

出國報告（出國類別：實習）

研習燃煤火力機組(林口電廠更新擴建計畫)之保護電驛運轉及維護技能

服務機關：台灣電力公司 發電處

姓名職稱：張晉嘉 電機工程監

派赴國家：日本

出國期間：105/10/10~105/10/29

報告日期：105/12/13

出國報告審核表

出國報告名稱：研習燃煤火力機組(林口電廠更新擴建計畫)之保護電驛運轉及維護技能		
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
張晉嘉	電機工程監	發電處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽)	
出國期間：105年10月10日至105年12月29日		報告繳交日期：105年12月13日
出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5..建議具參考價值
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6..送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7..送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8..退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(7) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9..本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) .其他
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：

報告人： _____ 單位： _____ 主管處： _____ 總經理： _____
 主管： _____ 主管： _____ 副總經理： _____

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

研習燃煤火力機組(林口電廠更新擴建計畫)之保護電驛運轉及維護技能

頁數 39 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/ (02) 23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

張晉嘉/台灣電力公司/發電處/電機工程監/02-23666534

出國類別：1 考察2 進修3 研究 4 實習5 其他

出國期間：105 年 10 月 10 日至 105 年 10 月 29 日

出國地區：日本

報告日期：105 年 12 月 13 日

分類號/目：

關鍵詞：保護電驛、Relay、GE、BECKWITH

內容摘要：(二百至三百字)

林口電廠更新擴建計畫規劃設置三部 800MW 高效率超超臨界壓力燃煤機組，為台電目前最大單機容量火力發電機組，由於發電機保護及監控設備上因微處理機及電腦技術的演進與發展，而有長足之進步，保護電驛已跨入數位式電驛之領域，其具有多功能性及資訊與數據系統整合的特點。本次赴日本三菱電機參加林口計畫海外訓練課程「保護電驛與連鎖(Protection relay and interlock)」，學習新機組及其附屬設備之保護電驛功能及維護技能。充分瞭解廠

商之設計規劃概念、安裝、測試、運轉、維護程序理念及相關技術之進展，可對本公司未來新興火力機組之開發規劃及日後運轉維護之技術能力能確實掌握，進而了解裝機和試運轉所可能衍生之問題，俾利本公司掌握新機組運轉維護之核心技術。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://open.nat.gov.tw/reportwork>）

目 錄

壹、研習目的	1
貳、研習過程.....	2
參、研習內容	3
一、林口電廠保護電驛.....	3
二、BECKWITH 保護電驛硬體與軟體.....	21
三、GE 保護電驛硬體與軟體.....	29
肆、心得與建議.....	38

壹、研習目的：

林口電廠更新擴建計畫規劃設置三部 800MW 高效率超超臨界壓力燃煤機組，為台電目前最大單機容量火力發電機組，發電機組及其附屬設備包含許多重要部分，如發電機定子及轉子、勵磁機、自動電壓調整器、變壓器等，當機組運轉發生異常時，需要靠保護電驛儘速將故障區域隔離排除，使發電機組免於遭受重大損傷，造成長期性停機營運損失，引起系統供電危機，完善且穩靠的保護電驛規劃與裝置可增進運轉安全。

本次赴日本三菱電機參加林口計畫海外訓練課程「保護電驛與連鎖 (protection relay and interlock)」，學習新機組及其附屬設備之保護電驛功能及維護技能，充分瞭解廠商之設計規劃概念、安裝、測試、運轉、維護程序理念及相關技術之進展，並對本公司未來新興火力機組之開發規劃，日後運轉維護之技術能力能確實掌握，進而了解裝機和試運轉所可能衍生之問題，俾利本公司掌握新機組運轉維護之核心技術。

數位保護電驛具有動作快速、保護精準、體積小節省空間及完整的事務紀錄、遠端通信、彈性的邏輯規劃及功能整合、自我故障偵測能力及建置成本低等優勢，在應用上已取代傳統電磁式電驛。本次訓練可詳細了解機組數位保護電驛之動作原理，藉由操作保護電驛規劃軟體，了解保護電驛如何設定及維護，有助於提升維護人員自主檢修能力，縮短故障排除時間。

貳、研習過程：

本次出國為研習林口電廠更新擴建計畫之保護電驛運轉及維護技能，研習內容為發電機保護電驛與連鎖(Protection relay and interlock)，時間自 105 年 10 月 10 日至 105 年 10 月 29 日共 20 日，主要針對林口發電機組保護電驛作介紹，包含設計圖面、設定計算書、電驛硬體及軟體操作及功能測試等，行程及工作紀要如下：

日期	起訖地點	實習內容
105 年 10 月 10 日	台北－關西機場－神戶	往程
105 年 10 月 11 日～ 105 年 10 月 15 日	神戶三菱電機	林口電廠保護電驛及連鎖圖資研習
105 年 10 月 16 日～ 105 年 10 月 22 日	神戶三菱電機	BECKWITH 保護電驛操作及維護研習
105 年 10 月 23 日～ 105 年 10 月 28 日	神戶三菱電機	GE 保護電驛操作及維護研習
105 年 10 月 29 日	神戶－關西機場－台北	返程

參、研習內容：

數位保護電驛整合保護、控制、通訊及事件紀錄等多項功能，因其技術發展已成熟，且具有多項優勢，已廣泛應用於發電機及電力系統保護。林口電廠新建機組發電機保護即採用了新式的數位保護電驛，不僅在規畫及維護上具有方便性，在事故發生時電驛紀錄的事件資料及分析軟體可協助分析肇因，縮短故障排除及檢修時間。

一、林口電廠保護電驛：

林口電廠新機組發電機保護電驛 DPR1 為 Beckwith 所生產的 M-3425A 及 DPR2 為 GE 所生產的 G60 整合型保護電驛(如圖 1-1)，勵磁變壓器保護 DPR3 為 Beckwith 所生產的 M-3311A 保護電驛，在發電機到開關廠的保護區間(Overall protection relay)DPR4 採用 GE 所生產的 T35 電驛(如圖 1-2)，以上電驛具有監控及設備介面整合與事件紀錄及波型紀錄等功能。發電機保護採用兩套不同廠牌電驛，雖增加維護複雜度，但可避免發生同樣問題之盲點，設計上 Beckwith 與 GE 公司的兩套電驛互相備援(Redundant)，提升保護安全性，以達到確實保護機組功能。

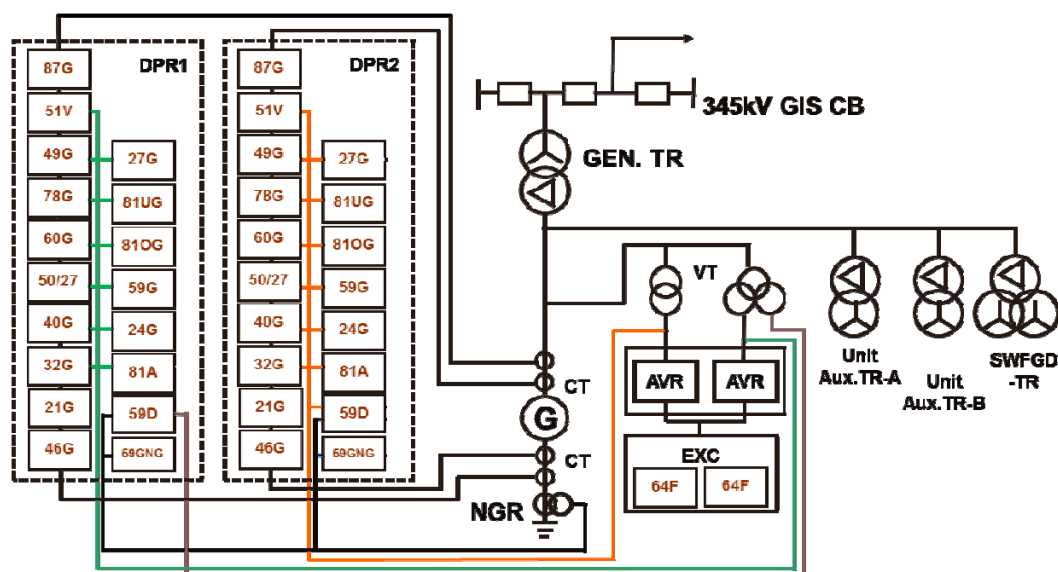


圖 1-1 發電機保護電驛單線圖

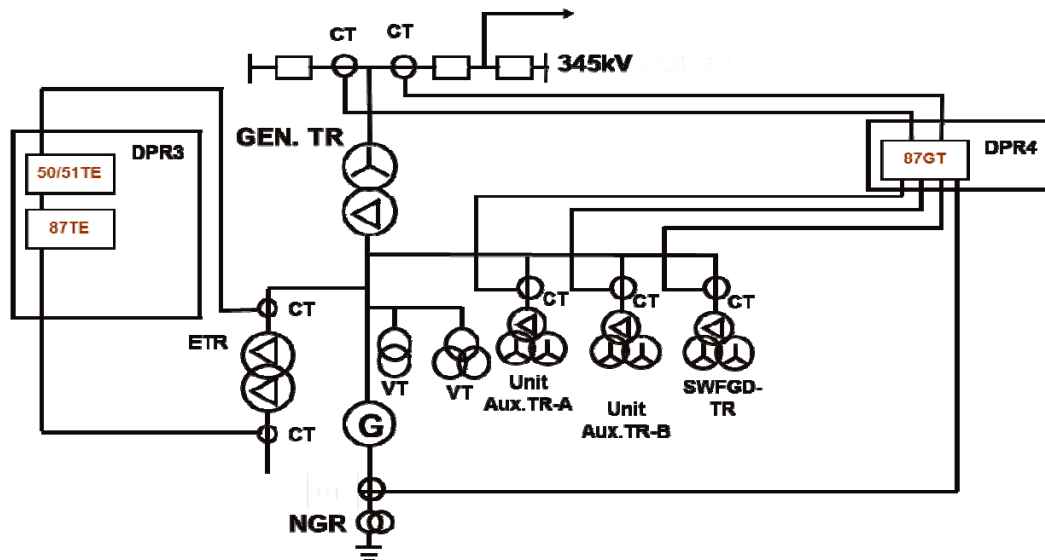


圖 1-2 勵磁變壓器及整體保護電驛單線圖

發電機與變壓器在不同運轉狀態及不同故障類別下須採用不同的運轉限制及保護，以下就 Bechwith 及 GE 整合式保護電驛應用於林口電廠新機組中之主要電驛功能作介紹。

(一)、21G：Phase distance Relay

當發電機外部之線路故障時，為避免故長時間故障電流損壞發電機，由發電機中性點比流器及發電機輸出端比壓器供給訊號至測距電驛 21G，提供此故障保護。主要提供相間保護，一般包含二~三個區間，測距保護需與系統保護作時間協調。21G 偵測比壓器至故障點的阻抗值 Z ， Z 值表示故障距離，並與設定的阻抗值 Z_s 比較，若 Z 小於 Z_s 表示 21G 的保護範圍內發生故障，送信號跳脫發電機(如圖 1-3)。

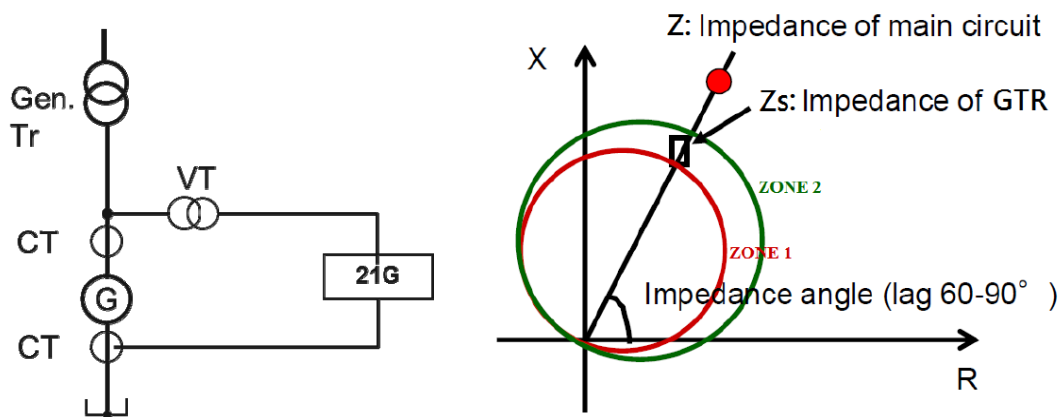


圖 1-3 21G Relay 接線圖及特性阻抗圖

阻抗 $Z = V/I = R + jX$

Zone 1(under reach)：偵測升壓變壓器低壓側繞組故障。

Zone 2(over reach)：偵測升壓變壓器高壓側繞組故障。

當 Z 位於圓圈外部 21G 不動作， Z 位於圓圈內部 21G 動作、一般做為升壓變壓器保護電驛之後衛保護。

(二)、發電機定子繞組接地故障保護

發電機定子繞組的接地故障，絕大部分是由絕緣劣化所引起，可能最先由匝間短路再引發接地故障，或直接發生接地故障。當發電機定子發生接地故障時，中性點接地方式被此故障旁通，而形成一定子直接接地的機組，若再發生第二點接地故障時，接地故障電流將會大於其三相短路電流，可能燒損繞組，因此第一次接地故障時即須加以保護跳脫機組。

發電機中性點接地方式一般有四種分別為：1.高阻抗接地 2.低電阻接地 3.電抗接地 4.接地變壓器接地。一般同步發電機的零相序電抗通常小於正相序和負相序電抗，因此發電機定子單相接地時，故障電流會較發生三相短路故障時高，故其中性點多採用高阻抗接地，依 IEEE Std. C37.10 IEEE Guide for Generator Ground Protection：5.1 Method I High-resistance grounded，最大單相接地故障電流須限制在 3 至 25 安培，一般設計將故障電流抑制於 10A 之內，以降低定子線圈及鐵心受損機率。本公司大型火力機組大多採用高阻抗接地，接地方式為將發電機中性點經由一單相變壓器接地，變壓器二次側通常為 480 V 或 240 V，接上一個可容大電流之低電阻，再拼接一個電壓電驛，由變壓器一次側換算之等效電阻為變壓器匝比之平方再乘以該電阻值，形成高阻抗接地，此種方式單相接地故障電流約在 10A 以內，由並接之電壓電驛作故障偵測，說明如下：

(A)59GNG：Gen. Ground Fault Overvoltage Relay

發電機高阻抗接地，定子接地故障保護為電阻負載搭配一變壓器及時間延遲過電壓電驛，在單相接地故障時，會產生基頻零序過電壓，讓 59GNG 電驛動作，跳脫機組並隔離事故。若單相接地故障點接近發電機中性點(5%內)，此時基頻(60Hz)零序電壓將非常小，尤其是在中性點接地時，屬平衡性接地故障，不會產生過電壓情形，故障無法偵測出，致 59GNG 無法動作(如圖 1-4)，因此一般 59GNG 保護範圍僅能涵蓋發電機定子從輸出端往中性點處 90%~95%之接地故障保護(如圖 1-5)，所以必須另外搭配其他電驛，才能達成 100%發電機定子接地故障保護。

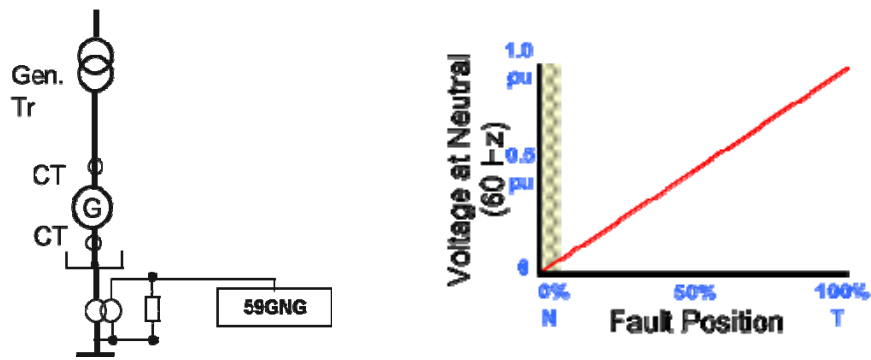


圖 1-4 59 GNG Relay 及定子接地故障中性點電壓

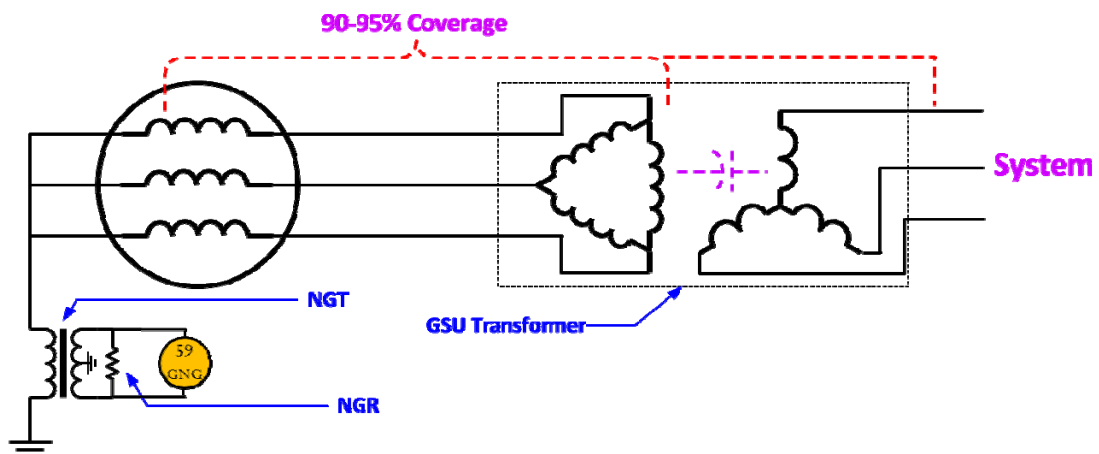


圖 1-5 59 GNG Relay 接線圖

(B) 59D : Third Harmonic Voltage Differential Relay

一般在系統正常狀況下，發電機運轉於有載時，發電機輸出端及中性點處均會有相當程度之三次諧波(180Hz)電壓存在，且其電壓大小會隨負載大小而改變(如圖

1-6)，且此三次諧波電壓比例相當穩定。以 59D 電驛比較發電機中性點及輸出端的三次諧波電壓比值，當定子接地故障發生時中性點處之三次諧波電壓減小，將破壞此平衡造成 59D 差動電驛動作，可用來保護發電機中性點起算 15% 定子線圈接地故障(如圖 1-7)，但無法保護定子繞組 50% 附近之接地故障，59GNG 與 59D 組合可達到 100% 發電機定子繞組接地保護，林口新機組以此種方式保護。

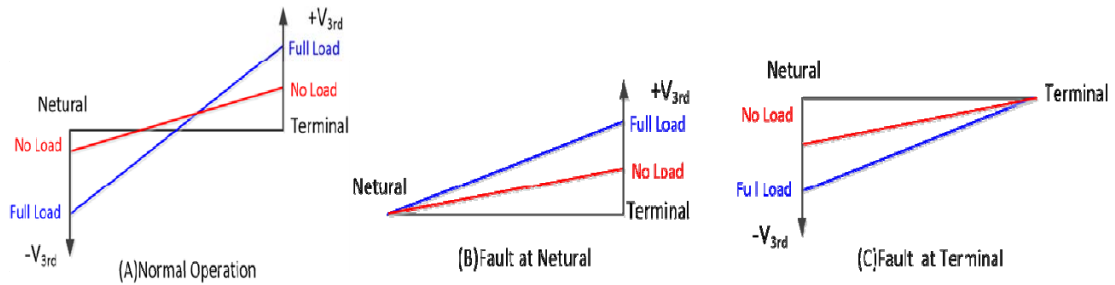


圖 1-6 發電機定子不同情況下三次諧波大小

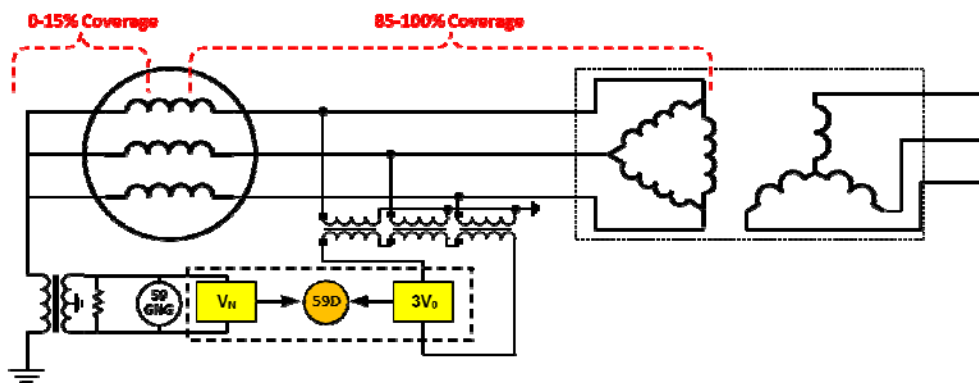


圖 1-7 59D Relay 接線

「註」：發電機 100% 定子接地故障保護除了 59GNG+59D 外另有其他方式：

(1) 27TN：Third Harmonic Under voltage Ground Fault Relay

當發電機正常運轉時，27TN 電驛偵測發電機中性點三次諧波電壓，當發電機定子發生接地事故時，發電機中性點處之三次諧波電壓將減小，造成 27TN 電驛動作。由於三次諧波值一般不大約 0.8~8V，且與機組負載相關，因此機組試運轉測試期間需量測其三次諧波背景值，以作為偵測三次諧波電壓消失基準，達成接近中性點處發生接地故障之保護(如圖 1-8)，大林更新計畫機組採用此種保護方式。

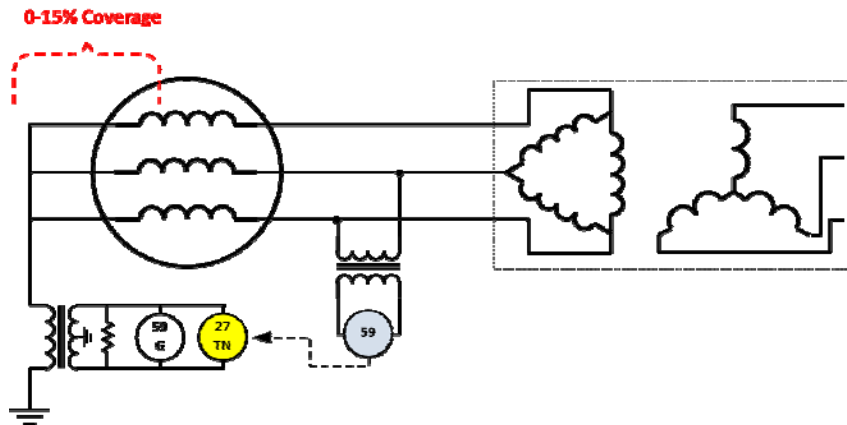


圖 1-8 27TN Relay 接線圖

(2) 64S : Sub Harmonic Voltage Stator Ground Fault Relay

64S 保護方式為透過一個耦合濾波器注入次諧波(20Hz)電壓信號到發電機中性點接地變壓器之二次側，正常運轉時此次諧波信號在發電機定子繞組及對地之並聯分佈電容迴路中循環，20Hz 信號不會流經 CT 進到 64S 電驛，當發電機定子繞組發生接地故障時，並聯電容被短路，64S 測到之次諧波電流將增大造成電驛動作(如圖 1-9、1-10)。優點為不偵測三次諧波電壓因此與負載無關，在機組並聯前未建立電壓階段即可發揮保護功能，單一電驛即可達成高阻抗接地發電機之 100% 定子接地保護。缺點為需增加耦合濾波器(Coupling Filter)及電壓注入設備(Voltage Injector)，增加建置及維護成本與設備發生故障風險，通霄更新計畫機組採用此種保護方式。

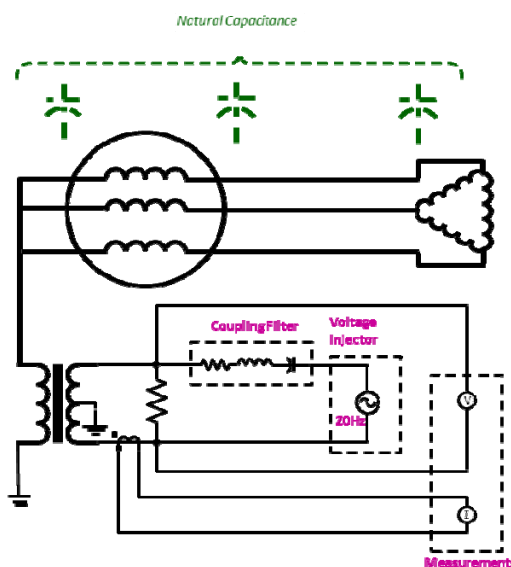


圖 1-9 次諧波注入定子接地故障保護

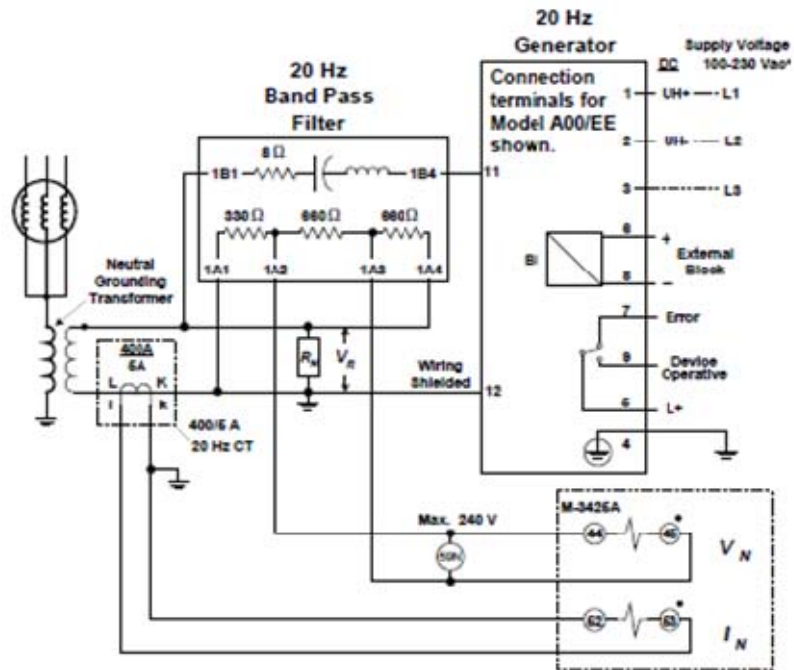


圖 1-10 64S Relay 接線圖

各種發電機定子接地故障保護電驛保護範圍如圖 1-11

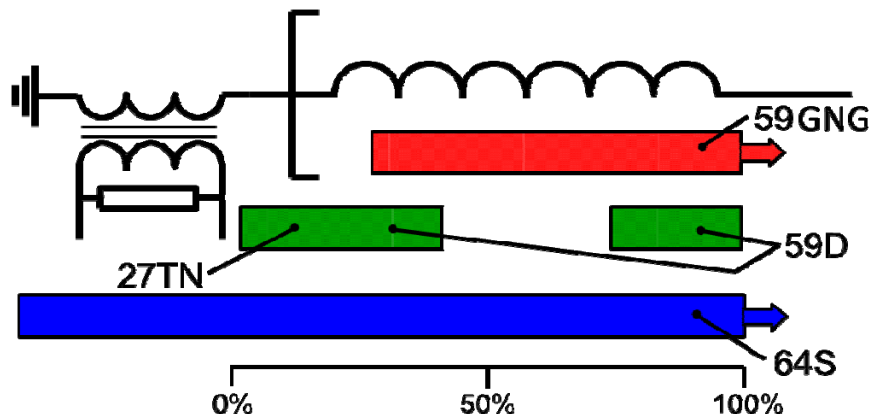


圖 1-11 發電機定子接地電驛保護範圍

(三)、46G：Negative Phase Sequence Overcurrent Relay

當發電機外部發生不平衡故障時，發電機定子發生負相序電流，對轉子產生一逆相旋轉磁場，以同步速度相反方向切割轉子。此一反轉磁通在轉子本體、槽楔、扣環及阻尼線圈感應產生兩倍系統頻率之電流，會導致轉子表面過熱，定子線圈局部過熱及振動等現象。過熱程度視不平衡電流的大小及時間而定。這些熱量必須限制在一定的範圍內，當過熱能量達到轉子材料不能承受時，將造成嚴重

損壞。須考慮負序電流發生的時間及不平衡電流大小，以負相序反時間電流電驛(46G)保護，發電機 46G 保護特性分為兩段，第一段警報，第二段跳脫(如圖 1-12)。

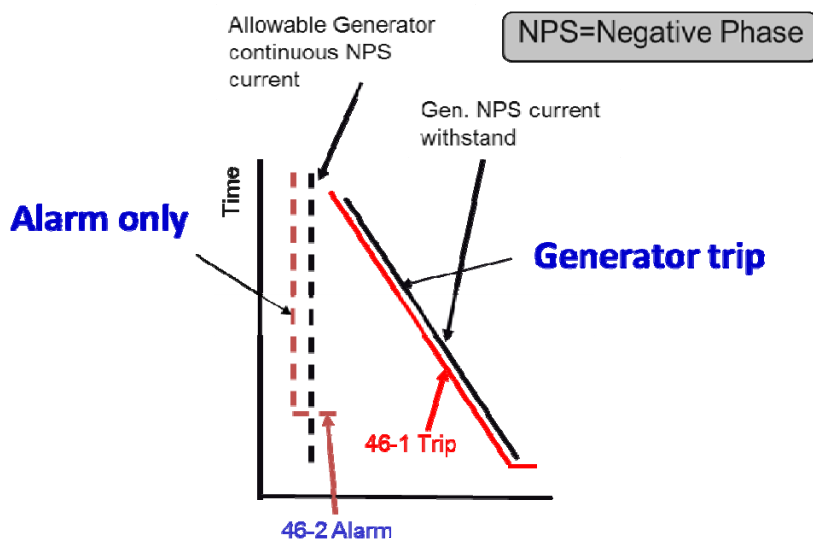


圖 1-12 46G Relay 動作特性曲線

(四)、78G：Out of Step Relay

當電力系統發生擾動後能恢復正常運轉的極限為電力系統的穩定度，若發生干擾擺動無法穩定，造成失步時即需跳脫以保護發電機組。當電廠機組與變電所間之功率角(Power Angle)達 90 度時，可傳輸最大功率；但當功率角大於 90 度時，會發生不穩定造成失步，可能使得機組受損或系統不穩定崩潰之連鎖效應。一般運轉功率角約 30~40 度左右，以獲得適當之安全餘裕，可利用電力系統等面積法則分析電力搖擺現象(如圖 1-13)。

發生失步時發電機與系統阻抗值變大，以 78G 電驛可檢測發電機與其所連接電源系統發生失步之狀況，長距離或重負載的線路一般使用遮蔽線(blinder)在負載阻抗區內限制測距電驛保護範圍，避免在重負載電流下誤動作，遮蔽線在電驛設計上為兩個以正負無窮大為半徑的對稱圓(如圖 1-14)。為避免比壓器保險絲故障而造成誤動作，78G 需與 60G 電驛邏輯連鎖。

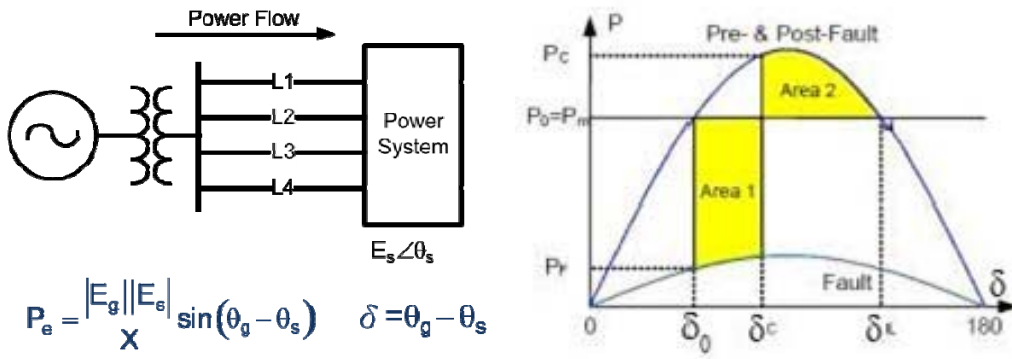


圖 1-13 電力系統穩定度等面積法則圖

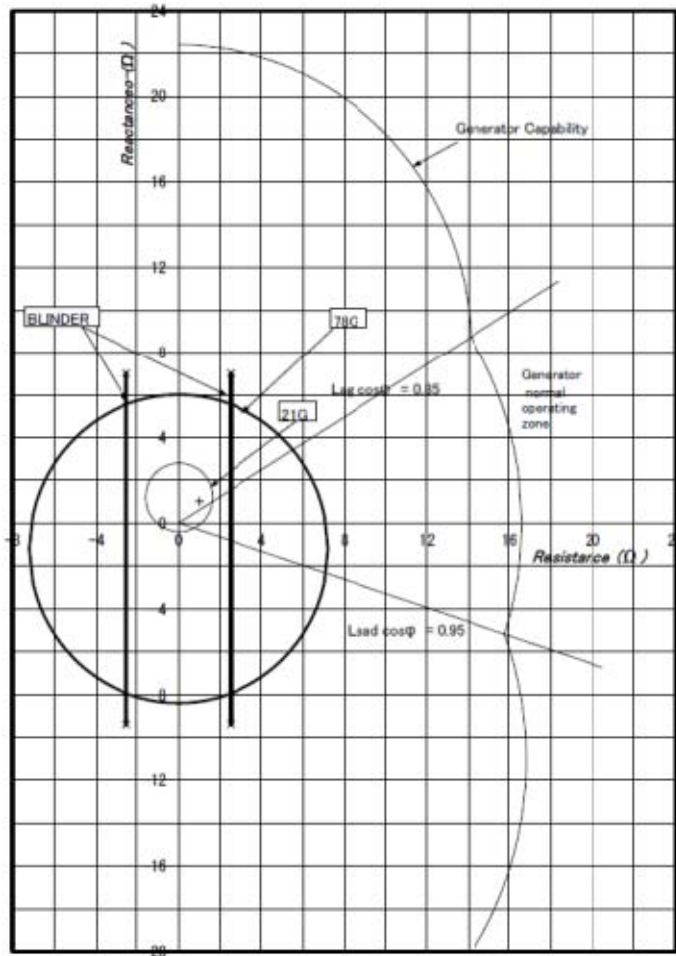


圖 1-14 78G Relay 動作特性曲線

(五)、81UG/81OG : Under/Over Frequency Relay

系統異常故障清除時，若發生系統過度卸載或跳脫過多電源，瞬間會對發電機產生過載或輕載情形，可能會使發電機運轉處於異常頻率(超頻或低頻)狀

態，如下說明：

1. 發生高頻運轉通常因系統負載過度卸載，使得系統發電量大於負載量所造成，此時磁通密度(V/Hz)值會變小，對機組影響較小，但亦可能造成機組超速問題，運轉限制通常由機組振動條件決定。
2. 發生低頻通運轉常因系統之大型機組跳機或系統主要幹線跳脫，使得系統負載量大於發電量，會造成磁通密度增加過激磁現象，會有溫升問題。且頻率可能與機組發生共振頻率響應，使得振動增加。

汽輪機葉片之設計是在某一固定頻率之範圍內可安全且有效率之運轉，高於或低於固定頻率之運轉，會導致葉片之共振及低壓汽機葉片之金屬疲勞，尤其需注意大型長葉片之發電機組在非額定頻率運轉過久所引發共振疲乏問題，因此頻率過高或過低之偏頻運轉，會嚴重損害汽輪機與氣渦輪機，對機組造成不良影響，此超／低頻電驛(81UG/81OG)可用於異常頻率運轉保護。汽輪機在非額定頻率之運轉條件，不同的設計有不同的限制條件，且影響具有累積效應，典型機組異常頻運轉限制(如圖 1-15)，林口機組頻率運轉限制及電驛設定如表 1-1。

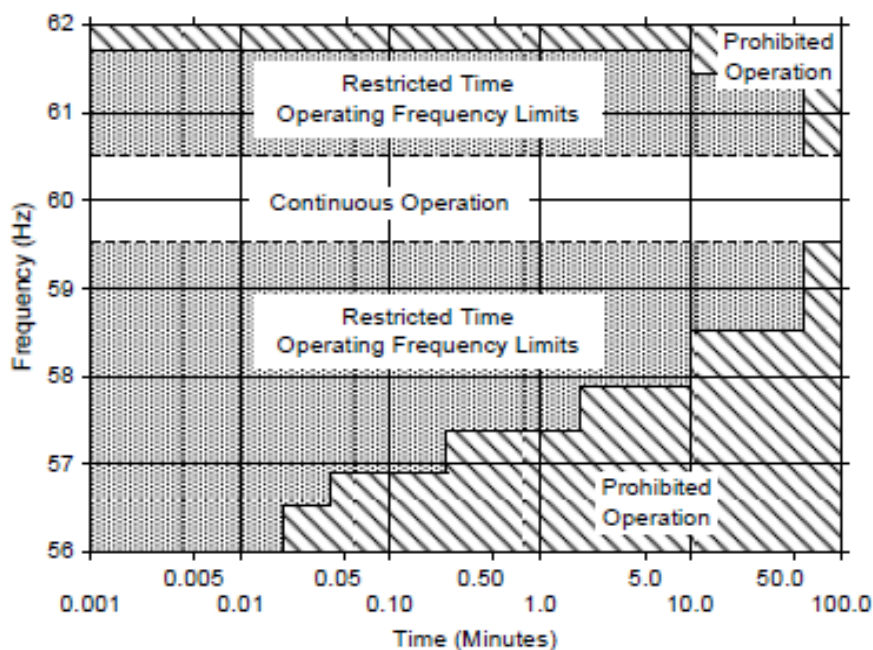


圖 1-15 典型機組異常頻運轉限制

表 1-1 頻率運轉限制及電驛設定

頻率範圍	運轉限制	Device	Output	Pickup (Hz)	Delay (cycles)
61.5~58Hz	可連續運轉	81OG(#2)	Trip	62	180
58~57Hz	15 秒(900 cycle)	81OG(#1)	Alarm	61.5	6
57Hz 以下	3 秒(180 cycle)	81UG(#1)	Alarm	58	6
61.5~62Hz	15 秒(900 cycle)	81UG(#2)	Trip	57	180
62Hz 以上	3 秒(180 cycle)				

(六)、24G : Gen. Over Excitation Relay (V/Hz)

根據 $V=K\phi f$ ， $\phi=k(V/f)$ 鐵心疊片的溫度設計是根據允許通過的磁通量 ϕ 而設計，當發電機電壓頻率比(V/Hz)過大時，會發生發電機鐵心飽和及過激磁現象，可能造成鐵心疊片溫度高出設計值而熔燬。此電驛保護特性分為兩段，第一段警報，第二段跳脫(如圖 1-16)。

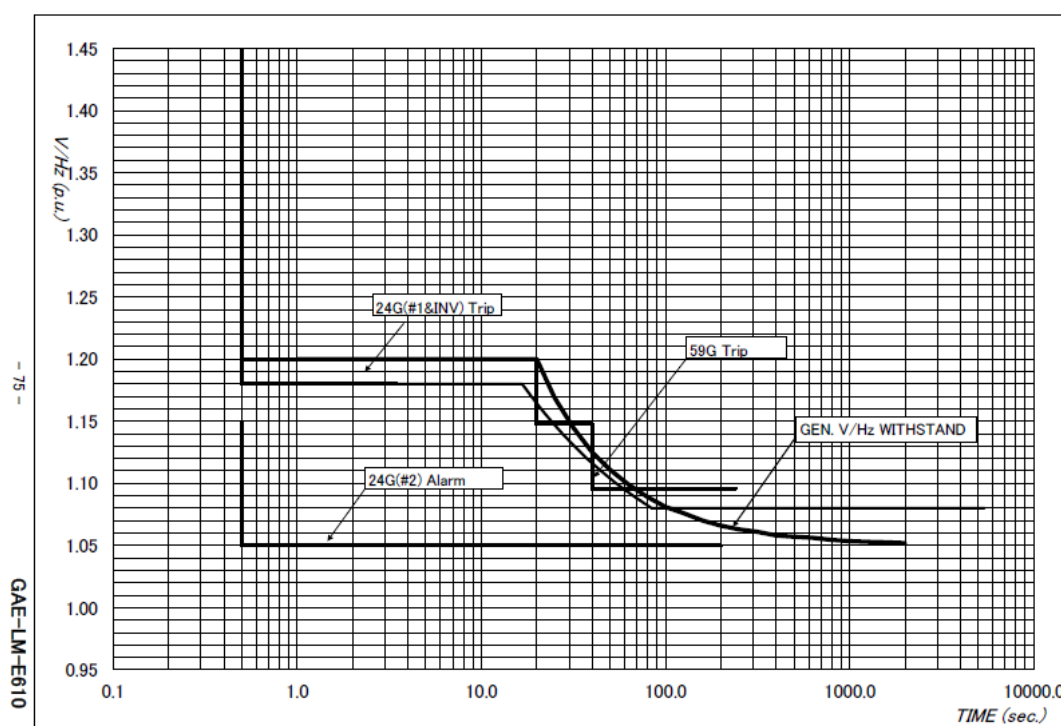


圖 1-16 24G Relay 動作特性曲線

(七)、27G : Under Voltage Relay

發電機並聯後，低電壓電驛開始偵測(設定 95%額定電壓)，在長期低電壓狀態下會造成發電機及輔機過載而過熱，此電驛可保護發電機與其輔助設備，具有

時間延遲設定(如圖 1-17)。

(八)、59G : Phase Over Voltage Relay

當自動電壓調整器(AVR)故障等因素，導致發電機電壓過高，鐵心會過激磁，磁路局部因過熱可能發生異常或造成故障。當發電機卸載時轉數會提升 V/Hz 變小因此 24 Ry 不會動作，所以過電壓電驛可作為 24 Ry 的後衛保護，其動作設定值應高於發電機最大額定電壓(1.05 P.U.) (如圖 1-17)，且其時間延遲設定應考慮不因發電機降載造成的電壓升而動作。

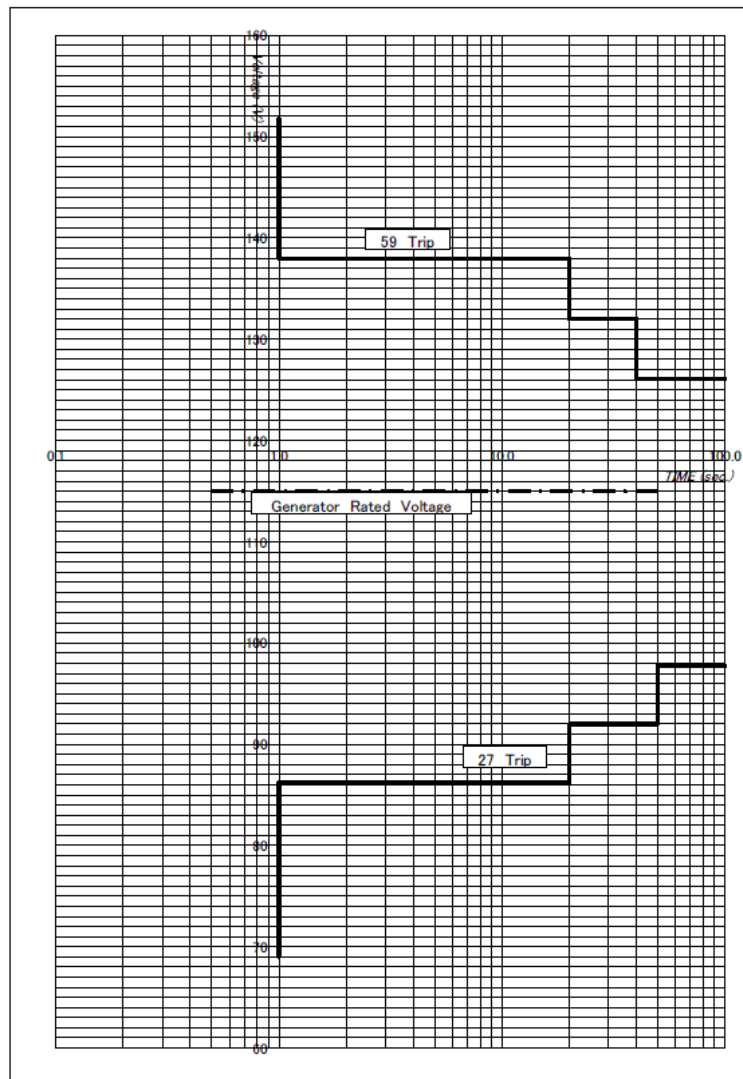


圖 1-17 27G 與 59G Relay 動作特性曲線

(九)、51V : SYSTEM PHASE FAULT RELAY

依據電流大小與曲線選擇延遲動作時間，標置設定為發電機額定電流的150%~200%，需與下游保護協調，此電壓限制型保護電驛一般作為後衛保護(如圖 1-18)。

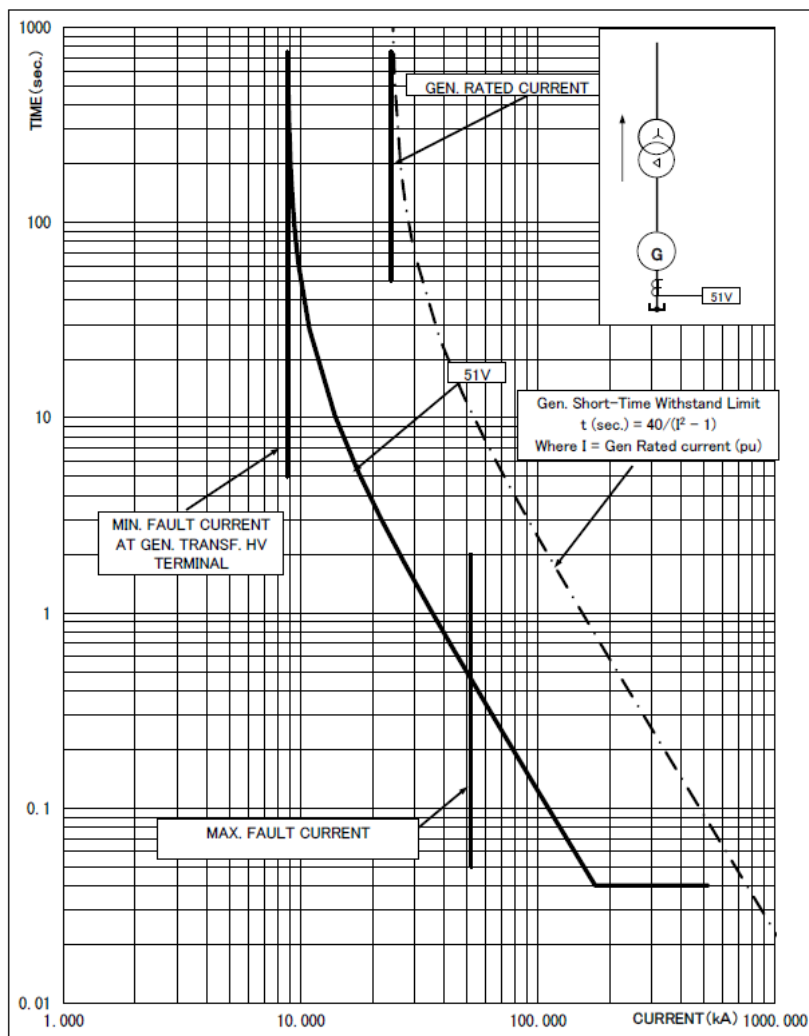


圖 1-18 51V Relay 動作特性曲線

(十)、49G : Stator Overload Relay

發電機運轉於額定容量內，頻率及電壓變化率在5%內可正常運轉，若在特殊情況下，須在短時間內超出額定輸出能力運轉，定子將產生過熱現象，受限於定子繞組之熱極限如圖 1-19 紅色曲線所示，為了保護發電機電流在允許值範圍內運作，49G 電驛第一階段時發出警報，並在第二階段跳脫(如圖 1-20)。

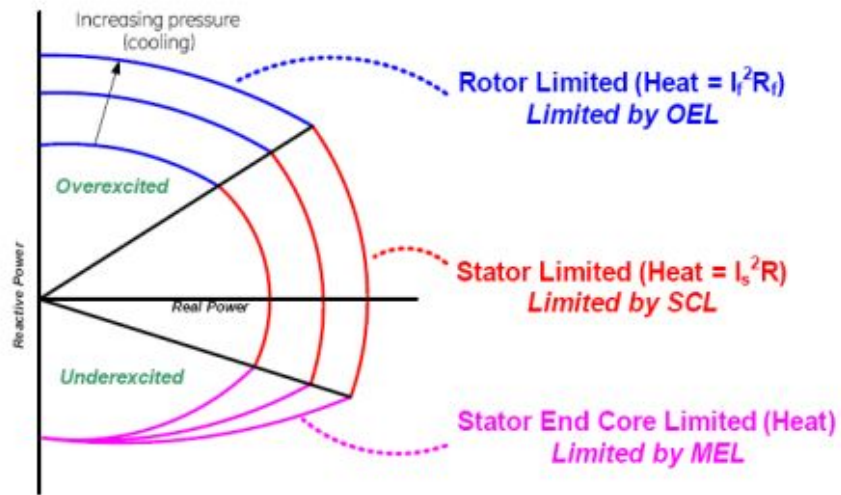


圖 1-19 發電機組運轉容量曲線圖

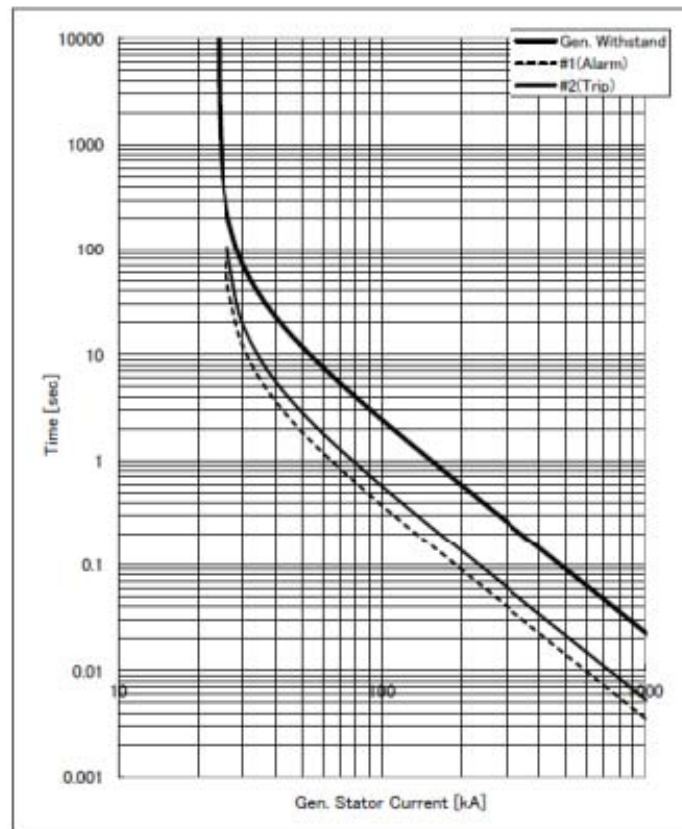


圖 1-20 49G Relay 動作特性曲線

(十一)、32G : Reverse Power Relay

當發電機組原動機失去動力時或動力過小無法驅動並聯中發電機發電運轉，發電機會轉變為馬達運轉，此時發電機將以同步馬達方式運作並帶動汽輪

機，馬達運轉時原動機因無推動原動機之介質(蒸汽)，汽輪機之動葉片與靜葉片因膨脹係數不同及無冷卻介質下會造成碰觸摩擦危險及汽機過熱、葉片損壞等，尤以低壓汽機最易發生。以逆電力電驛(32G)偵測到逆功率大於設定值，方向與設定相同時動作，且須在汽輪機被馬達驅動運轉的容許時間範圍內跳脫，因此須加上動作時間設定。

機組當汽輪機發生問題時，並不直接跳脫發電機，而是由發電機失去原動機之驅動力而吸收系統之有效電力，此時以逆電力電驛(32 RY)動作跳脫機組(如圖 1-22)，其目的在避免汽輪機超速。

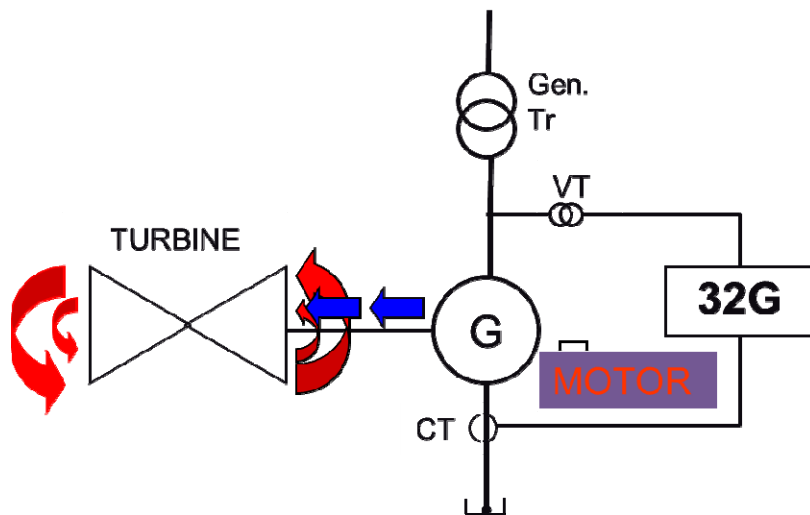


圖 1-21 32G Relay 接線圖

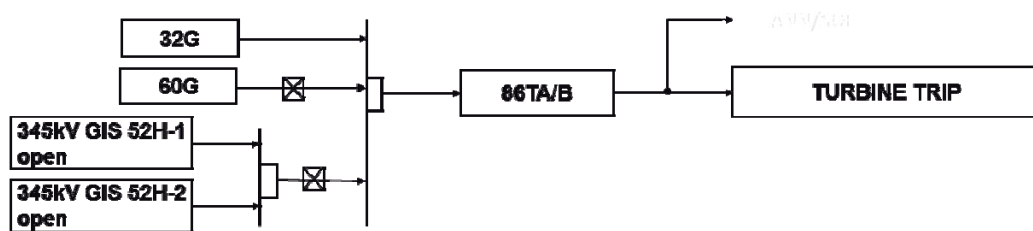


圖 1-22 32G Relay 保護邏輯

(十二)、40G : Loss of Excitation Relay

發電機運轉中磁場斷路器跳脫、磁場迴路開路或短路、電壓調整系統故障等因素，會造成發電機失磁。發生失磁現象時對機組及系統均有嚴重影響，發電機因失去磁場而變成類似感應機運轉，轉子亦將因轉差而感應過高電流，造成溫度

上升，發電機發生運轉不穩定、失步及其他異常狀況。且機組將自系統吸收大量無效功率，使得鄰近區域電壓降低，系統須有足夠虛功率供應能力，嚴重者系統電壓崩潰，影響系統穩定。發電機發生失磁會有下列三種現象，a.電壓降低 b.無效功率反向 c.由外部看發電機阻抗降低，以失磁電驛(40Ry)偵測阻抗方式保護，採用兩階段失磁保護(如圖 1-23)。

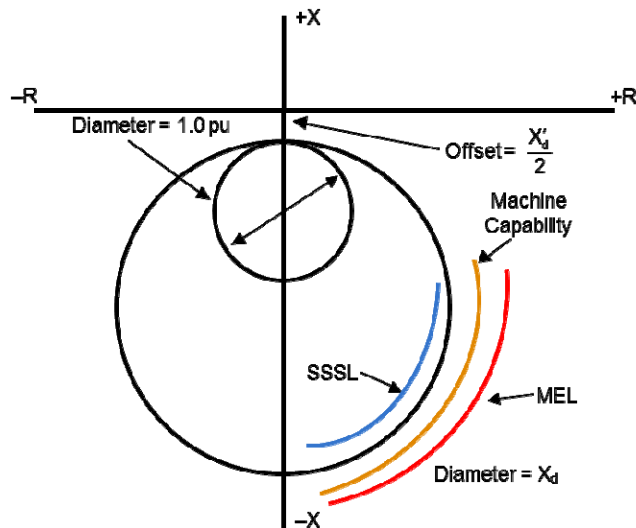


圖 1-23 40G Relay 發電機失磁保護

(十三)、60G : VT Fuse Loss Relay

比壓器為保護電驛重要之信號來源之一，通常以 FUSE 作保護，當任一組比壓器之 FUSE 開斷時，保護電驛會送出 ALARM 及邏輯信號連鎖相關電驛，因 FUSE 失效比壓器無法測得正確電壓信號，因此有電壓信號輸入之電驛須將 60G 電驛信號加入連鎖邏輯中，以防止比壓器之 FUSE 開斷時，保護電驛誤動作(如圖 1-25)。

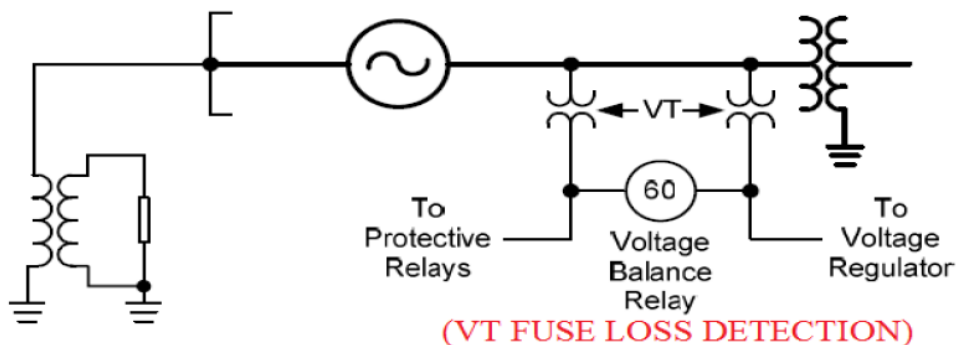


圖 1-24 60G Relay 接線圖

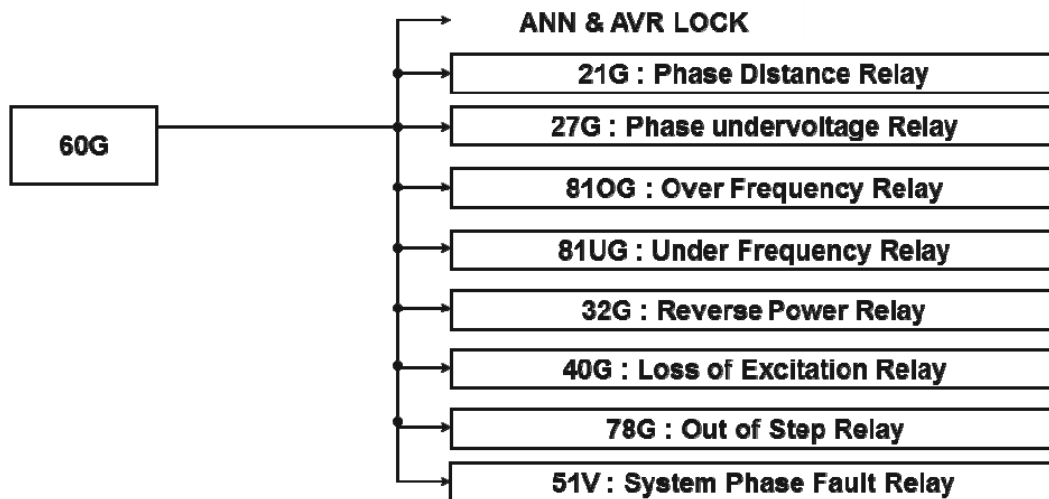


圖 1-25 60G Relay 與相關 Relay 動作連鎖

(十四) 、 50/27 : Inadvertent Energization Relay

當機組於停機或啟動期間，因人員誤操作、開關設備控制電路異常或斷路器閃絡等原因，使得機組在離線時自系統非預期加壓，特別可能發生於輸出以高壓斷路器連接至環形匯流排或一個半匯流排配置之大型發電機，除可能導致人員傷亡外，發電機會如同感應電動機一樣加速，原動機成為機械負載。如不立即將外加電壓切離，會發生機械扭力振盪及轉子電流驟增過熱等狀況，並在短時間內造成重大損害。

既有之測距、不平衡電流偵測或逆電力電驛保護，反應速度均太慢，因此以欠壓加過流(50+27)來快速動作加以保護，(50/27G)是由發電機端監控過電流，機組解聯則欠壓元件 27G 動作，當開關設備誤投入過電流產生則立即跳脫斷路器；反之若機組正常升壓加入系統，欠壓元件不會動作，其保護邏輯圖如圖 1-26 所示。

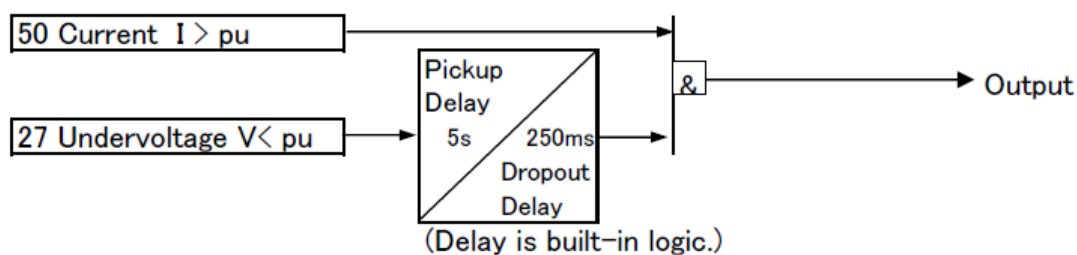


圖 1-26 50/27 Relay 保護邏輯

(十五)、發電機跳脫、汽機跳脫及整體跳脫連鎖(如圖 1-25)：

表 1-2 保護電驛跳脫規劃

Relay Unit No	Description	Device No.	Alarm	Lock-out relay		
				86G*	86T*	86U*
DPR1&2	PHASE DISTANCE	21G			○	
	GENERATOR OVER EXCITATION(V/Hz)	24G	○	○		
	UNDER VOLTAGE RELAY	27G		○		
	REVERSE POWER	32G		○	○	
	LOSS OF FIELD	40G			○	
	NEGATIVE PHASE SEQUENCE OVERCURRENT	46G	○	○		
	STATOR OVFR LOAD	49G	○	○		
	INADVERTENT ENERGIZING	50/27G		○		
	SYSTEM PHASE FAULT RELAY (VOLTAGE RESTRAIN)	51V			○	
	THIRD HARMONICS VOLTAGE DIFFERENTIAL RATIO	59D			○	
	PHASE OVERVOLTAGE	59G		○		
	GENERATOR GROUND FAULT(95%)	59NGG				○
	VI FUSE LOSS	60G	○			
	OUT OF STEP	78G		○		
	FREQUENCY ACCUMULATION	81A	○			
UNDER/OVER FREQUENCY	81UG/OG	○		○		
GENERATOR PHASE DIFFERENTIAL	87G				○	
DPR3	FTR HV SIDE INSTANTANEOUS / PHASE OVERCURRENT	50TF/51TF				○
	CTR PHASE DIFFERENTIAL	87TC				○
DPR4	OVERALL DIFFERENTIAL	87GI				○
(FXC)	ROTOR GROUND FAULT	64F	○			

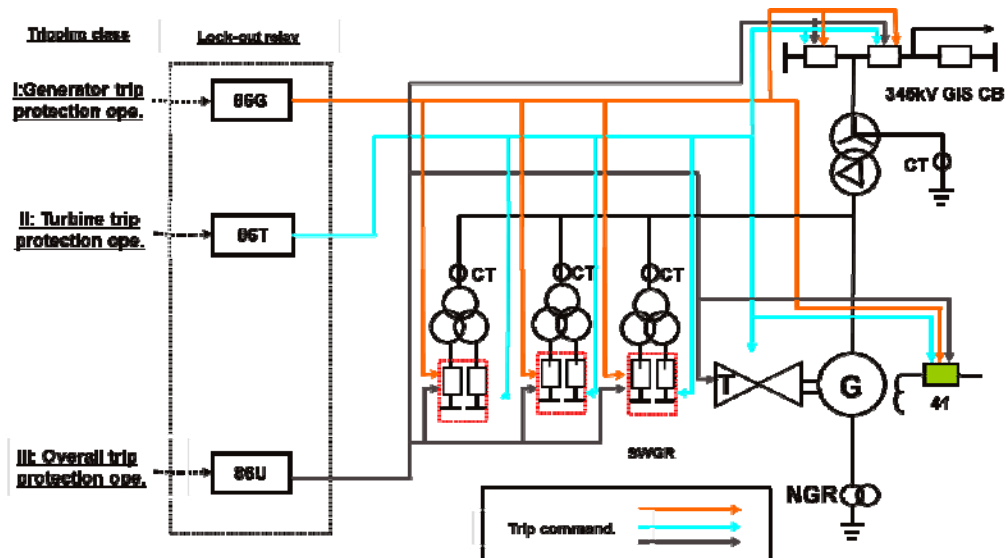


圖 1-27 Lock-out Relay(86)跳脫流程

二、BECKWITH 保護電驛硬體與軟體：

(一)、BECKWITH 保護電驛介紹：

BECKWITH 的數位式發電機保護電驛是全功能型的電驛，單只電驛即可涵蓋所有發電機內部故障、系統後衛保護及發電機不正常運轉偵測及保護，故可適用於任何容量之發電機，林口電廠使用的 BECKWITH 保護電驛為 M-3425A 發電機保護電驛及 M-3311A 勵磁變壓器保護電驛，通霄及大林更新計畫新機組與大潭發電廠之發電機亦採用該型之保護電驛。。

BECKWITH 電驛連線與控制軟體為 IPScom S-3400，提供方便的設定與控制方式，可由設定總表上的各個保護功能圖控項目，點選個別功能直接進行參數設定，以下就 M-3425A 電驛作介紹。

(二)、M-3425A 操作介面及架構：

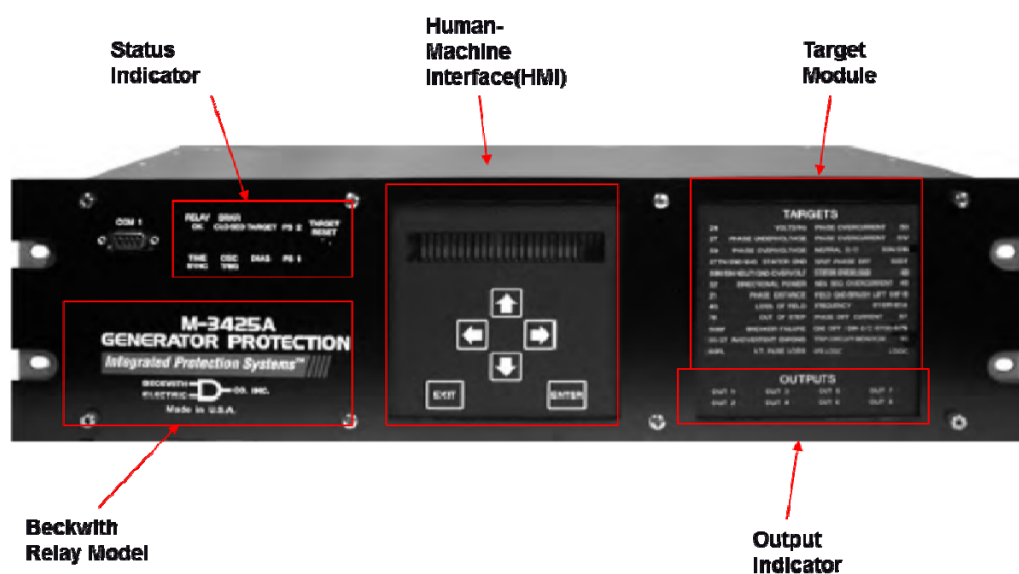


圖 2-1 M-3425A 正面操作介面

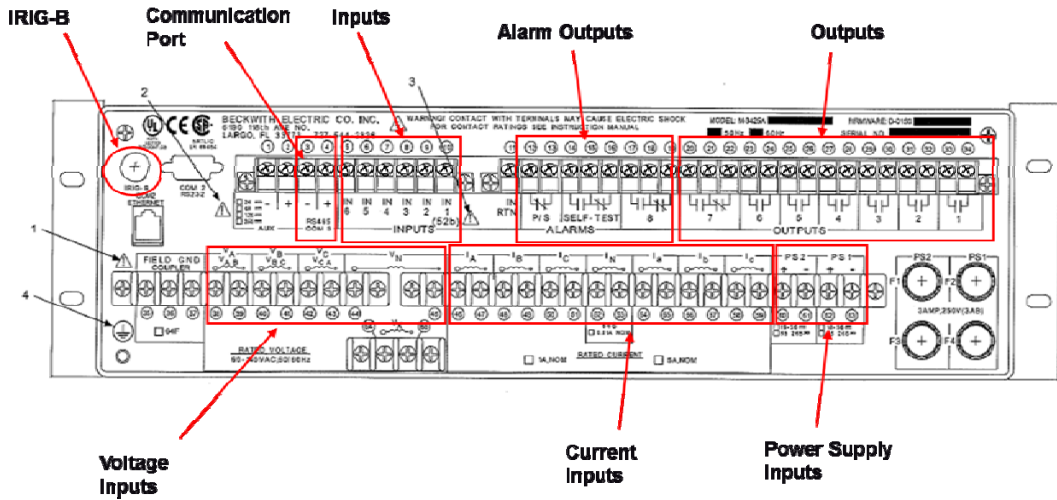


圖 2-2 M-3425A 背面接點端子

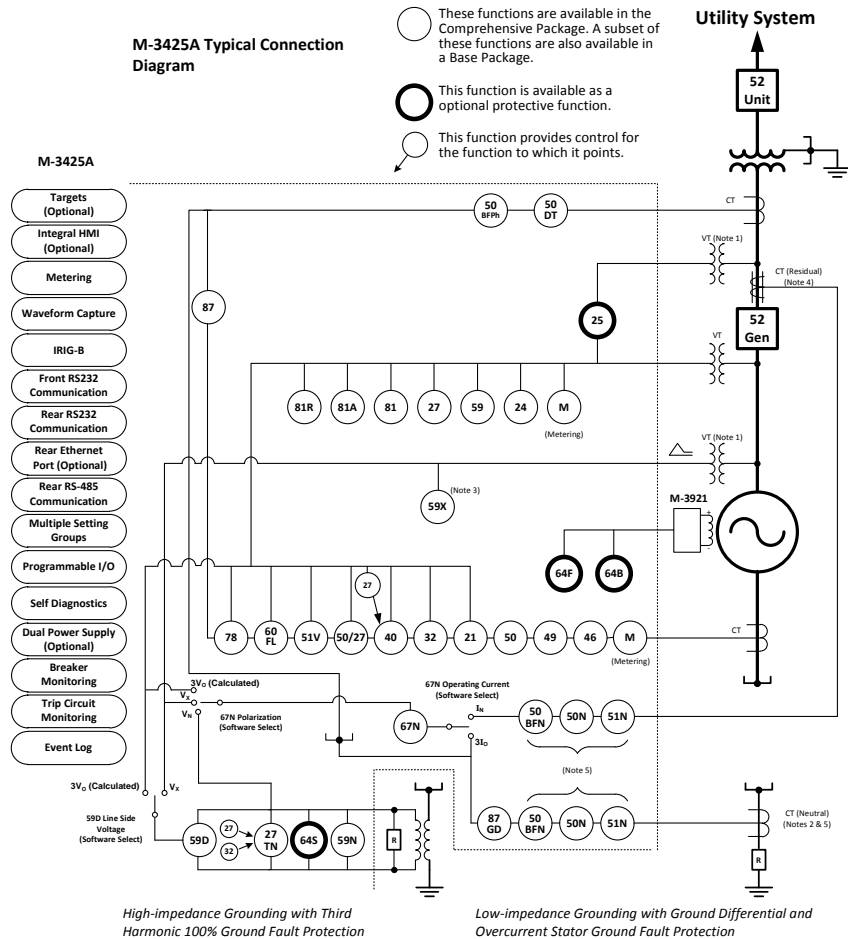


圖 2-3 M-3425A 電驛單線圖

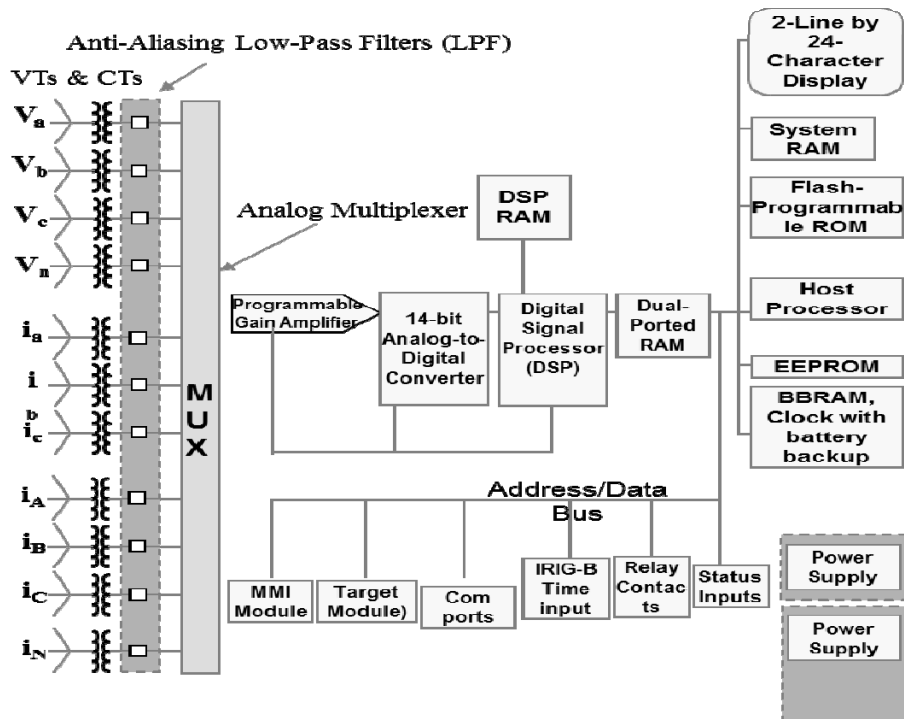


圖 2-4 BECKWITH 保護電驛架構

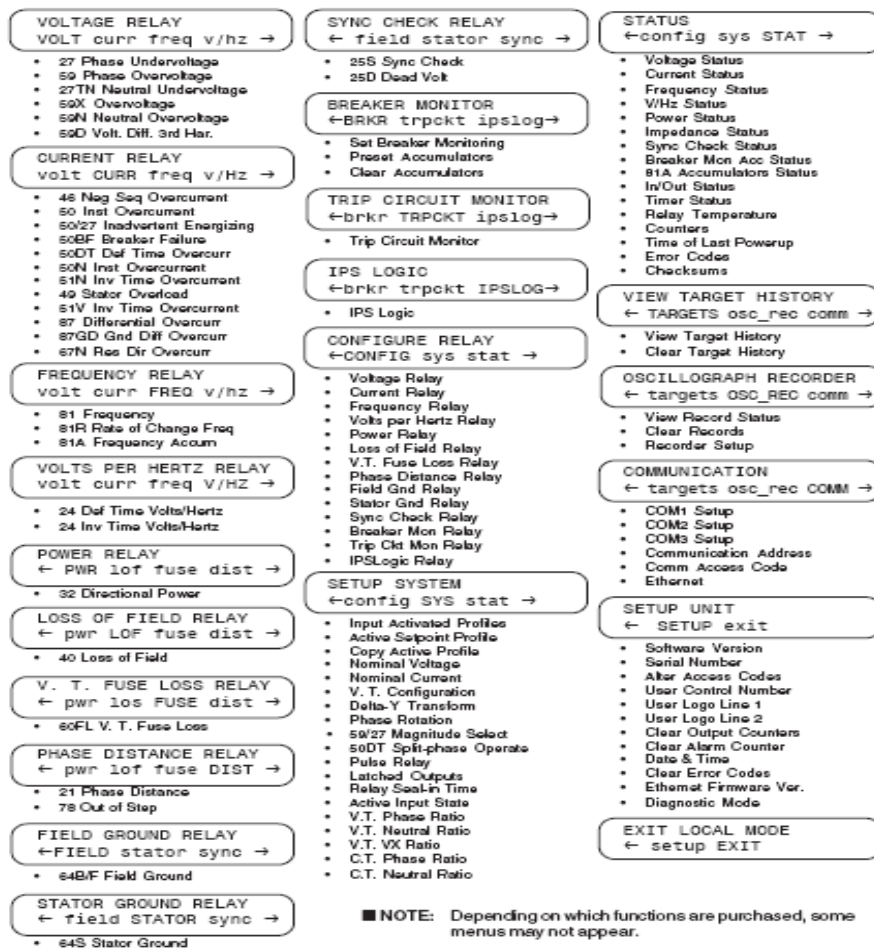


圖 2-5 Beckwith 電驛人機介面模組選單

(三)、電驛連線軟體：

Beckwith 電驛連線軟體為 IPScm S-3400，該電驛支援以下通訊模式 RS232、RS485 串列通信埠(Serial Port)、網路(TCP/IP)、數據機(Modem)，將控制軟體與電驛連線。IPScm S-3400 軟體的設定與控制方式極為便捷，可由選單中進行系統及各參數設定，包含 Setup(設定系統電壓、電流、CT、VT、電驛功能、設備本身等)、Targets 目標、Sequence of Events 事件紀錄、Oscillography 波形紀錄器、Profile 數據圖表、寫資料到電驛、從電驛讀資料等(如圖 2-6、2-7)。

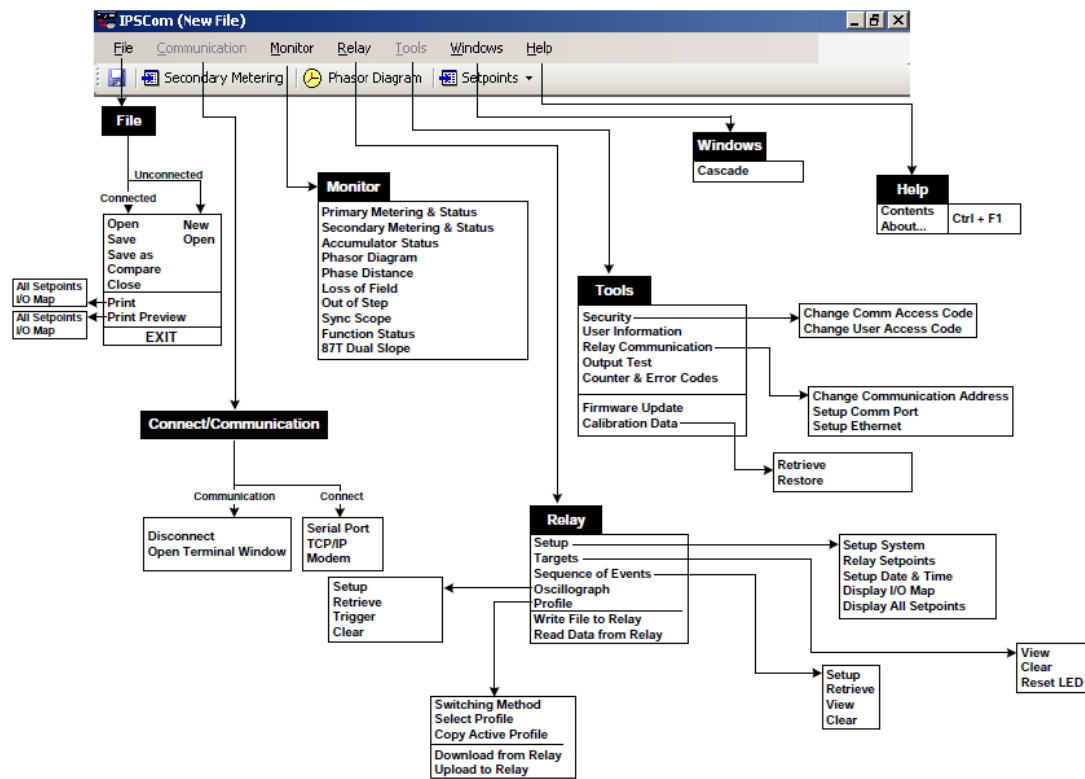


圖 2-6 IPScm S-3400 軟體總表



圖 2-7 設定功能選單

(四)、系統及電驛設定：

連線後軟體能能提供電驛一次側與二次側狀態監視、電流與電壓的相序圖、系統阻抗圖、並進行 CT/PT 匝比、相序、接線方式的參數設定(如圖 2-8、2-9)，系統參數設定後可進行電驛參數設定並規劃電驛輸出與輸出接點(如圖 2-10、2-11)。

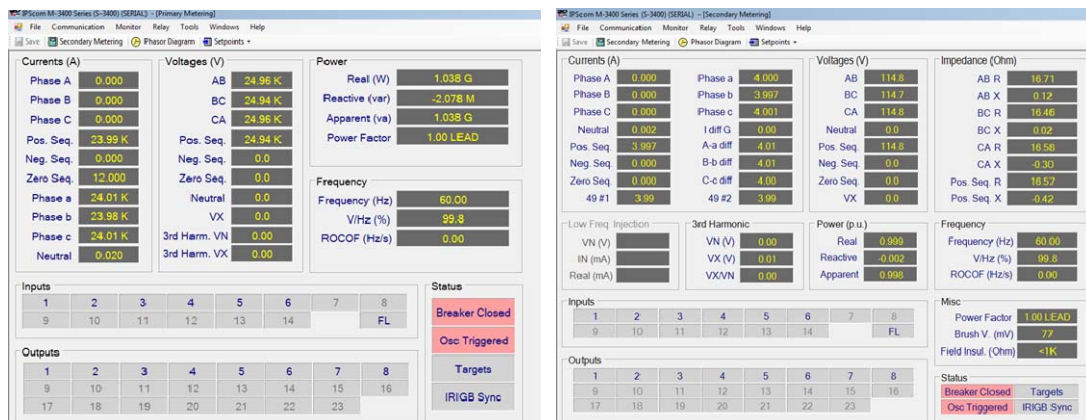


圖 2-8 電驛一次與二次側電壓電流狀態

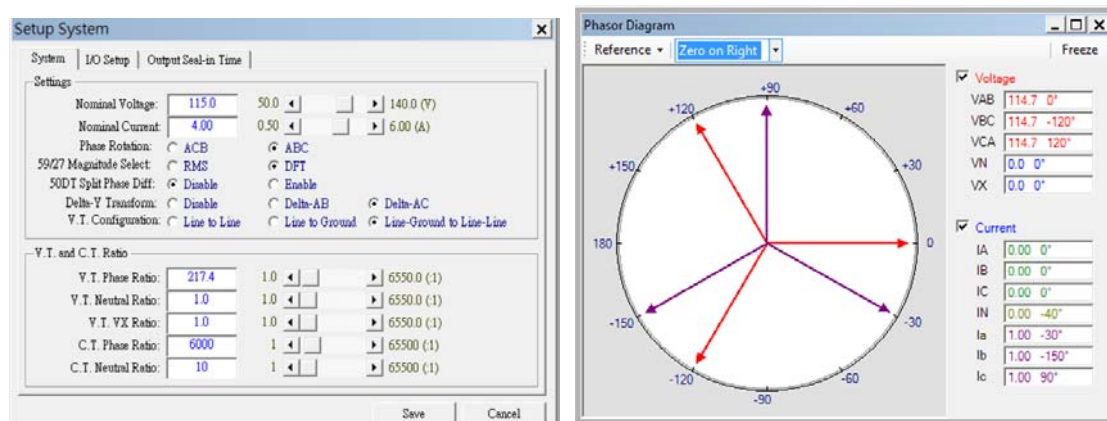


圖 2-9 系統設定選單及系統向量圖

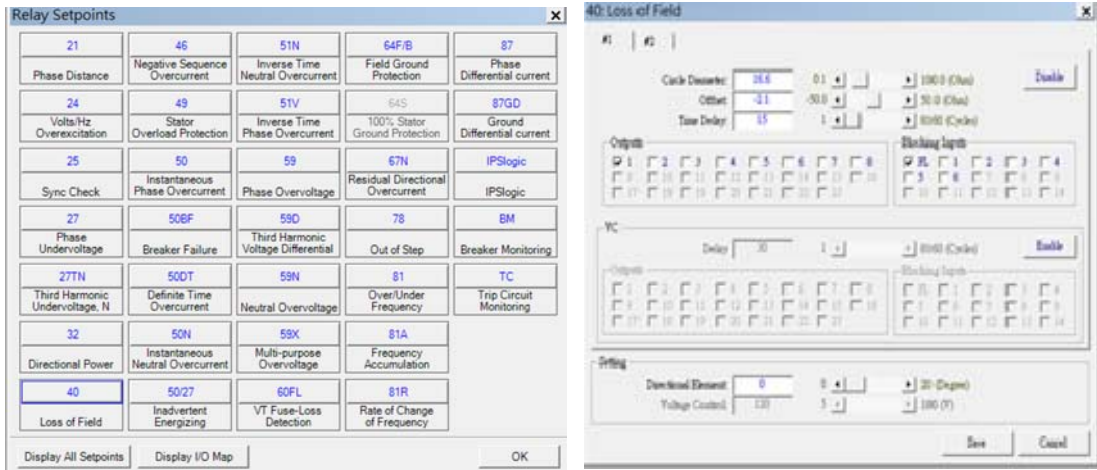


圖 2-10 電驛設定總表及參數設定

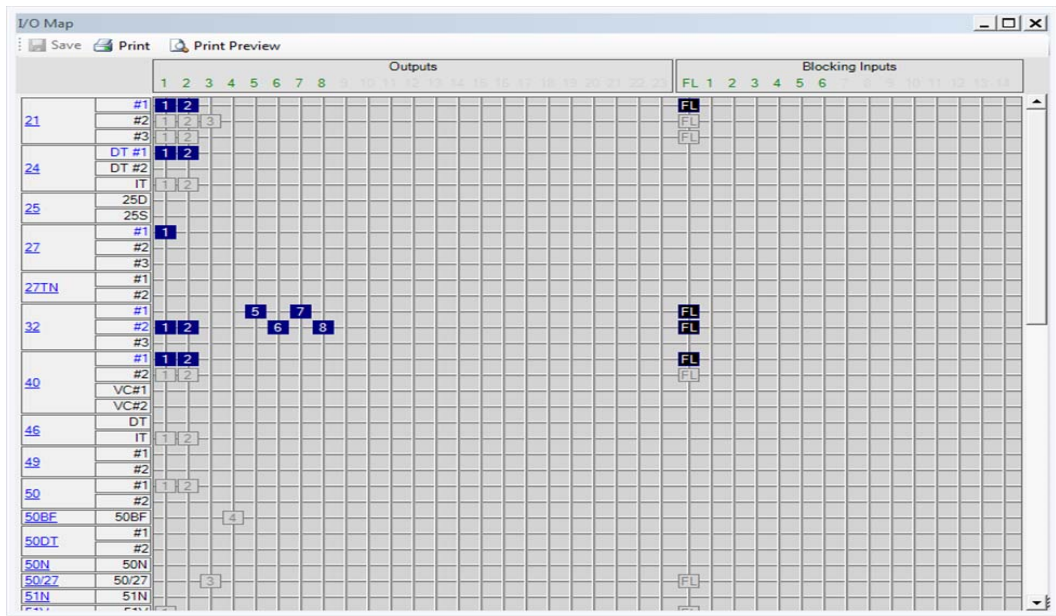


圖 2-11 電驛輸出與輸出接點規劃表

(五)、電驛測試：輸入電壓、電流、頻率及角度信號測試電驛功能及跳脫信號，並檢視事件紀錄(SOE)及波形紀錄，如下圖。

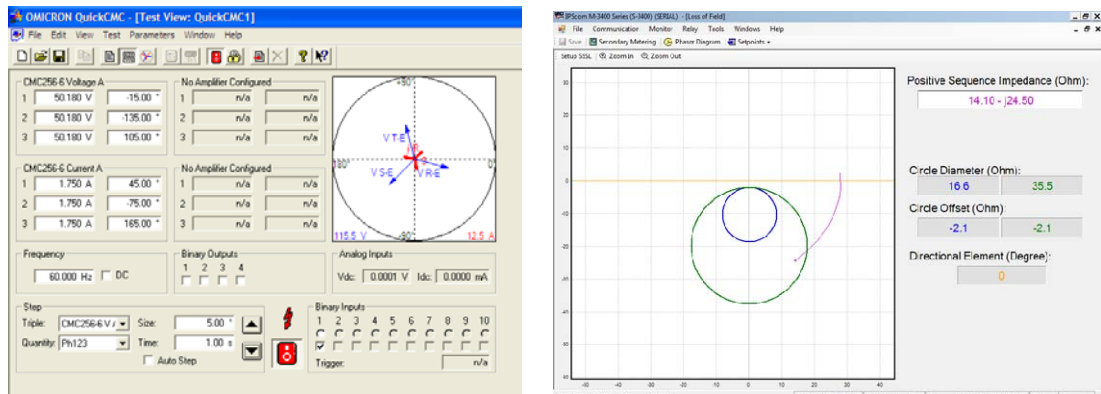


圖 2-12 電驛測試及 40Ry 阻抗圖

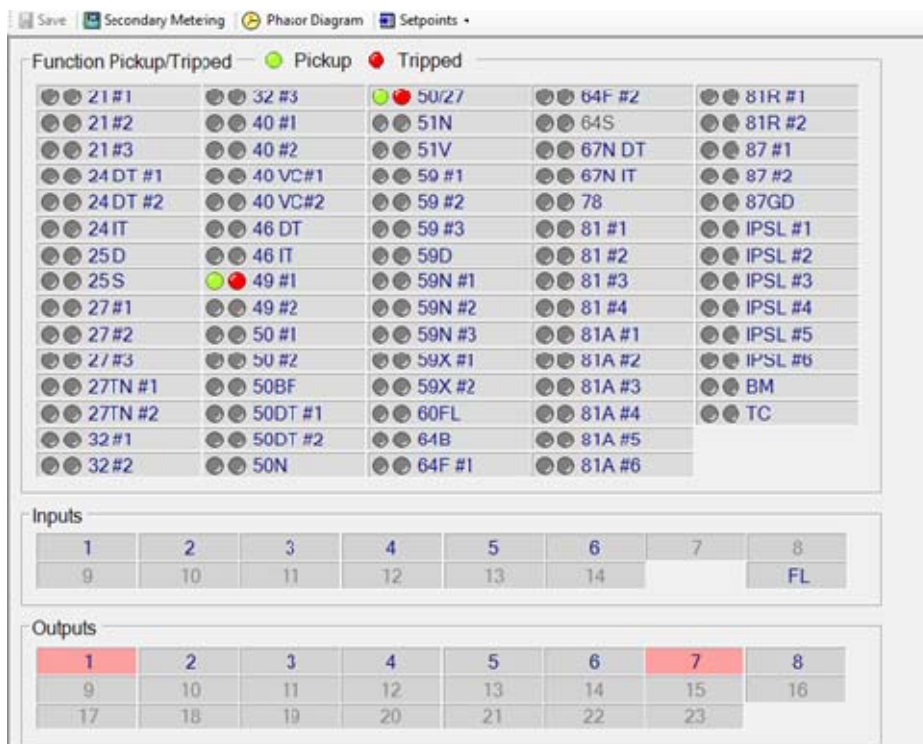


圖 2-13 電驛輸出狀態顯示總表

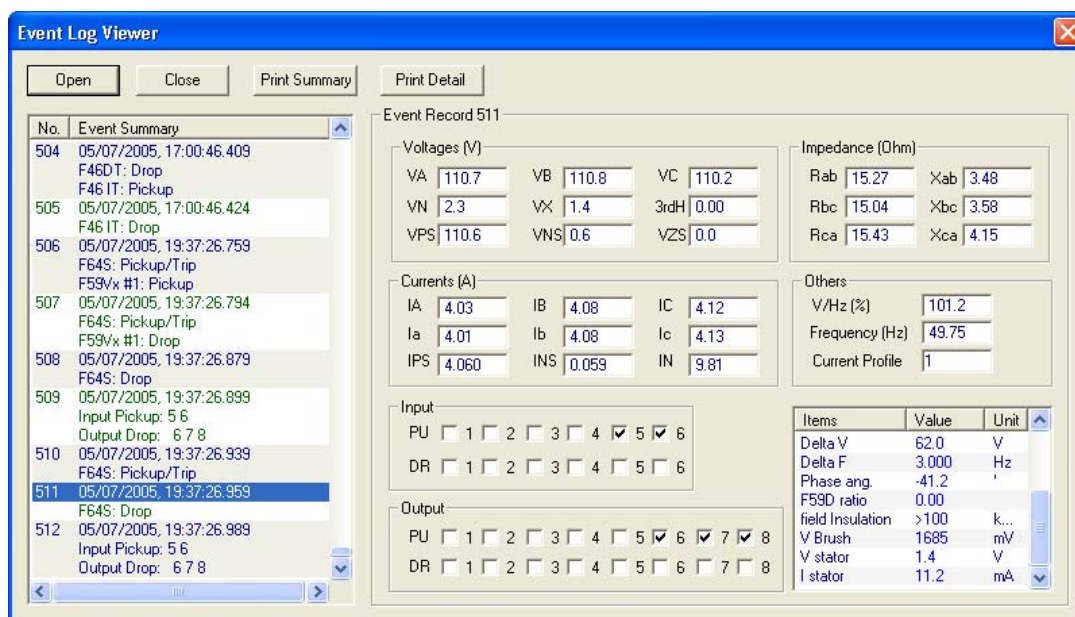


圖 2-14 SOE 總覽

(六)、波形紀錄器 Oscillograph Record 及分析軟體 IPSplot :

波形紀錄器 Oscillograph Record 設定包含 Partition、Post Trigger Delay、Trigger Inputs 四個項目(如圖 2-15),事件波形紀錄於 IPScom S-3400 中進行設定存檔後,

以 IPSplot pluse 電驛事故波形分析軟體開啟進行分析，IPSplot(pluse)，可顯示設備故障時由電驛所測得知相關電壓、電流值及波形圖，亦可分解為各相序成分、諧波…等，可供作事故分析(如圖 2-16)。

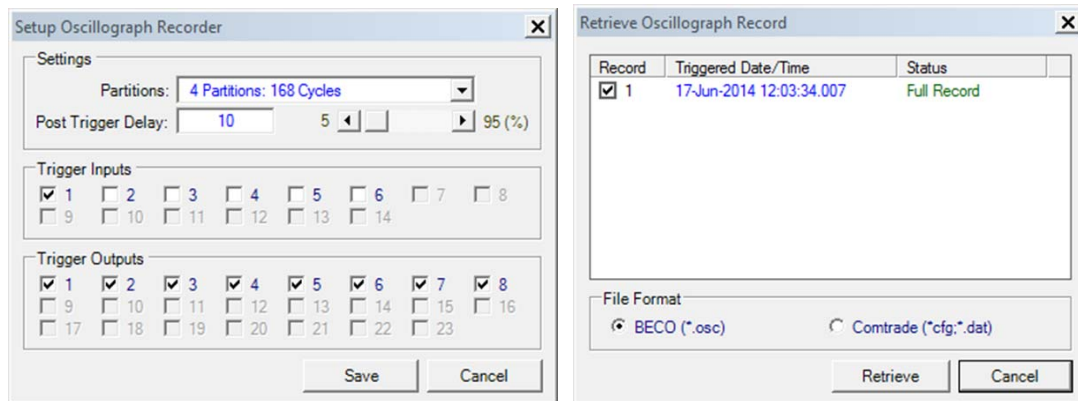


圖 2-15 波形紀錄器設定

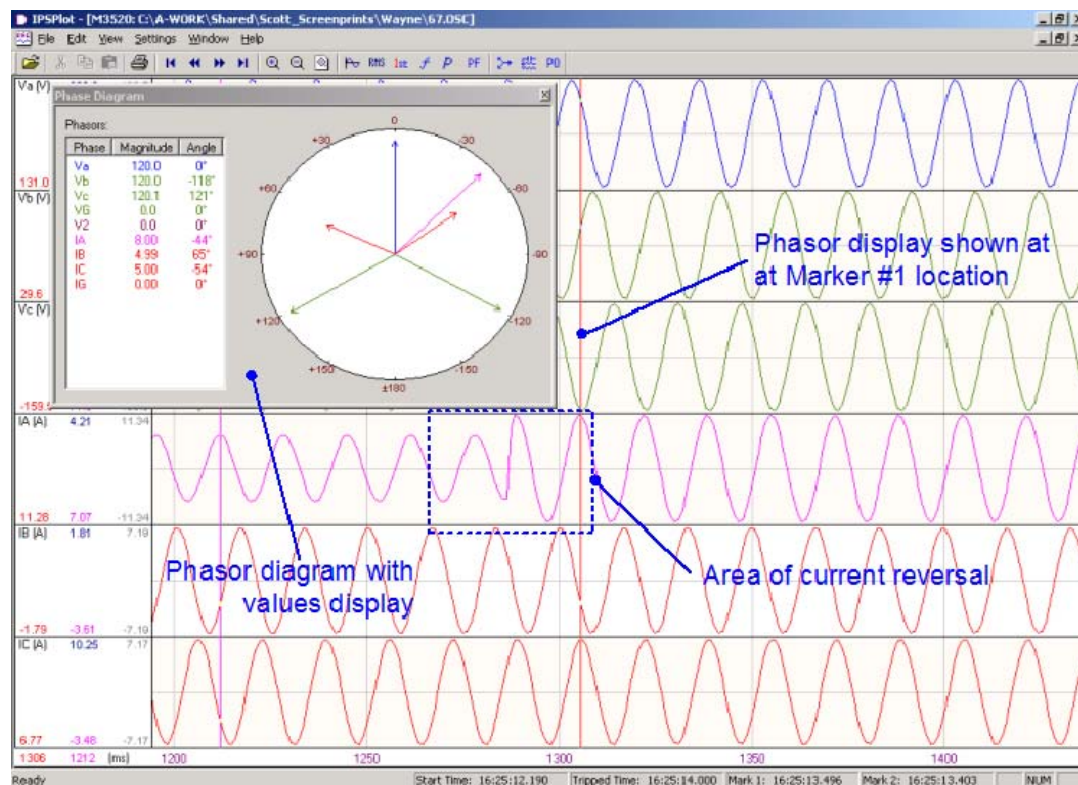


圖 2-16 IPSplot 波形分析軟體

三、GE 保護電驛硬體與軟體：

(一)、GE 保護電驛介紹：

GE 公司生產之數位式保護電驛 G60 亦為全功能型發電機保護電驛，含測距、電力搖擺、失步等系統保護功能，適用於大型發電廠之機組保護，但其保護範圍不包括昇壓變壓器。

林口電廠使用 GE 保護電驛為 G60 發電機保護電驛及 T35 整體(overall)保護電驛，具有監控、事件及波形記錄等多項功能。G60 與 T35 電驛均為 GE UR 系列保護電驛，除了保護功能不相同外，硬體架構及操作設定方式均相同，且具有共用外殼硬體結構、隨插即用並可更換模組等特點，以下就 G60 電驛作介紹。

(二)、GE 保護電驛操作介面及架構：

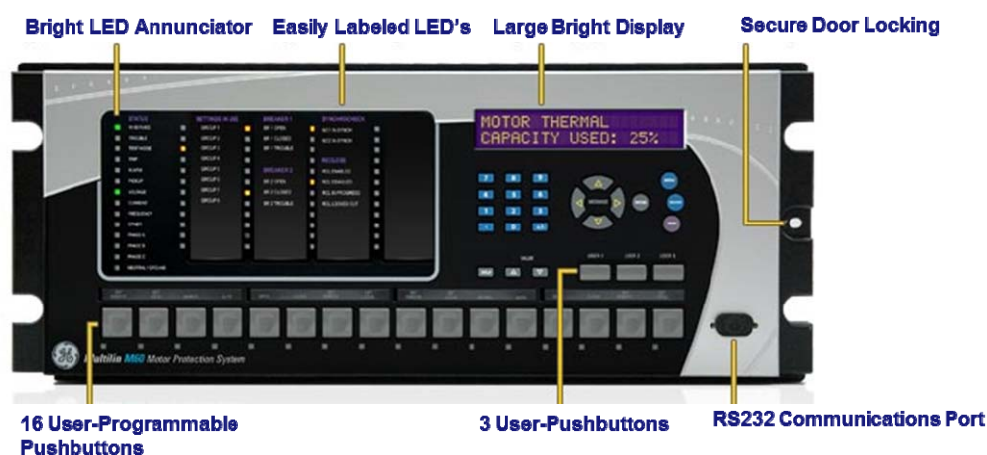


圖 3-1 G60 正面操作介面

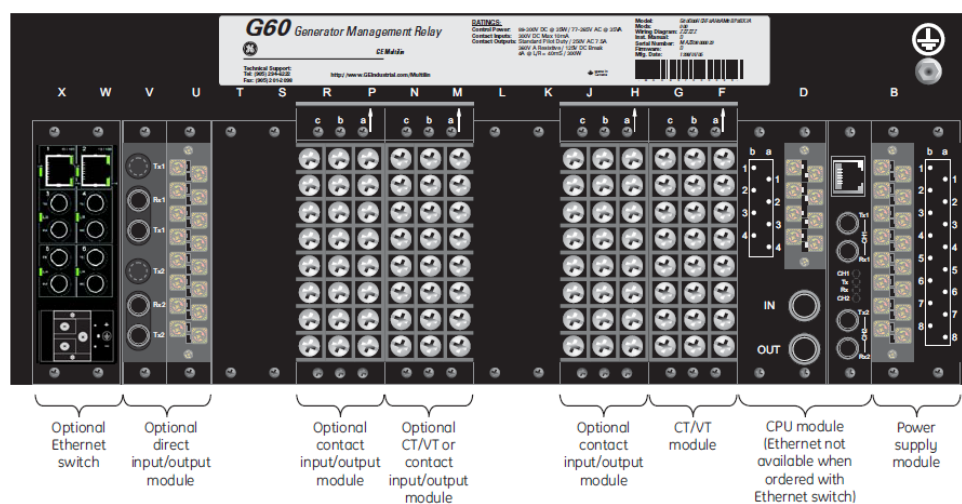


圖 3-2 G60 背面接點端子

面板可顯示電驛狀態包含電源供應、自我診斷、跳脫、警報、PICKUP(始動)等狀態，及可由面板按鍵直接設定電驛，電驛內部為插卡式模組化結構(如圖 3-3)。



圖 3-3 電驛內部模組結構

A：電源模組 B：CPU 模組 C：CT/PT DSP 模組 D：數位 I/O 模組 E：類比 I/O 模組 F：電驛通信模組

UR 系列保護電驛採用模組化設計，允許模組的抽取與插入，在原廠配置插槽中模組可使用同功能模組替代，設計架構如圖 3-4，可用 Lan 與設備連線，通訊模組可使用的通訊連接包含 RS232(標配)，RS485(標配)，乙太網路、IEC61850。

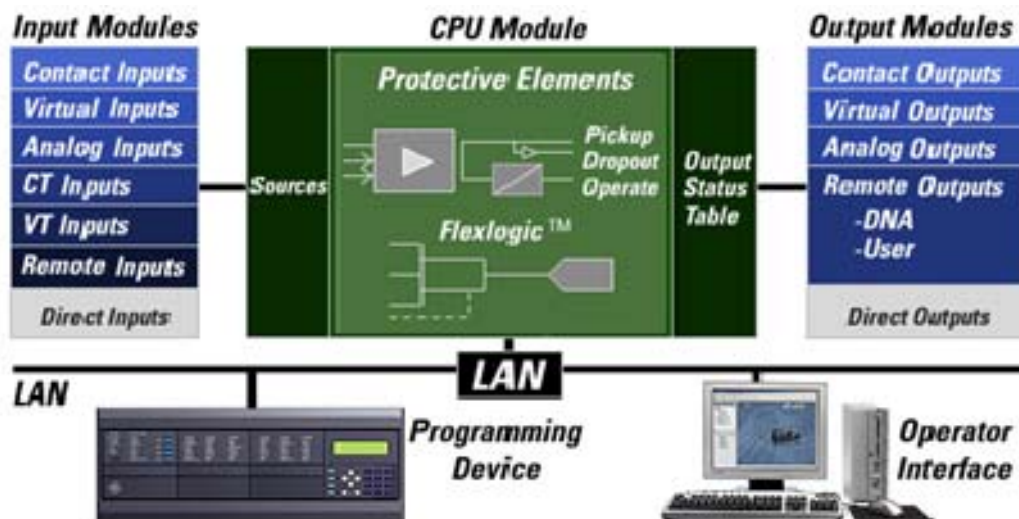


圖 3-4 GE 保護電驛架構

(三)、GE UR 系列保護電驛特點：

1. GE UR 系列優點：

A. 共用模組可減少備品，降低成本。

- B. 不同電驛間可互換模組(如電源及 I/O 模組等)
 - C. 升級及擴充硬體時可直接更換模組，減低升級時設備更新衝擊。
 - D. 使用共用軟體進行電驛設定、監控及診斷，可減少訓練。
2. 傳統電驛與 UR 電驛之應用比較：UR 的信號源允許來自多個輸入通道的不同的 CT 及 PT 信號進行編寫，信號源注入後擷取所需信號計算保護功能(如圖 3-5)。

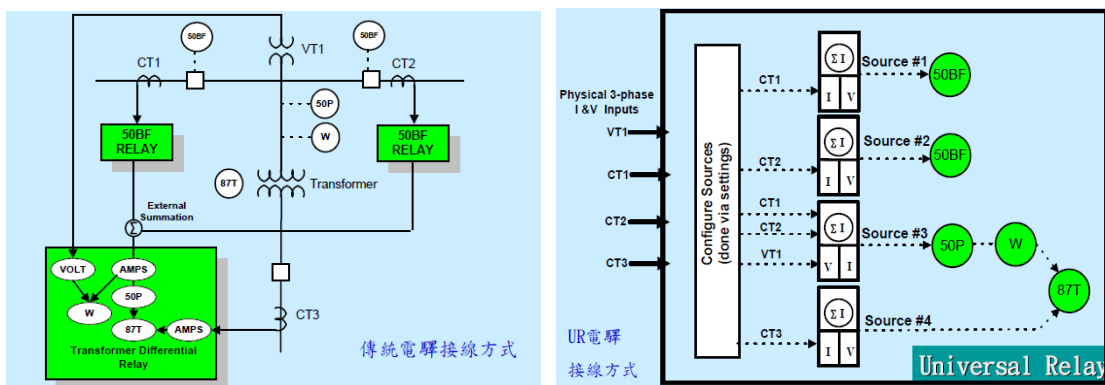


圖 3-5 傳統電驛與 UR 電驛比較圖

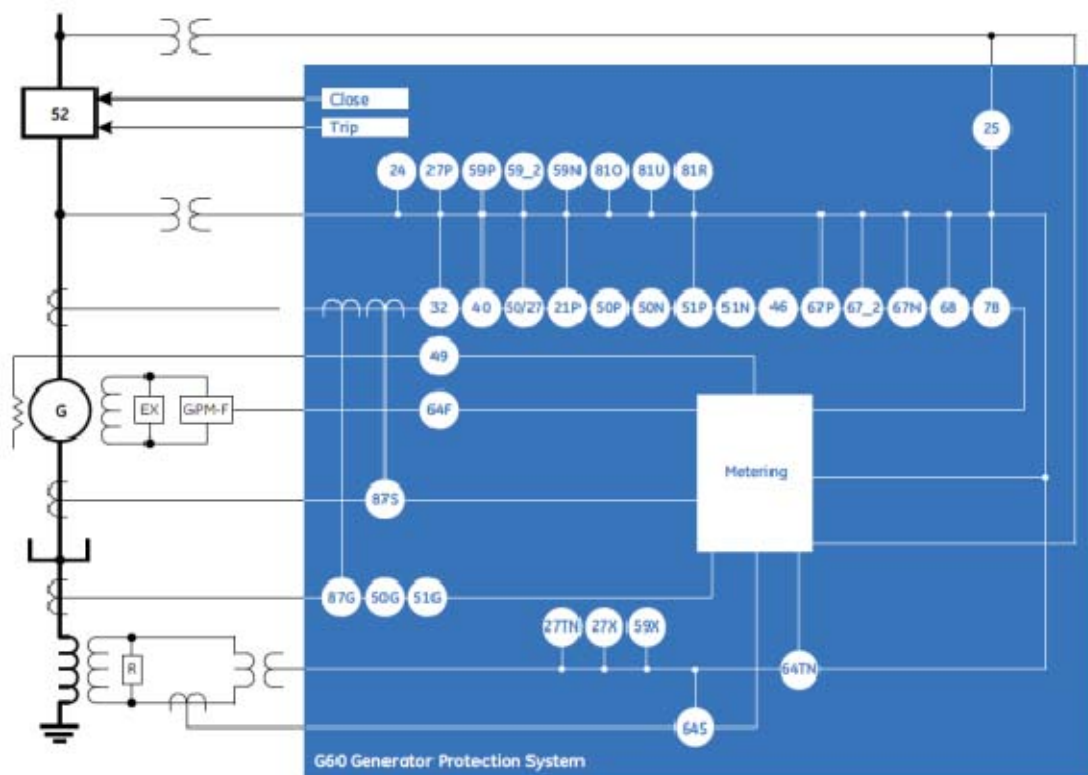


圖 3-6 G60 電驛單線圖

(四)、電驛連線軟體：

GE UR 系列電驛連線設定軟體為“EnerVista” (如圖 3-7)，連線設定“Device Setup Add Device”，可由 Ethernet、Modem、Serial 三種模式連線，以下為利用 Ethernet 模式連線，連線時電驛與軟體之 IP ADDRESS 須設定為同一網域(如圖 3-8)。



圖 3-7 連線設定軟體 EnerVista

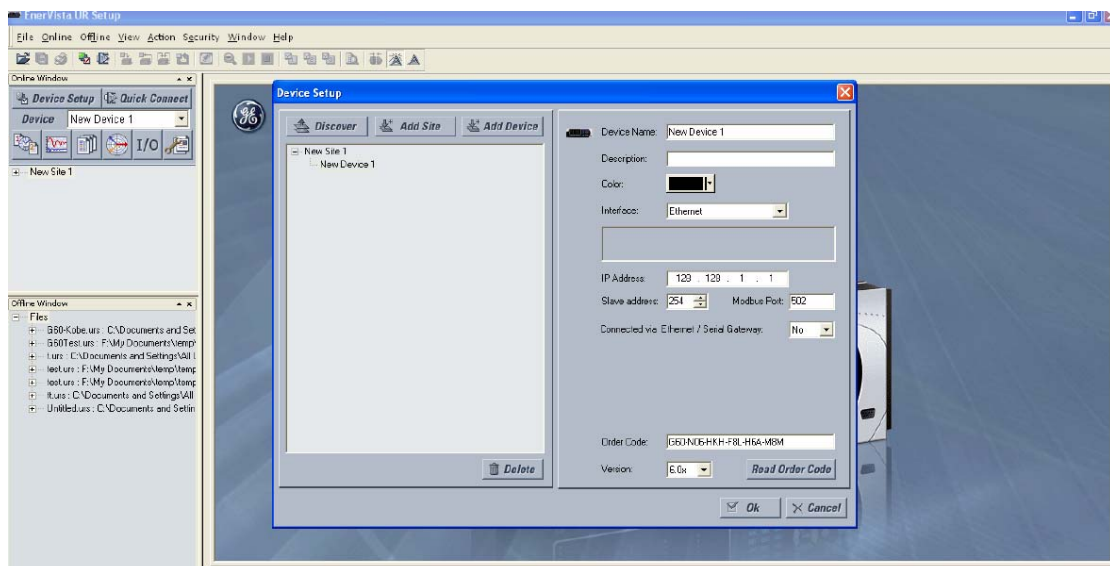


圖 3-8 EnerVista 連線設定

電驛連線後可讀取設定檔，可選擇“New Settings File”新增設定檔或“Add Existing Setting File”暨有設定檔(如圖 3-9)。，“New Settings File”需輸入欲下載的電驛型號及電驛韌體版本(如圖 3-10)。

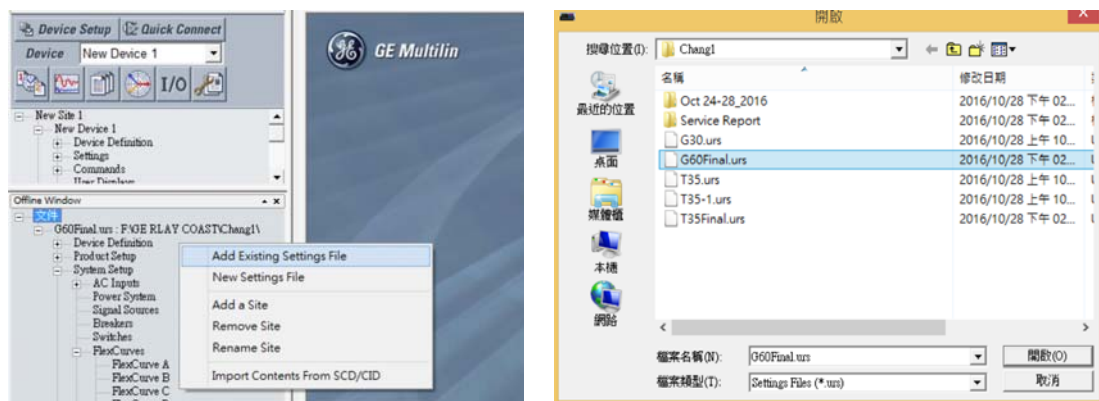


圖 3-9 讀取設定檔

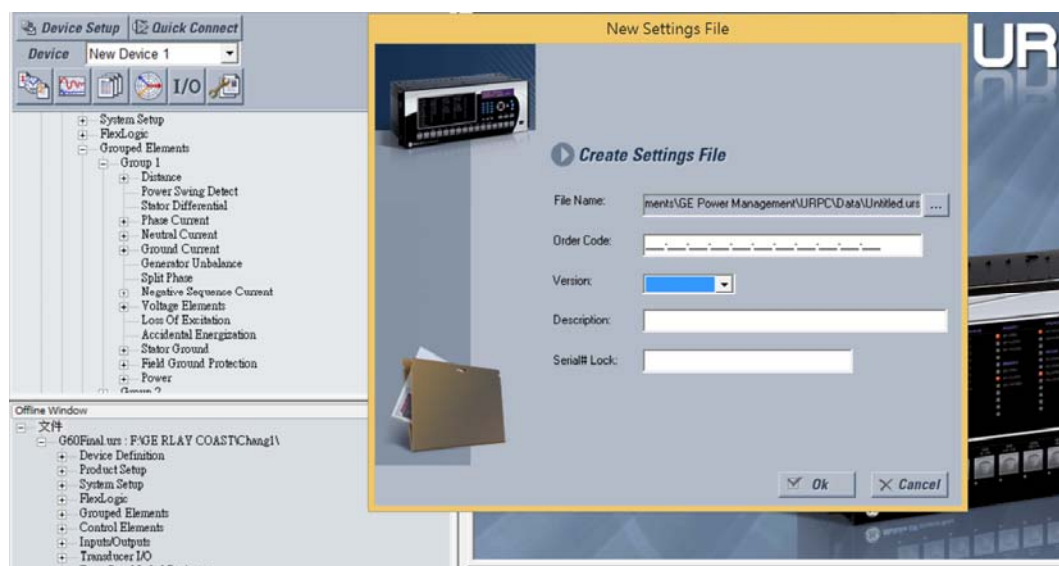


圖 3.10 新增設定檔

(五)、系統參數設定：

由功能選單 System Setup 中進行系統參數設定，包含 VT 與 CT 參數、系統頻率與相序，信號來源等(如圖 3-9)，CT 可設定 F1、M2 兩組，PT 可設定 F5(Y 接相電壓)、M5(Δ接線電壓)兩組(如圖 3-11)。

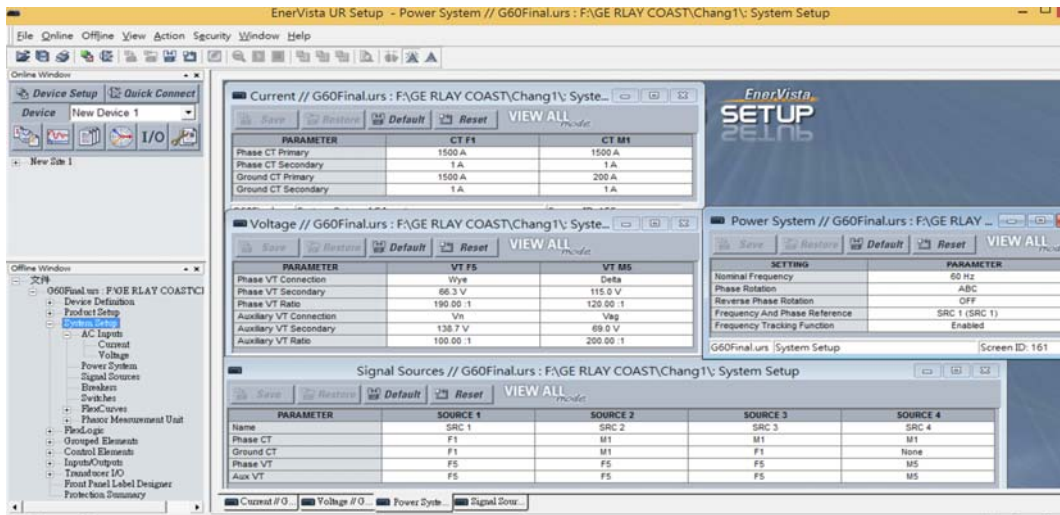


圖 3-11 系統參數設定

(六)、電驛參數設定：

電驛設定由功能選單中”Group Element”中點選欲設定的電驛進行參數設定(如圖 3-12)，並設定電驛元件觸發邏輯功能(Flux Logic)，進行輸出邏輯規劃(如圖 3-13)，設定完成後可由電驛功能總覽查看啟用狀態(如圖 3-14)。

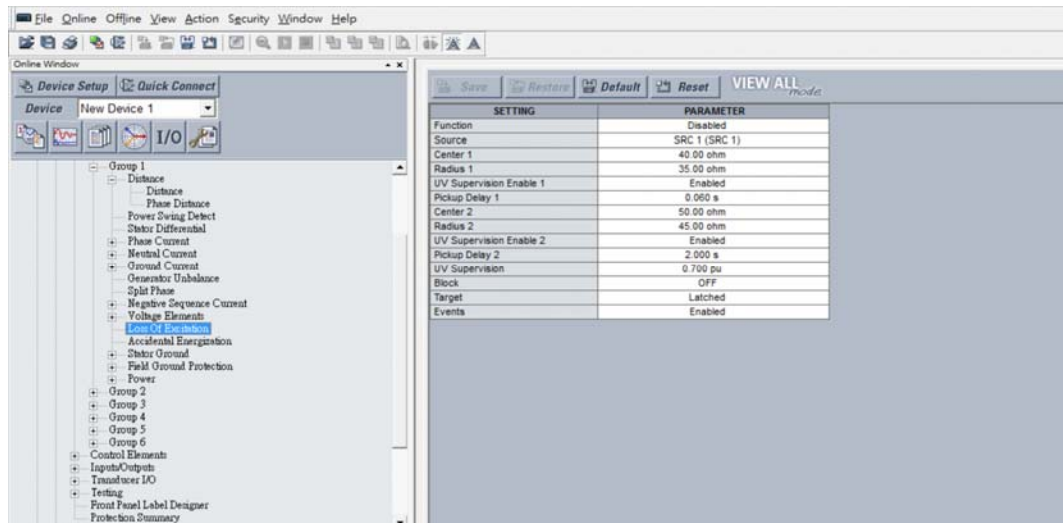


圖 3-12 電驛參數設定

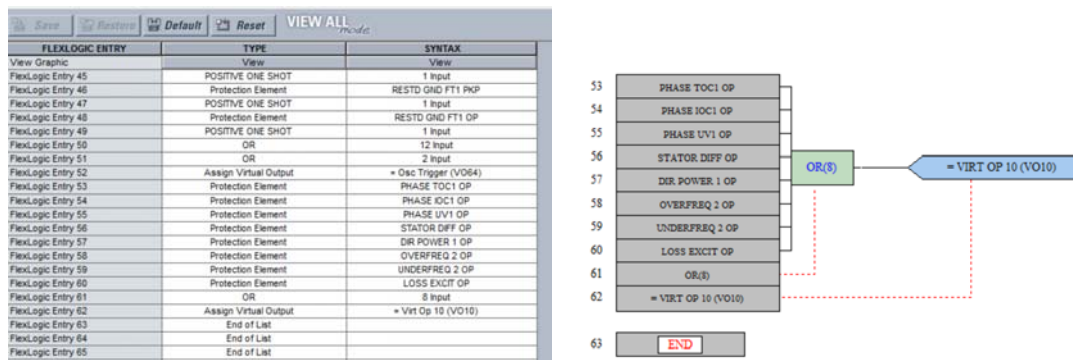


圖 3-13 電驛邏輯規劃

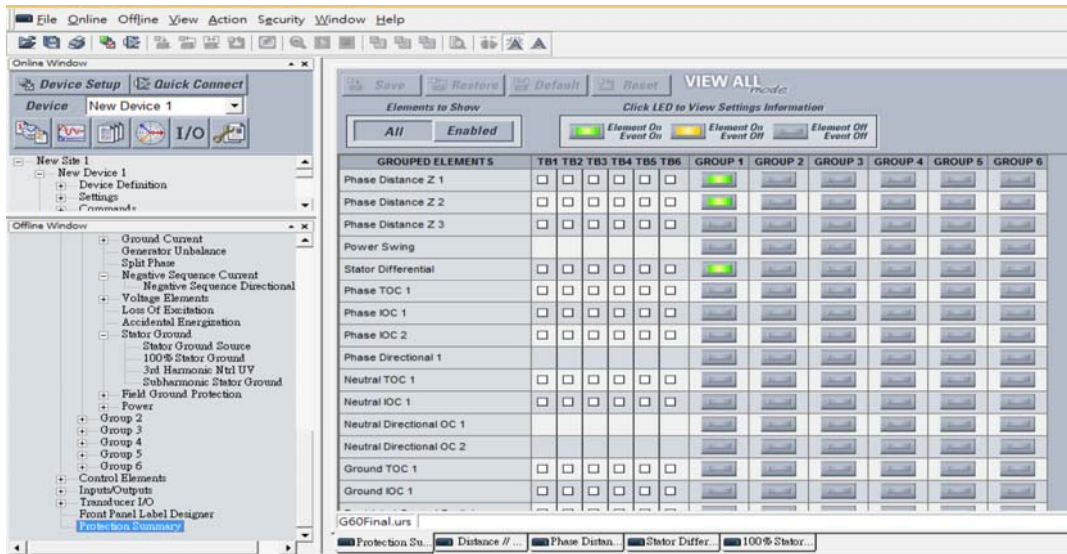


圖 3-14 電驛啟用功能總覽

(七)、波形紀錄設定：

系統及電驛參數功能設定完成後進行波形紀錄設定如圖 3-14，設定內容包含 Number Setup/Oscillograph、Trigger Position、Trigger Source、Digital Channel、Analog Channel(如圖 3-15)，

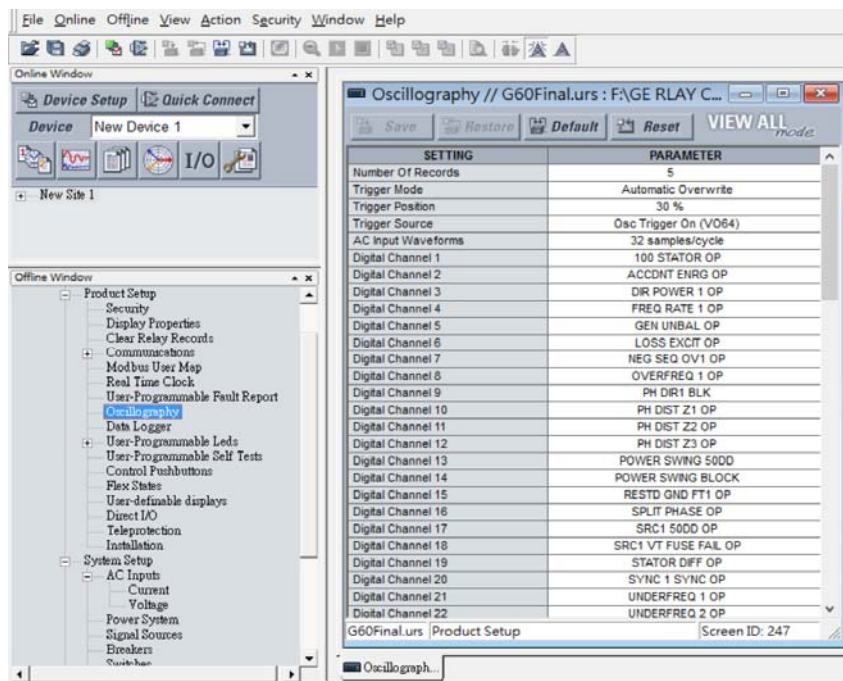


圖 3-15 波形紀錄參數設定

(八)、電驛測試：輸入電壓、電流、頻率及角度信號測試電驛功能及跳脫信號，並檢視事件紀錄(SOE)及波形紀錄。

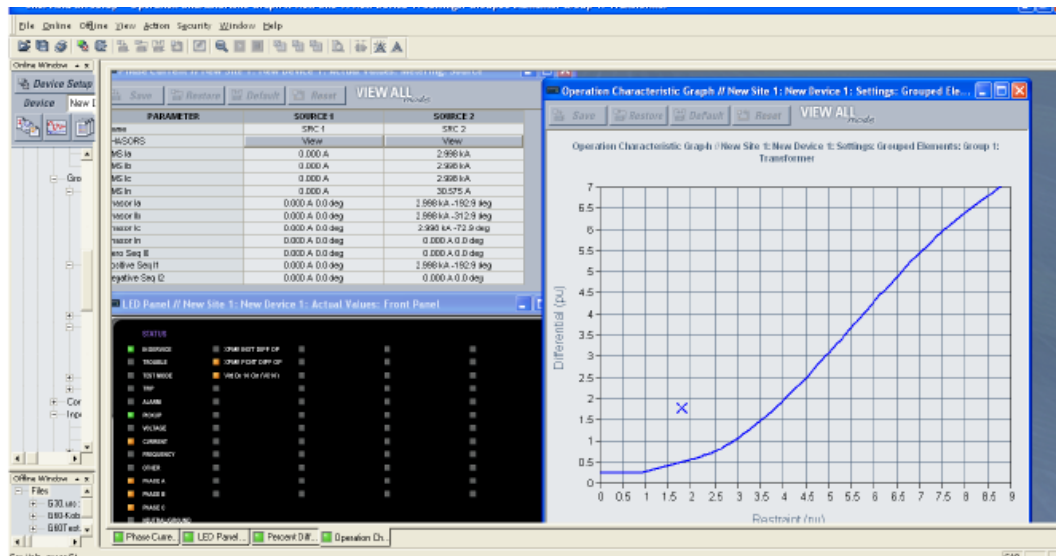


圖 3-16 電驛功能測試

(九)、事件紀錄(SOE)及波形紀錄：

事故發生時可直接於功能表中點選讀取事件紀錄(SOE)及波形紀錄，可顯示電驛所測得波形圖，供作故障分析如下圖。

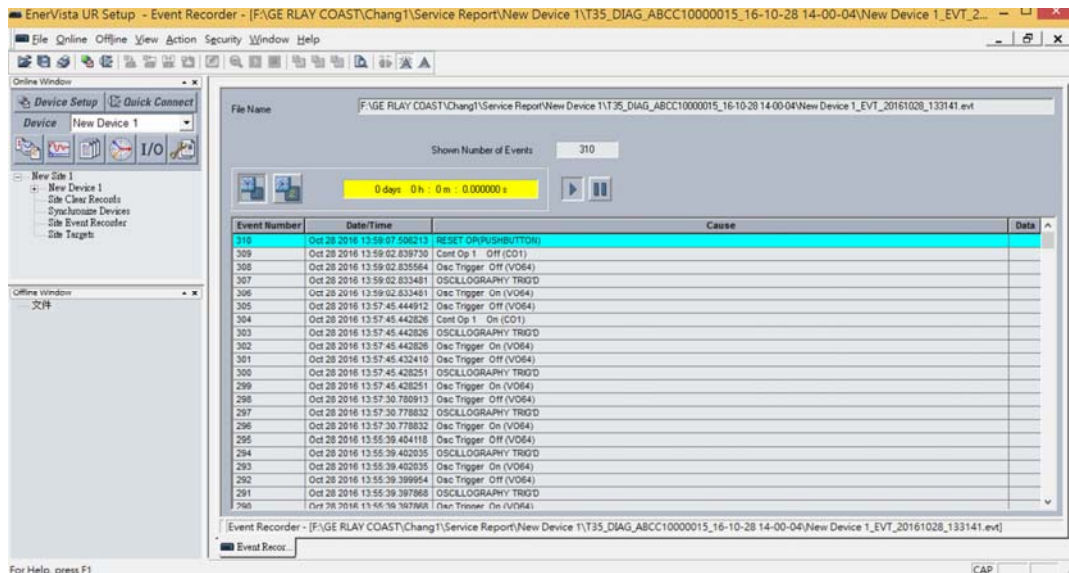


圖 3-17 事件紀錄(SOE)

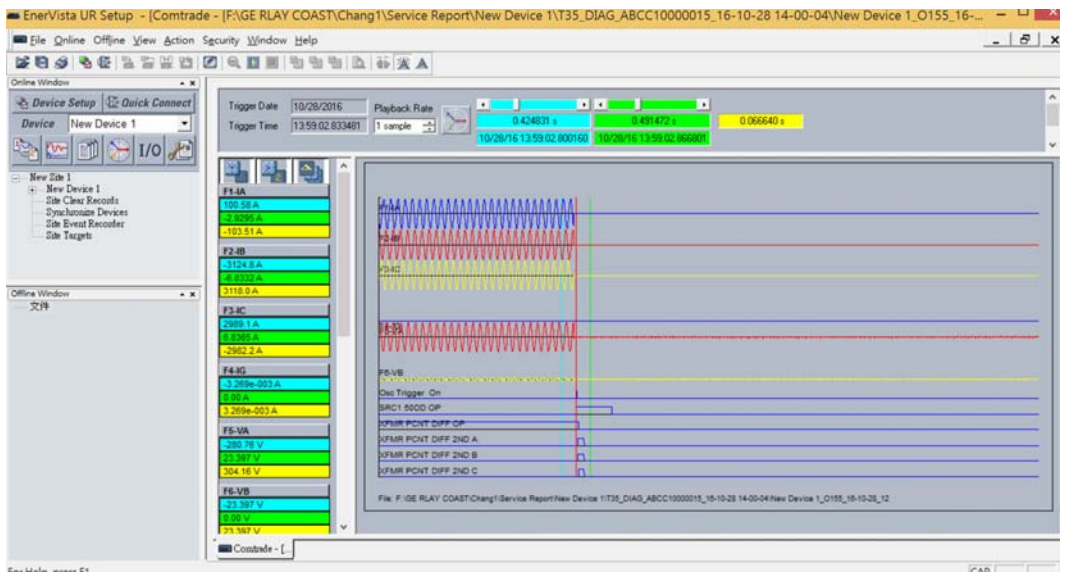


圖 3-18 波形紀錄

肆、心得與建議

首先感謝公司各級長官的厚愛給予職此赴海外研習的機會，同時也感謝組內同仁在本人出國期間代理組內工作任務，使本人能專心研習課程，本次研習為前往日本三菱電機位於神戶的能源系統中心接受保護電驛訓練。研習重點主要為整合式數位發電機保護電驛的運轉與維護，以了解設備廠家關於電驛規劃原理並學習新的發電機保護的知識，以期在新建中的機組或規劃中的機組，保護電驛應用與需求方面能充分的了解與掌握。

此次研習課程為期三週，在工廠參觀課程中於發電機製造廠目睹了新林三機與新通霄#3 的 GT 發電機正在機台上製造與測試，因工廠參觀不能拍照，因此無法將平時不易看到的發電機內部結構與施工照片，帶回給同仁參考是較為可惜之處。而且研習課程主要為發電機保護電驛，發電機製造廠參觀的安排上時間短且未提供詳細資料與解說，因此在發電機製造及維護上有些地方無法深入了解，也是較為不足之處。但在參觀過程中可以發現日本人的工作紀律與態度，凡是均依規定且廠區的整潔與工作區及動線畫分都整齊有序，很值得我們學習。

在保護電驛課程中三菱特別請電驛原廠家講師來授課，有機會與原廠家進行討論，除了可以了解到電驛功能外，更學到電驛內部邏輯撰寫與設計原則，不僅在專業知識上有更深的了解，更開拓了個人視野，尤其在電驛實習課程，可以完整學習電驛的設定與相關測試及維護方面的技能，對於日後工作有很大助益。且未來除了可將研習所得應用於新機組新建工程外，許多現役機組仍使用傳統 E/M Relay，在將來若計畫更新為數位電驛時亦可提供經驗作為參考。

在日本研習這段時間 10 月 12 日東京近郊發生地下電纜故障，引起東京地區大停電，從新聞報導中可以發現雖然停電造成各種不便，但民眾仍依序等候電車並未造成混亂，可見日本人遵守秩序的習慣。此外 10 月 21 在鳥取縣發生規模 6.6 地震，在神戶地區亦有震度 4 級的感受，當時正在上課在未感受到地震時，

地震預警便已響起，大家有規律地前往指定地點避震，同處地震帶的台灣應該效法日本對地震防災的落實。

發電機設計、製造及原理與保護電驛規劃息息相關、建議未來相關電驛訓練課程、對於發電機相關課程能深入介紹，以便能和學習電驛時相結合，提升學習效果。以往電廠在電驛方面的問題都仰賴供電單位協助解決，現正值公司轉型、事業部成立及民營化與電業自由化的挑戰，在電驛維護技能上應積極培養相關人才、除了新建機組訓練計畫外，平時應規劃相關計畫強化訓練，使電廠人員在電驛維護技能上精進，建立屬於自己的核心技術。

此次有幸前往三菱電機公司原廠研習，除了增長專業知識和開拓視野，有機會結識許多海外朋友並與其技術研討，實屬非常難得的學習經驗，深感獲益良多。

【參考資料】

- 〔1〕 三菱公司提供之講義
- 〔2〕 BECKWITH 公司提供之講義
- 〔3〕 GE 公司提供之講義