之等效電路，如圖1所示；比流器二次側總電流為 i_s ， i_m 係流經磁化電抗 X_m 的磁化電流， R_c 為鐵心電阻損失分量， R_s 為線圈直流電阻值， R_L 為負擔電阻值；等效電路中，除了鐵心並聯電抗與損失分量外，在繞組間亦存在分佈電容，通常此一分佈電容值相當小，在工作頻率小於數十千赫茲情況下，可忽略繞組分佈電容對變比、相角偏移誤差的影響。

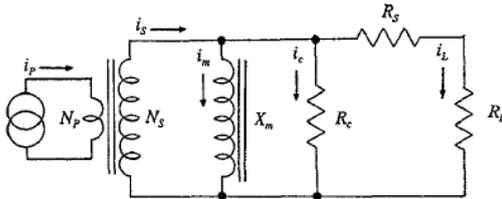


圖1 比流器等效電路[6]

若二次負擔為電阻性負擔，比流器二次側總電流(i_s)表示如下：

$$i_s^2 = \left(\frac{N_p i_p}{N_s} \right)^2 = (i_L + i_c)^2 + i_m^2 \quad (2)$$

比流器二次側之負擔電流為：

$$i_L = \sqrt{i_s^2 - i_m^2} - i_c \quad (3)$$

變比誤差(ratio error; R. E.)為：

$$R.E. = \left(\frac{i_L}{i_s} \right) \times 100\% \quad (4)$$

相角誤差(phase error; P. E.)為：

$$P.E. = \tan^{-1} \left(\frac{i_m}{i_L + i_c} \right) \quad (5)$$

在鐵心磁通密度增加時，一併增加磁化電流及鐵心損失值，計算比流器鐵心的磁通密度，可引用變壓器之磁通密度、鐵心等效截面積、匝數、頻率及最大磁通密度等計算參數，計算之：

$$B_m = \frac{e_0 \times 10^{-8}}{4.44 N_s A_c f} \quad (6)$$

式中 $e_0 = i_L (R_s + R_L)$ ；磁通密度(B_m)與繞組之感應電壓 e_0 成正比關係；而與匝數、鐵心截面積、頻率等參數呈現反比關係。例如比流器磁飽和之膝部電壓，近似鐵心最大磁通密度20,000高斯(2.0 Tesla)。在負擔阻抗維持常數情況下，比流器鐵心磁通密度可藉由改變繞組匝數方式，提高每匝之感應電壓。在此情況下，鐵損及磁化電流值亦因而升高，故需予以適當限制其變動範圍。因此欲以減少比流器匝數，提高輸出電流值作法的效益有限；反而對增加鐵心損失值有所貢獻。現行標準係要求比流器於額定電流10% ~ 2,000%運轉範圍中，仍可於線性區域中運轉。故其於正常負載電流轉情況下，可以設計比流器擁有較大的鐵心截面積，且控制鐵心磁通密度低於5,000高斯(0.5 Tesla)及可接受損失值，滿足比流器準確度之需求。

比流器之二次負擔，含二次側導線電阻之等效電路，如圖2(a)所示；圖中a-b、c-d分別為其一、二次線圈引出端子，其中a-c端點屬極性點，在指定時間基準條件下，流進與流出比流器一、二次側繞組之電流波形呈現同相位關係；比流器一次側繞組之漏感抗 Z_H ，可經由 n^2 係數轉換至其二次電路上，二次側之等效阻抗為 Z_L ，鐵心損失及激磁元件之阻抗為 R_m 、 X_m ， R_m 在等效電路中，忽略之。

在比流器等效電路上，電壓與電流相量，如圖2(b)所示；二次繞組阻抗 Z_L ，以電阻分量為主，故忽略其電感分量；負擔 Z_B 可為電阻性同相位或為電感性滯後角度，負擔之電壓降為 V_{ef} ，激磁電流 I_c 滯後二次繞組感應電壓 V_{cd} 90°，激磁電流亦為比流器二次側電流 I_L 不等於理想變壓器之

I_H/n 電流之誤差來源之一。

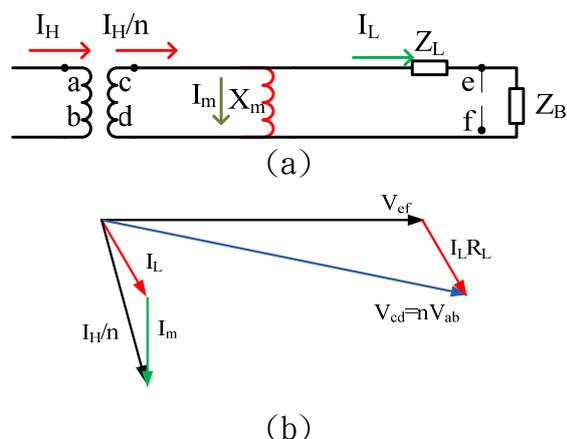


圖 2 比流器簡化之等效電路及相量

比流器可於一次側或是二次側等效其鐵心磁化電路，因不屬理想變壓器，故激磁電流不為零；可採用(1)變壓器方程式，(2)比流器特性曲線，(3)保護電驛之IEEE準確度規範予以查核，確認於忽略激磁電流下，比誤差不影響其應用效能。比流器於設計階段，可應用變壓器之感應電壓方程式，依系統頻率、鐵心材料之最大磁通密度、匝數、鐵心截面積等參數，檢討二次繞組感應電壓 V_s 及其驅動二次側電流與負擔之性能與適用性。

套管式比流器鐵心漏磁通相當微小，在等效電路中，可將其合併於激磁分路中；C級比流器可藉激磁曲線求得其特性；比流器激磁曲線，如圖3.所示[7]。依IEEE定義： $V-I$ 激磁曲線以 45° 切線描繪膝部點之飽和電壓，激磁特性試驗中，亦包含測定線圈電阻值。圖中顯示C800比流器於800/1全匝比分接頭應用條件下，可求得膝部點電壓約800 V、激磁電流為0.05 A；當採用100/1部分匝比分接頭時，膝部點電壓約100 V、激磁電流升高至0.4 A。激磁特性試驗曲線顯示：若比流器應用全匝比分接頭，可獲得完整的性能表現；反之，若採用部分匝比分接頭，膝部點電壓依匝比倍率降低，激磁電流因而增加，對比流器應用範疇有所限制。

依上述多匝比比流器飽和特性之解

析，比流器以選用全匝比為原則。若需選擇部分匝比時，須以最大故障電流，檢討二次側電流倍率、負擔阻抗及其膝部電壓，仍可維持於線性區域中。例如比流器選擇800/1匝比，二次側最大負擔為 $8\ \Omega$ ，二次電流達額定值20倍100 A時，在負擔上的電壓降為800 V；若選擇100/1匝比時，比流器二次負擔為 $1\ \Omega$ ，二次電流為100 A，其電壓降為100 V；上述檢討雖可滿足比流器於20倍額定電流況下，雖可運轉於線性區段中，惟比流器採100/1部分匝比分接頭者，由一次側轉換至二次側20倍之電流及負擔阻抗，較800/1者小8倍；可能令比流器於系統提供最大短路情況下，導致比流器發生嚴重的AC磁飽和以及保護電驛誤動作；雖然比流器磁飽和對過電流保護影響可忽略，惟比流器磁飽和及其相角偏移，係差動保護電驛發生誤動作的關鍵性因素之一。比流器二次側負擔之功率因數(pf)於0.5條件下，必須於20倍額定電流運轉狀態下，仍可充分地維持變比誤差在10 %範圍內變動。

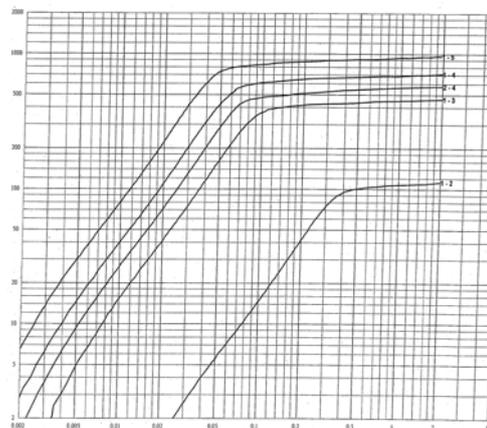
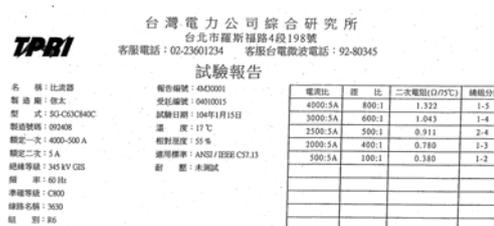
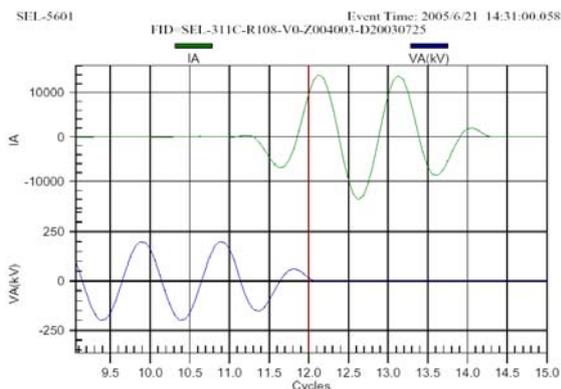


圖 3 比流器激磁特性曲線[7]

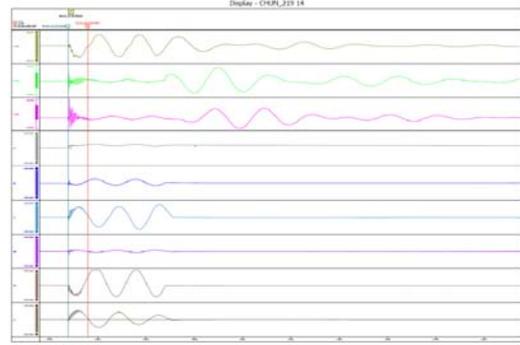
四、比流器動態特性

系統短路故障發生時機，係由相對電壓瞬時值，決定故障電流初始值為對稱或是非對稱波形。故障電流中的直流成分，對比流器飽和性能有所影響，實際上直流成分較ac故障電流更易引起比流器鐵心磁飽和現象。故障電流中的直流成分產生原因，基於電感中的電流不能瞬時改變；而穩態電流在改變前及變化後，功因滯後或超前並非主要考慮之議題。

若電力設備於系統電壓峰值，發生絕緣崩潰故障，因電感電流瞬時值為零，因此故障電流正負週波對稱且平衡，無直流暫態成分。短路電流在電源、線路等效阻抗作用下，其故障電流之相位角度，將迅速改變為滯後角度。反之，若系統故障初始於電壓橫跨於零交越時機，等效電感可提供最大瞬時電流值；因而故障電流可於正或負週波產生最大的偏移量，引起非對稱故障波形，並產生直流暫態成分最大值。電力設備絕緣崩潰之故障電流與電壓波形，如圖4所示[11]，圖4(a)顯示超高壓地下線路事故之對稱故障電流波形，圖4(b)顯示161 kV地下電纜事故之非對稱故障電流波形。



(a) 對稱故障電流-電壓波形



(b) 非對稱故障電流波形

圖4 線路絕緣崩潰之故障電流及電壓波形[11]

五、比流器剩磁特性

目前電力科技界尚未發展出一套可降低故障電流中直流成分的控制方案；線路或是電力設備活線運轉中，亦無比流器鐵心線上去磁技術可供應用。故障電流中的直流成分及保護電驛快速驅動斷路器清除故障電流效能，係影響比流器鐵心磁飽和及剩磁之要素。故障清除後，電力設備或是線路重新加入系統運轉，其鐵心激磁電流，不足以產生充分的去磁分量，恢復鐵心磁通運轉點，故於下次故障電流作用下，比流器運轉點可輕易於剩磁點上，進入磁飽和非線性區域，對二次電流可產生波形畸變、振幅降低及相角偏移等負面影響。雖線路高速保護電驛，可於5週波內，快速完成偵測故障及驅動斷路器隔離故障電流，免於比流器磁飽和而延遲偵測故障之時間特性。惟仍需檢討斷路器截斷故障電流瞬間，比流器鐵心剩磁及其對差動保護系統之衝擊與影響。

若一次電路故障電流之直流成分高及衰減時間常數大，可能引起比流器發生嚴重的直流飽和。比流器直流飽和之現象說明如下：當非對稱電流流過比流器時，在非對稱故障電流之交流成分、直流成分、交直流磁通及二次負擔電路阻抗相互作用下，係引起比流器發生磁飽和之因素。其次，斷路器可於故障電流通過零點，截斷電弧電流，完成消弧責務。在此狀態下，比流器鐵心磁通未能完全去磁，受其磁滯

特性影響而使得比流器鐵心磁通不為零，即為“剩磁”。另線路事故隔離復電後，正常負載電流之激磁電流，亦無充分的去磁分量，令比流器鐵心磁滯迴圈回復至對稱之運轉狀態，故比流器將以鐵心剩磁點為中心，構成一偏移原點之磁滯迴圈。比流器之剩磁及其磁滯迴圈，如圖5所示；圖中大迴圈為對稱故障電流之磁滯迴圈， $r-r'$ 、 $t-t'$ 及 $s-s'$ 為負載電流之磁滯迴圈，其中 $t-t'$ 及 $s-s'$ 為含有鐵心剩磁之磁滯迴圈。

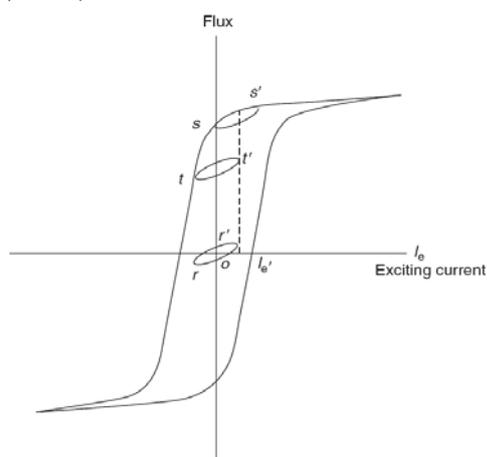
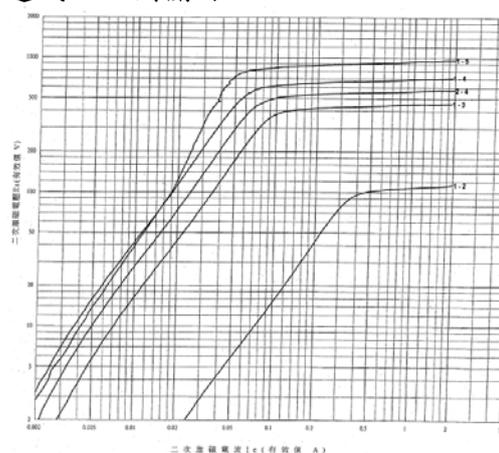


圖5 比流器剩磁及磁滯迴圈[6]

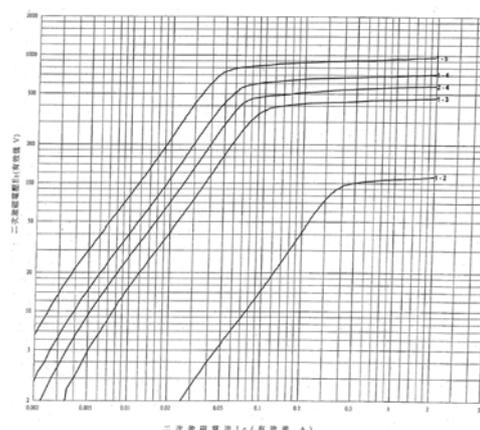
上述比流器鐵心剩磁現象，可藉激磁特性試驗繪製之 $v-i$ 曲線驗證。圖6(a)顯示多匝比比流器分接頭，如 800/1(1-5)、600/1(1-4)、500/1(2-4)、400/1(1-3) 及 100/1(1-2) 等等。激磁特性由滿匝比 800/1(1-5) 分接頭開始試驗，由高匝比至低匝比依續執行試驗。可藉比流器激磁試驗之 $v-i$ 激磁曲線關係，檢討其鐵心正常無剩磁、含剩磁及磁飽和之運轉狀態；例如 (1) 在線性區段， $v-i$ 曲線呈現線性遞增比例關係；(2) $v-i$ 曲線在線性區段中，呈現非線性關係，且激磁電流增幅大於電壓增幅；(3) $v-i$ 曲線之線性區段中，呈現非線性關係，且激磁電流增幅小於電壓增幅。上述狀態 (2) 的 $v-i$ 曲線關係，顯示比流器鐵心磁飽和狀態，隨電壓增幅而遞增；另狀態 (3) 顯示比流器鐵心磁路，含有剩磁並產生部分飽和現象，惟在激磁電流遞增下，而產生鐵心去磁效應，令磁滯迴圈自剩磁點逐漸迴歸至零點，漸次恢復 C800 比流器的飽和特性。

觀察圖6(a)之 800/1(1-5) $v-i$ 激磁特性曲線數值顯示：以激磁電流 0.005 A 為基準，對應其激磁電壓為 18 V；當激磁電壓遞昇至 80 V，激磁電流僅升高至 0.016 A，其增量小於 0.022 A 之推估值；而 1-5 分接頭於試驗初始狀態，幾乎呈現與 1-4 曲線重疊，顯示比流器剩磁已嚴重影響其飽和電壓，並呈現出磁飽和現象。當激磁試驗電壓遞昇大於 120 V 後，激磁電流中的去磁分量，逐漸發揮作用，令比流器鐵心去磁，並恢復 C800 比流器之飽和特性。

圖6(b)顯示 C800 級比流器不含鐵心剩磁之激磁曲線，圖中 800/1(1-5) 全匝比分接頭繪製之曲線， $v-i$ 曲線可維持線性關係外；各個部分匝比之分接頭之膝部電壓，與全匝比分接頭之飽和電壓，亦可維持線性遞減之比例關係。



(a)



(b)

圖6 比流器剩磁-飽和電壓及去磁曲線 [7]

六、案例研討

惟比流器的鐵心磁路，係置於二次側電路上。其一次側之高電流藉匝比 n 轉換為二次側電流，輸入至保護電驛及電控裝置中；參考圖2.之比流器等效電路，套管式比流器二次側迴路，含有與線圈並聯之鐵心磁化分路及線圈電阻之損失分路；另於其繞組間，亦存在分佈電容；通常此一分佈電容值相當小，在工作頻率小於數十千赫茲情況下，可忽略繞組分佈電容對變比、相角偏移誤差的影響。

比流器係應用變壓器之感應電壓方程式，依系統頻率、鐵心材料之最大磁通密度、匝數、鐵心截面積等參數，可用於檢討二次繞組之感應電壓 V_s 、工作點之通密度、激磁電流及其驅動二次側負擔之電流等特性。

因比流器二次側電路之總電流等於磁化電流(i_m)、損失電流(i_c)、負擔電流(i_L)等各個分路電流之相量和。故可藉電磁轉換原理，一、二次側線圈匝數與電流的乘積間的安-匝平衡關係式，或是藉現場試驗建立之飽和電壓激磁特性曲線，檢討比流器之性能與弱點。

若比流器呈現 $N_s i_s \neq N_p i_p$ 之安-匝不平衡之運轉狀態，可依等效電路檢討二次側電流降低的可能影響因素，如(1)鐵心磁路激磁電流過大，(2)二次側繞組層間短路；上述兩項影響比流器特性之要因，係比流器驅動“負擔”之二次電流降低的主要因素。若屬鐵心磁飽和而遞增激磁電流之弱點，可藉比流器去磁技術，恢復比流器特性；反之，若為二次側繞組層間短路而降低“負擔”之二次電流之異常狀態，則屬永久性故障，需採拆卸比流器回廠重新繞製方式，以恢復其性能。

比流器並聯等效電路之 X_m 激磁電抗值，可用以表示鐵心運轉點、剩磁及其磁飽和狀態；而鐵心磁路之 R_m 電阻分量與鐵心損失有關外，亦可用於表示鐵心矽鋼片

表面鍍膜絕緣不良，引起鐵損值升高的可能情況。另比流器除上述因素外，若未詳細檢討其二次“負擔”與最大故障電流間的比例值，亦為比流器發生磁飽和要因之一。

當比流器鐵心進入飽和區域瞬間，其激磁電抗 X_m 迅速降低，亦一併降低驅動負擔之二次電流，故可呈現出二次電流幅值降低之異常現象；故可藉比流器之安-匝平衡定律，呈現其磁飽和特徵；其次，鐵心磁飽和現象，亦與其剩磁有關；系統短路故障電流中的直流成分，係鐵心產生剩磁的主因。目前維護保養技術，僅能藉由執行比流器激磁曲線特性試驗，可一併令鐵心去磁，恢復比流器既有之磁飽和特性。

七、結論

保護系統對比流器的品質需求，包含飽和特性與準確性兩者，採用高品質的比流器，有助於降低鐵心飽和對保護電驛的負面影響，而準確電量訊號亦有助於提升保護電驛故障偵測之性能。目前電力科技界尚未發展出一套可降低故障電流中直流成分的控制方案，與線上改善比流器磁飽和性能之技術。故適當掌握斷路器停電內檢時機，一併執行比流器激磁特性試驗，除可掌握比流器特性變化外，亦有助比流器鐵心藉激磁電壓遞增及遞減過程後完成去磁，恢復其磁滯迴圈與膝部電壓性能，藉以提升差動飽護系統故障偵測效能。

電力系統中應用的比流器，目前仍以鐵心結構為主，其鐵心品質及飽和特性的重要性，相對高於比流器之其他參數。在系統短路故障情況下，對稱與非對稱故障電流均可能引起比流器鐵心發生磁飽和。系統故障期間，比流器飽和是否引起電驛誤動作的問題，視其應用範疇而有所不同。比流器鐵心剩磁與飽和現象，對差動保護電驛的影響，較過電流電驛、測距電驛嚴重。

參考文獻

- [1] IEEE Std. C57.13-1993, "IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers."
- [2] IEEE Std C57.12.00-1993, "IEEE General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers."
- [3] IEEE Std C57.12.90-1993, "IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers and IEEE Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers."
- [4] IEC Standard 60044-6-1993, "Requirements for Protective Current Transformers for Transient Performance."
- [5] IEEE Std. C57.13.1-2006, IEEE Guide for Field Testing of Relaying Current Transformers.
- [6] "Protective Relaying Principles and Applications", J. Lewis Blackburn, Thomas J, Domin, 2006.
- [7] TPRI-G7.8 2102-0033 技術報告，2011年3月。
- [8] Zocholl, Stanley E., Jeff Roberts, and Gabriel Benmouyal, "Selecting CTs to Optimize Relay Performance," a paper presented at the 23rd Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, Washington, October 15-17, 1996.
- [9] Garrett, R., W. C. Kotheimer, and S. E. Zocholl, "Computer Simulation of Current Transformers and Relays for Performance Analysis," a paper presented at the 14th Annual Western Relay Conference, Spokane, Washington, October 20-23, 1987.
- [10] Poljac, M. and N. Kolibas, "Computation of Current Transformer Transient Performance," paper 88 WM 046-5, presented at the IEEE PES Winter Meeting, New York, 1988.
- [11] TPRI "345 kV 嘉民-南科二路加壓試驗之電磁暫態分析"，2005年，鄭強。
- [12] TPRI-G7.8 2102-0033 "2011.02.19 文心-中西白線加入系統暫態量測與分析"，2011年，鄭強。

電驛協會會刊目錄總表

第 1 期----- 84.5

- ◎電驛之任務及其性能的基本要求
- ◎漫談台電輸電線保護電驛之變遷
- ◎MMCO 多相過電流電驛
- ◎核二 G/S No.2 GEN 改接於#3670、#3680 有關電驛試驗
- ◎副線電驛HCB-1之原理與應用
- ◎測距電驛之基本原理與應用
- ◎取樣頻率對數位測距電驛保護之影響
- ◎電力調度簡介
- ◎保護電驛國際代碼及其主要功能一覽表

第 2 期----- 84.11

- ◎接地測距電驛之動作原理與運用
- ◎差動保護電驛原理與應用
- ◎MMCO 多相式過電流電驛(續)
- ◎同步機穩態運轉之激磁效應及其失磁保護
- ◎輸電線路之方向比較保護系統
- ◎新建變電所之故障紀錄示波器設計準則
- ◎保護電驛問題專欄
- ◎發電業電廠調度規則解讀(上)

第 3 期----- 85.6

- ◎漫談火力電廠之設備保護
- ◎HCB-1 序濾波器輸出電壓計算程式
- ◎區流排事故保護電驛動作之研討
- ◎載波電驛測試及其運用
- ◎解讀示波器記錄
- ◎保護電驛問題專欄
- ◎發電業電廠調度規則解讀

第 4 期-----85.12

- ◎漫談火力電廠之設備保護
- ◎從保護電驛觀點比較歐美電力系統之異同
- ◎變壓器差動保護電驛之運用
- ◎同步發電機電力逆向成因探討及其電驛保護概論
- ◎數位式過電流電驛 MDP 簡介
- ◎保護電驛問題專欄

第 5 期-----86.6

- ◎漫談後衛保護電驛
- ◎光纖系統運用於保護電驛簡介
- ◎漫談非品質鐵心變壓器
- ◎輸電線壓接套管熔斷原因探討
- ◎從猴客談載波電驛保護
- ◎SCADA 系統—電力轉換器之應用
- ◎保護電驛問題專欄

第 6 期-----86.12

- ◎談新世代電驛演進及電磁暫態分析程式應用概論
- ◎保護協調—ASPEN 套裝軟體之使用
- ◎漫談雷擊、避雷設備及數位式電驛
- ◎微處理式數字型電驛 REL300 使用與測試
- ◎同步發電機併聯電控迴路探討
- ◎保護電驛問題專欄

第 7 期-----87.6

- ◎應用快速指標計算法研析—實際電力系統之電壓穩定度
- ◎談母線保護電驛自動化之可行性
- ◎配電系統接地保護應用技術之探討
- ◎美國加州獨立系統操作機構介紹
- ◎從事故談起—如何做好電驛工作
- ◎配電線代送時接地過電流電驛跳脫回路改善方案探討
- ◎保護電驛問題專欄

第 8 期-----87.12

- ◎光纖數位傳輸技術應用於電驛系統之探討
- ◎智慧型電子裝置簡介
- ◎談保護電驛維護週期
- ◎AMX-1600 示波器使用說明
- ◎保護電驛問題專欄

第 9 期-----88.6

- ◎輸電線路保護方式
- ◎在高接地電阻下數位式測距電驛的理想動作範圍

- ◎保護電驛應用電力線載波之探討
- ◎線路保護方式方向比較POTT無線電波對保護電驛干擾之探討
- ◎超高壓變電所 161KV 側斷路器失靈電驛動作原理分析
- ◎非接地系統中性點電位移及其保護方式
- ◎保護電驛問題專欄

第 10 期-----88.12

- ◎電力品質改善使用主動式電力濾波器
- ◎淺談數位式電驛
- ◎母線電驛汰換工作實例
- ◎降低配電線損失提昇能源效率談電力電容器組保護
- ◎ABB 製 CO-2 型時間過電流電驛現場檢測作業程序(初稿)
- ◎保護電驛問題專欄

第 11 期-----89.6

- ◎保護電驛與比流器
- ◎數據通信線路維護
- ◎從災後電力系統復建談如何做好保護電驛工作
- ◎ABB SPAJ 140C 時間過電流電驛
- ◎ABB 製 KD-10 型補償式測距電驛之現場檢測作業說明書
- ◎保護電驛問題專欄

第 12 期-----90.1

- ◎談電磁場對人體健康的影響
- ◎汽電共生電驛標置原則
- ◎由 921 事故經驗探討電力系統合聯技術
- ◎音頻機組搭配保護電驛之應用(RFL9745)
- ◎現場檢測作業說明書-(IBC51M)(IBC51M)

第 13 期-----90.6

- ◎零災害預知危險活動
- ◎認識電磁場
- ◎電氣事故防火牆
- ◎電壓驟降

- ◎汽電共生系統責任分界點之電驛標置協調
- ◎超高壓雙回三端線路以阻抗為基礎保護技術之研討
- ◎遠端保護電驛設定以及事件波形記錄的讀取
- ◎匯流排差動保護原理介紹(GE BUS 2000)
- ◎現場檢測作業說明書-ABB 製 REL300 微處理式數字型線路保護電驛

第 14 期-----90.12

- ◎從納莉颱風談電力防衛系統介紹
- ◎淺談超高壓輸電線路監測新科技-同步相量量測組件(PUM)
- ◎特高壓用戶保護電驛設計之要求與注意事項
- ◎從地理、環境、能源、電驛談一澎湖中屯風力發電機組加入工程
- ◎保護協調及比流器飽和對保護設備之影響
- ◎有諧波抑制功能之變壓器差動保護原理介紹(ABB SPAD 346C)
- ◎馬達保護電驛原理介紹(ABB SPAM 150C)保護電驛原理介紹(ABB REF 541)

第 15 期-----91.6

- ◎線性規劃法應用於輸電系統中過電流保護電驛之保護協調
- ◎變電站測試的新方法
- ◎同步發電機並聯裝置工程檢驗及應用分析
- ◎電力母線的保護
- ◎特高壓用戶變壓器保護電驛標置與計算
- ◎饋線保護不僅是 3CO 與 LCO
- ◎微處理機數位式電驛動態測試的新紀元
- ◎數位式保護電驛的遠程作業系統
- ◎台灣電力公司再生能源發電系統併聯技術要點
- ◎汽電共生併聯技術要點

第 16 期-----92.1

- ◎相平衡電流電驛設定之檢討
- ◎測距電驛與電容型比壓器之問題解析
- ◎以 d-q-o 軸為基礎分析同步電機之轉子動

態響應及保護策略

- ◎GE-DIFC 數位式單相過電流電驛
- ◎電力系統中性點低電阻接地之電阻值探討
- ◎串聯補償線路之測距保護—問題和解決方案
- ◎獨立電力系統合理備轉容量規劃之研究
- ◎一種用於增加安全性維持故障響應性能之改良型變壓器激磁湧入電流抑制演算法
- ◎電力系統保護電驛試驗維護檢測與相關規定
- ◎變壓器絕緣油再生活化處理

第 17 期-----92.7

- ◎50+2 保護電驛在電力系統運轉上的應用現代變電所自動化探討
- ◎應用 Matlab/Simulink 於常閉環路配電系統 IED 保護策略之研究
- ◎輸電線路的最佳守護神—差電流電驛
- ◎電力品質問題探討-電壓驟降
- ◎談竹科電驛二三事
- ◎頻率限制條件下台灣電力系統合理備轉容量調度之研究
- ◎評論非核家園與發展再生能源-兼談風力發電技術開發與應用
- ◎161KV 系統一次配電變電所加入對輸電線路保護運用與計算
- ◎防止匯流排復電時發生全停電事故再發

第 18 期-----93.1

- ◎部分架空部分 XLPE 電纜之超高壓輸電線路
- ◎保護電驛方式探討
- ◎變電所自動化數位式電驛控制連鎖功能 (ABB REF 541 電驛控制連鎖規劃)
- ◎西門子 7SA522 數值型測距電驛簡介
- ◎輸電線路數位電驛應用簡介
- ◎AVR 保護和控制(發電機用)
- ◎特高壓用戶責任分界點
比流器選定與應用及計算
- ◎保護電驛之動態、暫態性能測試
- ◎教學式保護電驛模擬平台在 Matlab/Simulink 下實現

第 19 期-----93.8

- ◎數位式匯流排保護電驛運用技術
- ◎變壓器湧浪電流引起差動保護誤動作之解析
- ◎AMT-3032 事故紀錄示波器之應用
- ◎分析電磁干擾與防治措施
- ◎保護電驛測試儀器 (ISA) 使用及功能介紹
- ◎345KV 輸電線保護電驛汰換為數位式保護電驛介紹
- ◎“後發性”變壓器事故-事故型態介紹

第 20 期-----94.1

- ◎輸電線保護應用於軌道機電系統之保護協調
- ◎談比流器暫態效應及其對保護電驛品質可靠之影響
- ◎微處理型發電機保護電驛 GE/SR489 簡介
- ◎新式 345KV 數位電驛 APT L-PRO 簡介
- ◎內部網路科技應用於電力系統保護
- ◎PROSET 2000 保護電驛標置計算系統研讀心得與感想
- ◎變壓器後發性事故與故障電流之機械應力
- ◎161KV 差電流保護電驛 GRL100 簡介

第 21 期-----94.7

- ◎乙太網路運用於保護電驛系統
- ◎故障紀錄示波器介紹及 FAXTRAX 示波器之應用
- ◎柳營 D/S 161KV GIS 1500 CT-1、2S 相電流值偏低處理探討
- ◎變電站之接地系統與直流系統計算模擬
- ◎淺談 SEL-487B 匯流排保護電驛功能與應用
- ◎推動市場的創意-變電所自動化整合的新時代
- ◎工業界電力系統雙迴路及參迴路自動併聯供電系統與數位式電驛結合通訊架構之應用

第 22 期-----95.2

- ◎匯流排差動保護電驛誤動作原因分析測試系統
- ◎IED 保護電驛之抗突波干擾分析
- ◎二次輸電系統保護電驛原理及標置簡介
- ◎民用航空站 161KV 變電所保護系統與測試
- ◎混合架空與地下電力電纜傳輸線數位測距保護

- ◎同步檢定電驛校核應用探討
- ◎談發電機差流保護

第 23 期-----95.7

- ◎新型數位式變壓器差動保護原理與應用
- ◎Delta-Wye 變壓器與相序之關係
- ◎微處理式變壓器保護電驛 TPU2000R 之簡介
- ◎數位式差動保護電驛之模擬與測試
- ◎161kV 科學園區用戶環路系統線路後衛保護採過流或測距保護電驛之優劣
- ◎高速鐵路諧波抑制策略

第 24 期-----96.1

- ◎開關突破對變壓器之衝擊與防制對策
- ◎以 FPGA 之 SOC 為基礎設計—防止風力發電系統孤島運轉之保護電驛
- ◎保護電驛動態試驗綜論
- ◎風力發電機併網對配電系統電壓閃爍之影響
- ◎特高壓輸電系統保護電驛標置與協調應用
- ◎淺談特殊保護系統 (Special Protection Sytem;SPS)

第 25 期-----96.7

- ◎洞道中超高壓地下電力系統之設計
- ◎電力系統數位式保護電驛應用於工業配電之停電及復電設計方式
- ◎基於小波轉換的高阻抗故障偵測技術
- ◎電力系統保護電驛運審程序及應備妥之相關資料
- ◎漫談「多相自動復閉系統」之應用與概況

第 26 期-----97.1

- ◎台灣澎湖 161KV 海底電纜暫態分析
- ◎台電 345KV 輸電系統電驛數位化後對系統規劃之影響
- ◎談電壓器故障與保護及影響差動異常之動態試驗分析
- ◎特高壓電力變壓器保護使用差動電驛 TPU2000R 之測試應用
- ◎淺談電力市波器與電驛乙太網路之整合應用
- ◎應用注入電流法檢測電力電纜故障點

第 27 期-----97.7

- ◎談新加坡電力電網狀態監測與狀態維修之經驗
- ◎地下電纜系統部份放電試驗與趨勢檢測技術
- ◎保護電驛之認證試驗概述
- ◎數位式匯流排保護電驛對系統穩定度影響分析
- ◎談 2006 大陸電網公司機電事故與保護電驛動作概況讀後觀感

第 28 期-----98.2

- ◎韓國電業變革與電力技術應用之經驗
- ◎油浸式變壓器及串聯電抗器之套管故障
- ◎分析與診斷
- ◎談自適應電壓補償器成功改善馬達啟動
- ◎電壓閃爍之實例分析
- ◎電力系統故障波形 (AMT-3000 型 OSC) 判讀與分析
- ◎簡介巴西應用 DFR 及電驛 CONTRADE 檔案
- ◎評估系統保護成果
- ◎談保護電驛相關問題分析與實例

第 29 期-----98.7

- ◎新世代電網控制技術
- ◎應用全球定位系統於對相試驗及端對端保護電驛測試
- ◎直流電源問題對電驛之影響
- ◎同步發電機特性參數對暫態穩定度之影響
- ◎數位化電驛資訊管理及配合自動化管理策略概論
- ◎輸電線路故障之保護應用技術探討
- ◎日本電力系統推動電驛數位化之經驗談

第 30 期-----99.1

- ◎發電機失磁保護數位模擬與分析
- ◎輸電線路復閉方式之介紹
- ◎變壓器取油檢驗滴油不漏取油閥改善措施
- ◎測距保護特性的標準化
- ◎數位式保護電驛時間同步之探討與應用
- ◎不敗的輸電線路後衛保護-測距電驛

第 31 期-----99.7

- ◎保護電驛乙太網路資料管理系統概說
- ◎分時多工網路的非對稱通信延遲對輸電線路差流電驛之技術探討
- ◎大潭-龍潭紅白線 M2/M3 模式切換開關設計
- ◎輸電線路數位式差電流保護電驛 SEL-311L 邏輯規劃說明
- ◎利用目測法判定示波器波形紀錄有無「次諧波」(Subharmonic)成份
- ◎東芝製數位電驛加入乙太網路系統概說

第 32 期-----100.1

- ◎CT 飽和引起變壓器差動保護誤動作分析
- ◎變壓器差動保護電驛技術及短路試驗探討
- ◎SEL-387 數位式變壓器差動保護電驛工作經驗分享
- ◎融島型電力特殊保護系統(SPS)設計
- ◎從太極拳談養生

第 33 期-----100.7

- ◎輸電線路保護規劃協調維護測試分析
- ◎二次變電所方向性過電流電驛接線方式與電驛汰換工作
- ◎知性之旅-參訪屏東科技大學教育生態校園
- ◎在電驛乙太網路遇上 IEC 61850
- ◎GIS 161 kV 比壓器故障分析
- ◎低壓智慧馬達控制系統(IMCCs)技術探討

第 34 期-----101.2

- ◎69KV 系統之電驛標置協調最佳化實例探討
- ◎數位電驛演算法評估與測試使用 MATLAB/Xpc
- ◎竹科 69KV 第二環路保護系統之探討分析
- ◎數位式斷路器失靈保護電驛汰換技術分析與因應措施
- ◎示波器與故障波形分析實例說明
- ◎電力系統 50+2 自動卸載改善系統運轉有效
- ◎發揮供電穩定

第 35 期-----101.7

- ◎地下線路加壓與停電暫態分析
- ◎綠色能源汽電共生電力系統併聯技術最佳

化探討

- ◎以特徵系統辨識分解傳統電磁型過電流電驛特性
- ◎淺談輸電線路保護電驛簡訊系統
- ◎談古論今話〈易經〉

第 36 期-----102.1

- ◎解析同步發電機並聯條件及案例研討
- ◎69kV 二次系統過電流電驛保護協調實務
- ◎台電東部特殊保護系統簡介
- ◎探討靜態虛功補償器(SVC)之效益
- ◎兩起差動電驛誤動作之原因分析
- ◎淺談低頻卸載
- ◎談新世紀文化創意之使命觀

第 37 期-----102.7

- ◎23 kV 電容器啟斷重燃弧暫態分析
- ◎IEC 61850 通訊協定 GOOSE 功能性研究探討
- ◎數位式匯流排保護電驛 SEL-487B 應用方式介紹
- ◎OSC 連線監視技術
- ◎SEL-387 電驛測試標準值推導過程、結果及 SEL-487E 測試標準值推導結果
- ◎採 DRA 演算法解決既設工廠保護協調曲線相交問題
- ◎數位式變壓器保護電驛 SEL-387 應用技術報告
- ◎古事今談—唐太宗開創貞觀盛世成功之道

第 38 期-----103.1

- ◎數位式多功能保護電驛於 IEC 61850 標準下之實例探討
- ◎澎湖轄區電力系統後衛保護電驛標置協調之研究
- ◎數位式低頻電驛應用於台電電力系統頻率卸載
- ◎降低超高壓變電所 69kV BUS 之短路啟斷容量電驛標置研討
- ◎解析並聯電抗器暫態現象
- ◎談破繭脫困「失落年代」的新思維

第 39 期-----103.8

- ◎淺談本協會註冊圖標 (Logo) 之原創構思
- ◎用戶電驛保護設備基本維護與判讀
- ◎台電 345kV 系統對科學園區電壓驟降影響評估
- ◎台電公司 69kV 輸電線路保護電驛汰換介紹
- ◎匯流排保護與比流器特性分析
- ◎69kV 輸電網路多端輸電線測距保護協調之研究
- ◎數位式方向性過流電驛應用於輸電線之最佳保護協調策略研究

第 40 期-----104.1

- ◎電驛協會紀念 20 周年慶祝大會活動略誌
- ◎69kV 輸電線路保護測距電驛標置自動計算之應用
- ◎地下電纜部分放電應用理論技術
- ◎花東轄區 69kV 輸電線路 POTT 保護建置及使用情形

第 41 期-----104.7

- ◎69kV 輸電線路之保護電驛標置協調原則應用
- ◎以 AMI 結合樓宇電能管理在智慧電網之效益分析
- ◎SEL-487B 電驛用於匯流排自動切換保護之研究
- ◎氣體絕緣變電所絕緣協調概論
- ◎數位式電驛應用於台電公司 161KV 輸電線路保護
- ◎花東轄區 69kV 輸電線路復閉之啟用
- ◎認識大陸「一帶一路、亞投行」新藍圖及因應之道

邀

稿

本會將於 105 年 7 月推出第 43 期專輯

*敬請專家、學者、工程設計師、工程顧問以及維護測試工程技術人員擬允惠賜文稿，內容以實務為主，理論為輔，無論設計、監造、裝置、檢修有關設備或電力系統保護電驛設備知識應用及事故探討與改善對策、心得報告等文稿，均非常歡迎，請以稿紙或磁片交寄，稿費從優。

**歡迎代理銷售、製造之代理商及工程顧問、工廠提供廣告，
以達到直接宣傳、銷售效果**

接洽專線：(02)2362-3993 傳真：(02)2363-0860 聯絡人：陳仁忠

E-mail:relavaso@ms68.hinet.net

全城

技術標誌



安全保障

電力設備檢驗維護管理



※本公司經中華民國電驛協會認證為“甲級保護電驛專業檢測團體”驛協團認證字第零零壹號



※本公司通過 ISO9001:2008 / CNS 12681 認證合格，登錄號碼 UCS-Q-10-119 號

專業服務

- ◆ 施工期間任監造顧問
- ◆ 竣工檢驗、測試、送電
- ◆ 直流耐壓可達360KV
- ◆ 交流耐壓可達300KV, 60Hz, 1200KVA
- ◆ 科學園區環路及汽電廠特殊電驛測試
- ◆ GIS之SF6露點、純度、氣體分析測試
- ◆ 擔任電氣技術負責人
- ◆ 電力設備操作維護管理
- ◆ 電力設備定期檢裝、事故搶修
- ◆ 高、低壓電氣設備改善
- ◆ 用電安全節約用電改善措施
- ◆ 光纖系統及載波微波通信測試

全城電業顧問有限公司

CHUAN CHENG ELECTRICS CANSULTANT CO.,

台北市中正區三元街168號4樓

e-mail: calin@rpower.com.tw

電話: (02) 2332-1234 · 2303-8877 傳真: (02) 2305-9287

中華民國



電驛協會

RELAY ASSOCIATION R.O.C



歡迎加入中華民國電驛協會

本會地址：台北市羅斯福路三段244巷9弄1號2樓
 電話：(02) 2362-3983 FAX：(02) 2363-0860
 郵政劃撥帳號：18417432 劃撥帳戶：中華民國電驛協會
 E-mail: relayaso@ms68.hinet.net
 網址: www.relay.org.tw

服務 技術 專業 分享

ISSN 1809-445X

