

出國報告（出國類別：實習）

數位式多功能保護電驛及 特殊保護系統應用技術

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：張家熙 電機工程監

派赴國家：日本、加拿大、美國

出國期間：103/10/21－103/11/03

報告日期：103/12/30

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：數位式多功能保護電驛及特殊保護系統應用技術

頁數 21 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司人事處/陳德隆/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

張家熙/台灣電力公司/供電處/電機工程監/(02)2366-7664

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：103/10/21—103/11/03

出國地區：日本、加拿大、美國

報告日期：103/12/30

分類號/目：台灣電力公司

關鍵詞：數位式多功能保護電驛、特殊保護系統

內容摘要：(二百至三百字)

本公司大林電廠更新改建計畫預定興建 2 部各 800MW 之燃煤機組，其發電機保護電驛設計使用 日本 TOSHIBA 製 GRG200 及 美國 BECK WITH 製 M-3425A 數位式多功能保護電驛。

此 2 款多功能保護電驛功能極其複雜，標置設定計算相當繁瑣，若設定不當，恐造成發電機誤跳機！若其因故無法發電，而改以天然氣機組替代發電，每小時之替代成本為 212 萬元，每天之替代成本則為 5088 萬，將造成公司重大損失！

故本次預定前往日本 TOSHIBA 公司及美國 BECKWITH 公司，瞭解不同廠家多功能發電機保護之設計及其應用技術。

另，目前公司因財務吃緊，很多發、輸、變電計畫都因而緩建或停建，不利於本公司電力系統之穩定與可靠，若系統發生重大緊急事件時，必須由特殊保護系統動作才能維持系統之穩定與可靠，免於全島大停電之風險，故此次擬再造訪 加拿大 GE 公司，瞭解其特殊保護系統應用技術，以供本公司未來設計、採購特殊保護系統參考。

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

目 次

數位式多功能保護電驛及特殊保護系統應用技術

目錄	頁次
壹、目的	1
貳、過程	3
參、數位式多功能保護電驛應用技術	4
一、TOSHIBA GRG200 數位式多功能發電機保護電驛	4
二、GE G60 數位式多功能發電機保護電驛	7
三、BECKWITH M-3425A 數位式多功能發電機保護電驛	8
四、3 款數位式多功能發電機保護電驛之比較	10
五、100%發電機定子接地故障保護	11
肆、特殊保護系統應用技術	14
伍、心得及建議事項	19
參考文獻	21

數位式多功能保護電驛及特殊保護系統應用技術

壹、目的：

本公司大林電廠更新改建計畫預定興建 2 部各 800M W 之燃煤機組，其發電機保護電驛設計使用 日本 TOSHIBA 製 GRG200 及 美國 BECKWITH 製 M-3425A 數位式多功能保護電驛。

此 2 款多功能保護電驛功能極其複雜，標置設定計算相當繁瑣，若設定不當，恐造成發電機誤跳機！若其因故無法發電，而改以燃天然氣機組替代發電，每小時之替代成本為 212 萬元，每天之替代成本則為 5088 萬，將造成公司重大損失！

故本次預定前往日本 TOSHIBA 公司及美國 BECKWITH 公司，瞭解不同廠家多功能發電機保護之設計及其應用技術。

另，目前公司因財務吃緊，很多發、輸、變電計畫都因而緩建或停建，不利於本公司電力系統之穩定與可靠，若系統發生重大緊急事件時，必須由特殊保護系統動作才能維持系統之穩定與可靠，免於全島大停電之風險，故此次擬再造訪 加拿大 GE 公司，瞭解其特殊保護系

統應用技術，以供本公司未來設計、採購特殊保護系統
參考。

貳、過程：

本次出國實習數位式多功能保護電驛及特殊保護系統應用技術

之行程及工作紀要列示如下：

日期	起訖地點	工作紀要
103/10/21	台北~日本東京	往程
103/10/22~103/10/24	日本東京 TOSHIBA 公司	數位式多功能保護電驛應用技術
103/10/25	日本東京~加拿大多倫多	行程
103/10/26	加拿大多倫多	整理資料、撰寫報告
103/10/27~103/10/28	加拿大多倫多 GE 公司	數位式多功能保護電驛及特殊保護系統應用技術
103/10/29	加拿大多倫多~ 美國拉哥(Largo)	行程
103/10/30~103/11/01	美國拉哥 BECKWITH 公司	數位式多功能保護電驛應用技術，103/11/01 結束後前往奧蘭多(宿)
103/11/02~103/11/03	美國奧蘭多~台北	返程

參、數位式多功能保護電驛應用技術：

此行赴日本 TOSHIBA 公司、加拿大 GE 公司及美國 BECKWITH 分別研習其 GRG200、G60 及 M-3425A 等數位式多功能發電機保護電驛應用技術(原訂赴加拿大 GE 只研習其特殊保護系統應用技術，但廠家很熱心，也向本人介紹其 G60 數位式多功能發電機保護電驛，故在此一併介紹)。茲分別介紹如下：

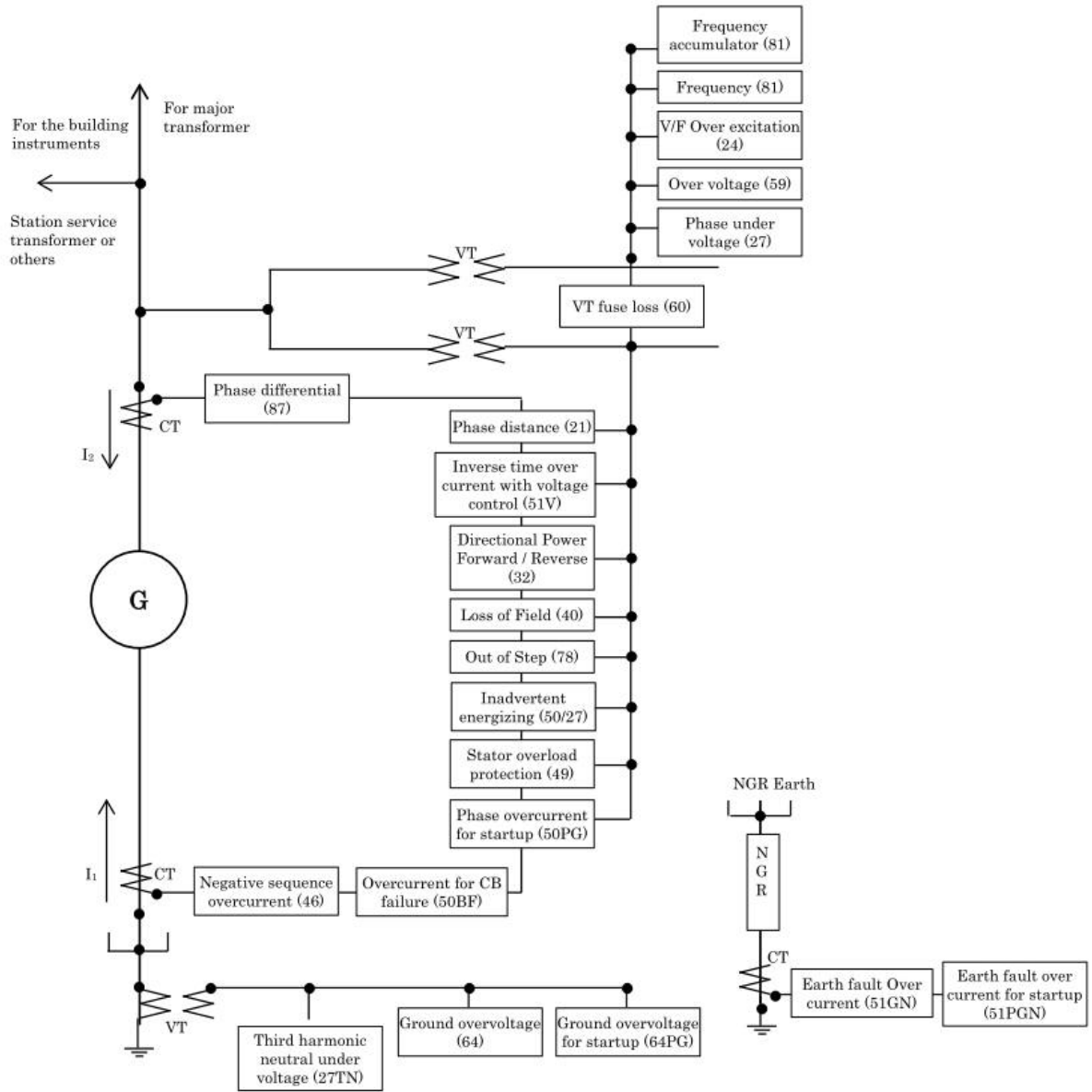
一、 TOSHIBA GRG200 數位式多功能發電機保護電驛：

TOSHIBA 公司生產之電驛(日文為「繼電器」或「リレー」)有分內銷及外銷，內銷到日本的與外銷到國外的分別使用不同的型號，其中內銷到日本的型號為 D4(第 4 代數位式電驛)系列，而外銷到國外的型號為 GR 系列，先前本公司採購到的均為 GR 100 系列，例如：GRL100 線路保護差流電驛、GRZ100 測距電驛，GR100 系列並沒有推出發電機保護電驛；而新的 GR200 系列，則已推出發電機保護電驛，其型號為 GRG200，茲介紹如下：

GRG200 多功能保護電驛之所有保護功能如下表所示：

Device number	Function name	Use	Typical phase /3 phase / zero phase	No of elements
49	Stator overload protection	Overheating detection for stator	–	1
21	Phase distance	Generator main circuit short-circuit failure detection	3 phase	2
24	Over-excitation (V/F)	Generator / main transformer over excitation detection	Typical phase	1
27	Phase undervoltage	Under voltage detection	3 phase	2
27TN	Third harmonic neutral under voltage	Generator ground fault detection	Zero phase	1
32	Directional power (forward/reverse)	Generator reverse electric power detection	typical phase	3
40	Loss of field	Field loss detection	typical phase	2
46	Negative-sequence overcurrent	Reverse phase over current detection	Typical phase	1
50/27	Inadvertent energizing	Generator failure detection	3 phase	1
50PG	Phase overcurrent for start-up	Generator failure detection	3 phase	3
50BF	Overcurrent for circuit breaker failure	Over current detection for back up at the time of the CB cutoff failure	3 phase	1
51PGN	Earth fault overcurrent for start-up	During starting generator ground fault detection	Zero phase	1
51GN	Earth fault overcurrent	Generator earth fault detection	Zero phase	1
51V	Inverse time overcurrent with voltage control	Generator main circuit short-circuit failure detection	3 phase	1
59	Over voltage	Over voltage detection	3 phase	2
60	VT fuse loss	VT fuse and VT disconnection detection	3 phase	1
64	Ground overvoltage	Generator earth fault detection	Zero phase	2
64PG	Ground overvoltage for startup	Generator ground fault detection during starting	Zero phase	1
78	Out of step	Generator loss of synchronism detection	Typical phase	1
81A	Frèquency accumulator	Abnormal frequency detection	–	
81	Frequency	Under/Over frequency detection	typical phase	6
87	Phase differential	Generator internal fault detection	3 phases	1

而 GRG200 電驛之單線圖如下圖所示：

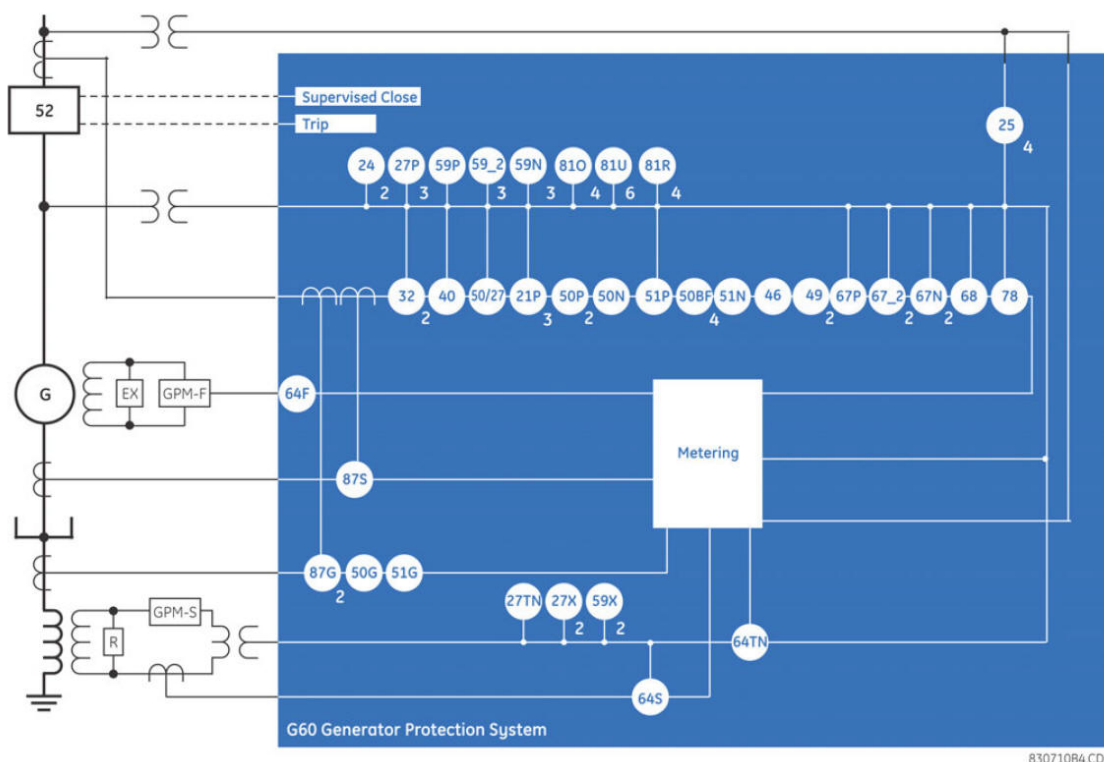


二、 GE G600 數位式多功能發電機保護電驛：

G60 數位式多功能保護電驛之所有保護功能如下表所示：

DEVICE NUMBER	FUNCTION	DEVICE NUMBER	FUNCTION
21P	Phase distance backup	59N	Neutral overvoltage
24	Volts per hertz	59P	Phase overvoltage
25	Synchrocheck	59X	Auxiliary overvoltage
27P	Phase undervoltage	59_2	Negative-sequence overvoltage
27TN	Third harmonic neutral undervoltage	64F	Field ground protection
27X	Auxiliary undervoltage	64S	Sub-harmonic stator ground protection
32	Sensitive directional power	64TN	100% stator ground
40	Loss of excitation	67_2	Negative-sequence directional overcurrent
46	Generator unbalance	67N	Neutral directional overcurrent
49	Thermal overload (RTD)	67P	Phase directional overcurrent
50BF	Breaker failure	68/78	Power swing detection
50G	Ground instantaneous overcurrent	81A	Frequency out-of-band accumulation
50N	Neutral instantaneous overcurrent	81O	Overfrequency
50P	Phase instantaneous overcurrent	81R	Rate of change of frequency
50SP	Split phase protection	81U	Underfrequency
50/27	Accidental energization	87G	Restricted ground fault
51G	Ground time overcurrent	87S	Stator differential
51P	Phase time overcurrent		

而 G60 電驛之單線圖如下圖所示：

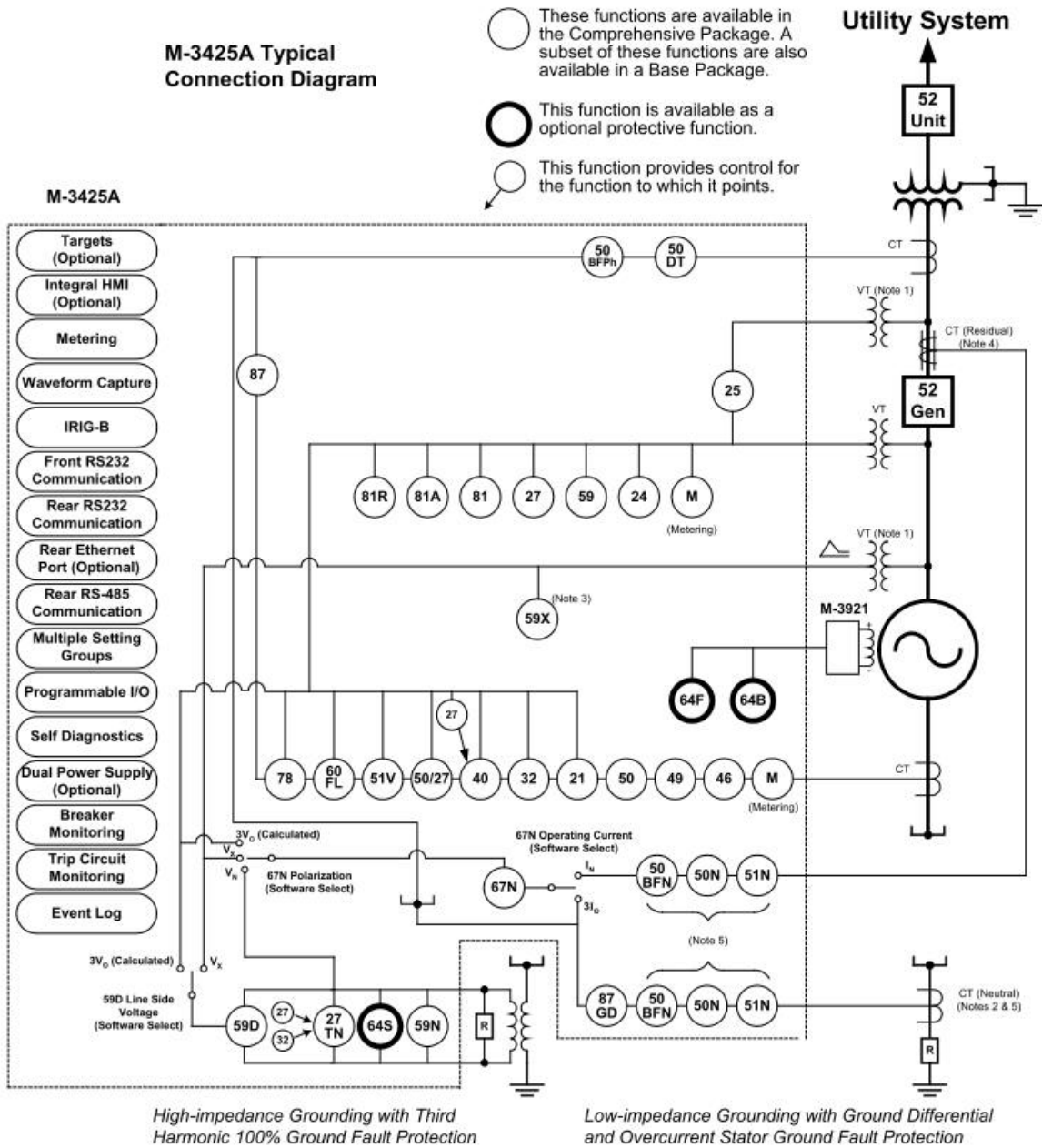


三、 BECKWITH M-3425A 數位式多功能發電機保護電驛：

M-3425A 數位式多功能保護電驛之所有保護功能如下表所示：

FUNCTION	DESCRIPTION
Protective Functions	
21	Phase Distance (three-zone mho characteristic)
24	Volts/Hz (Inverse & Definite Time)
25	Sync Check
27	Phase Undervoltage
27TN	Third Harmonic Undervoltage, Neutral
32	Directional Power
40	Loss of Field (dual-zone offset-mho characteristic)
46	Negative Sequence Overcurrent
49	Stator Overload Protection (Positive Sequence Overcurrent)
50	Instantaneous Phase Overcurrent
50BF	Breaker Failure
50DT	Definite Time Overcurrent
50N	Instantaneous Neutral Overcurrent
50/27	Inadvertent Energizing
51N	Inverse Time Neutral Overcurrent
51V	Inverse Time Overcurrent, with Voltage Control or Restraint
59	Phase Overvoltage
59D	Third-Harmonic Voltage Differential
59N	Neutral Overvoltage
59X	Multi-purpose Overvoltage
60FL	VT Fuse-Loss Detection
67N	Residual Directional Overcurrent
78	Out of Step (mho characteristic)
81	Frequency
81A	Frequency Accumulation
81R	Rate of Change of Frequency
87	Phase Differential Current
87GD	Ground (zero sequence) Differential
IPS	IPSlogic
BM	Breaker Monitor
TC	Trip Circuit Monitoring
Optional Protective Functions	
64F/64B	Field Ground Protection/Brush Lift-Off Detection
64S	100% Stator Ground Protection by Injection

而 M-3425A 之單線圖如下圖所示：



四、 3 款數位式多功能發電機保護電驛功能之比較：

Device Number	GRG200	G60	M-3425A
21/21P/21	X	X	X
24	X	X	X
25		X	X
27/27P/27	X	X	X
27TN	X	X	X
27X		X	
32	X	X	X
40	X	X	X
46	X	X	X
49	X	X	X
50/27	X	X	X
50BF	X	X	X
50DT			X
50G		X	
50N		X	X
50P/50		X	X
50PG	X		
50SP		X	
51GN/51G/51N	X	X	X
51PGN	X		
51V/51P/51V	X	X	X
59/59P/59	X	X	X
59_2		X	
59D			X
59X		X	X
60/-/60FL	X		X
64/59N/59N	X	X	X
64F/64F(64B)		X	X
64PG	X		
64S		X	X
64TN		X	
67_2		X	
67N		X	X
67P		X	
68		X	
78	X	X	X
81(81O & 81U)	X	X	X
81A	X	X	X
81R		X	X
87/87S/87	X	X	X
87G/87GD		X	X

由上表可以看出 GRG200 功能最少，而 G60 功能最多。

五、 100%發電機定子接地故障保護：

以上 3 款數位式多功能發電機保護電驛，其同一功能(例如：87 或 87S)之名稱或有不同，但其原理均大同小異，均符合 IEEE Std. C37.102-2006: IEEE Guide for AC Generator Protection。各項功能中，比較重要、差異比較大的為 100%發電機定子接地故障保護功能，故在此特別針對該功能提出說明如下：

發電機定子接地故障保護方式與發電機定子接地方式有關，依據 IEEE Std. C37.102-2006，最常用之接地方式計有下列 4 種(直接接地及不接地方式較不常用)：

- (一) 高阻抗接地：在設計時，將最大單相接地故障電流(即單相接地故障點在發電機端電壓處)控制在 0~25A。
- (二) 低電阻接地：最大單相接地故障電流約 200A~額定電流之 1.5 倍。
- (三) 電抗接地：最大單相接地故障電流約為最大三相短路故障電流之 0.25~1 倍。
- (四) 接地變壓器接地：最大單相接地故障電流約 3~400 A。

本公司大型火力機組約 90%以上採用(一)高阻抗接地方式，其接地方式為將發電機中性點經由一單相配電變壓器

接地，並在該變壓器二次側接一小電阻，則變壓器一次側看到之等效電阻為變壓器匝比之平方再乘以該小電阻值，即形成高電阻接地，此種方式最大單相接地故障電流約 3~25A(CT 一次側)，非常小，以核四發電機組為例，其 CT Ratio 為 45000A/5A，若 CT 一次側之電流為 25A，則 CT 二次側之電流將只有 2.8mA，一般過電流電驛根本不會動作，故須改用偵測基頻零序過電壓之 59G 電驛保護，該電驛引接至接地變壓器二次側，該迴路只會看到基頻零序電壓及 3 次或 3n 次(n=2, 3, ...)諧波電壓，3 次或 3n 次(n=2, 3, ...)諧波電壓再大，59G 也不會動作；另，在正常或多相短路故障時，不會有基頻零序電壓，故 59G 不會動作，在單相接地故障時，即會產生基頻零序電壓，讓 59G 動作、跳機、隔離事故。惟單相接地故障點若接近發電機中性點，此時基頻零序電壓將非常小，致 59G 無法動作，故一般 59G 只能提供發電機定子從端電壓處往中性點處 90%~95%之接地故障保護，所以 59G 亦被稱為 95%/90%發電機定子接地故障保護。若接地點在靠中性點 10%~5%處，則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。此所謂之其他電驛最主要有下列 2 種：

(一) 27TN：此電驛與 59G 電驛並接，偵測三次諧波電壓，一般在發電機運轉時，從無載至滿載，在發電機中性點處均會有相當程度之三次諧波電壓存在，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。

(二) 64S：此種方式需加裝 1 個次諧波(20Hz)電壓注入器及 1 個耦合濾波器。次諧波電壓注入器將 20Hz 之電壓注入到發電機中性點處，而耦合濾波器則是用來阻擋基頻成分進入此電驛，故此電驛只會偵測到注入之 20Hz 成分。正常時，此次諧波電流將流經發電機定子繞組對地之並聯電容，當發電機定子繞組發生接地事故時，此並聯電容被短路，此電驛量測到之次諧波電流將增大，造成 64S 電驛動作。

因有些發電機在中性點處產生之三次諧波非常小，造成 27TN 電驛設定困難，保護範圍有限，與 59G 電驛搭配起來仍無法達成 100%發電機定子接地故障保護；另，在發電機靜止或啟動，非以額定頻率運轉時，27TN 電驛將無法提供保護，而 64S 在以上條件仍可提供保護，故以上 2 種方式以 64S 較優。

肆、特殊保護系統應用技術：

特殊保護系統(Special Protection System，簡稱 SPS)，在美國較多的電力公司稱做為矯正措施計畫(Remedial Action Scheme，簡稱 RAS)(事實上，依據北美電力可靠度法人機構(North American Electric Reliability Corporation，簡稱 NERC)首頁最新消息顯示：NERC 董事會已於 2014 年 11 月 13 日決定爾後將統一採用 RAS 這個術語，而將不再採用 SPS 這個術語，只待聯邦能源管理委員會(Federal Energy Regulatory Commission，簡稱 FERC)核可)，在歐洲較常用的名稱是廣域保護系統(Wide Area Protection System，簡稱 WAPS)，在日本則稱做系統安定化裝置(System Stabilizing Controller，簡稱 SSC)。

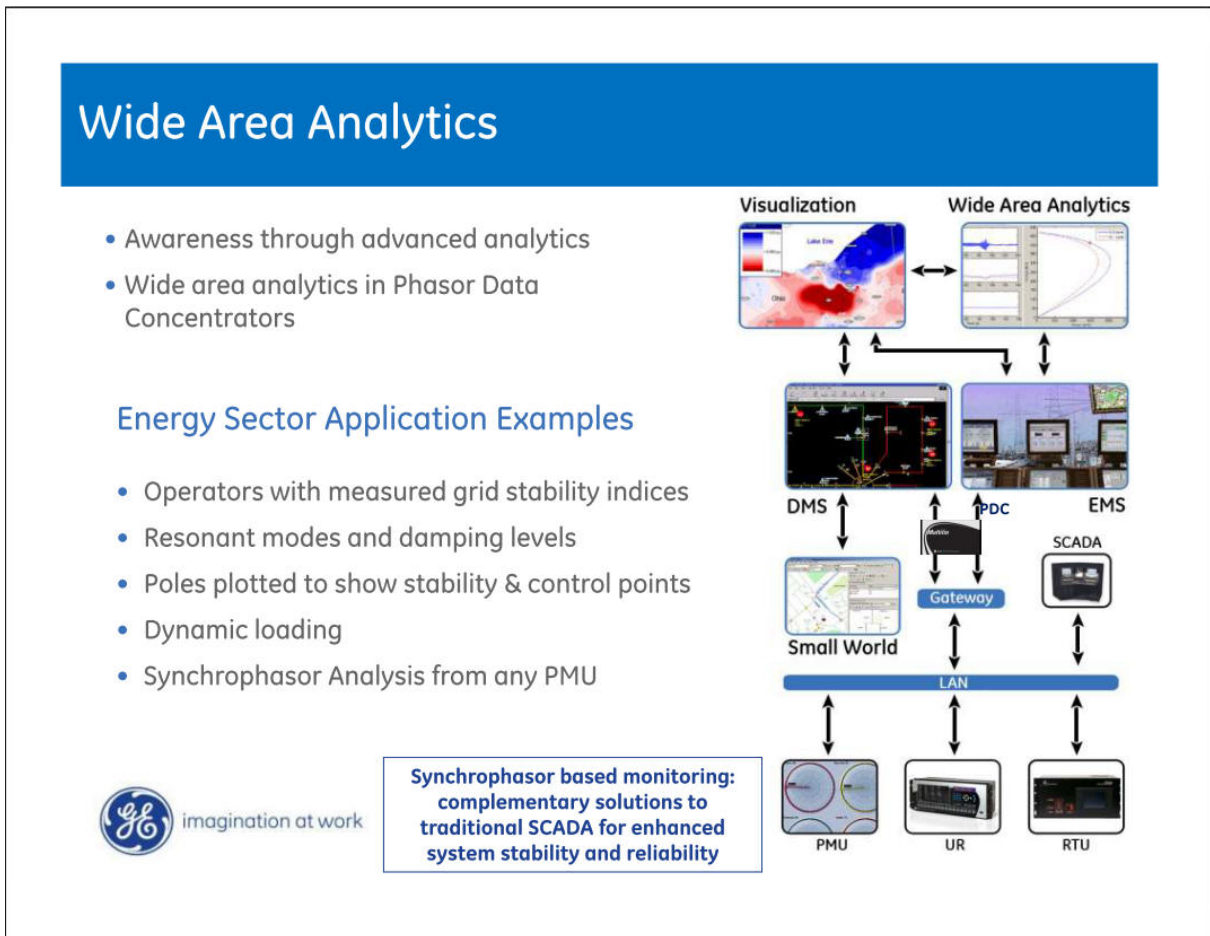
在 NERC 網頁查詢特殊保護系統(SPS)之定義時，該網頁會請大家改查矯正措施計畫(RAS)，而 NERC 對矯正措施計畫(RAS)的定義如下：矯正措施計畫是一種計畫，它被設計用來偵測已事先決定(預測)的系統條件，並自動地採取相對應之各種矯正措施，這些措施包含(但並不只限於)減少發電或跳脫發電機或其他電源、降低或跳脫負載、或重新規劃電力系統配置。

本公司每年均由系統規劃處預測 2 年後本島之電力系統，模擬各種偶發事故(contingencies)，若 N-2 時系統會發生暫態不穩定，則將針對各情境規劃特殊保護系統，交由供電處編列預算於 2 年後採購、安裝、測試該特

殊保護系統，再交由電力調度處決定何時啟用或閉鎖該系統。因每年之系統瓶頸都不一樣，故稱得上是一種「特殊」保護系統(並非保護單一電力設備(故障之隔離)，而是保護整個電力系統(穩定度與可靠度之維持))。

此行赴 GE 公司研習其廣域監視、控制及保護系統。該系統主要係應用最新之同步相量(IEEE C37.118 Standard for Synchrophasors)技術，廣泛地於系統各地裝設具有 PMU(synchroPhasor Measurement Unit)功能之 IED(Intelligent Electronic Device：智慧型電子裝置)，時間同步地量測系統各地之電壓、電流大小與角度及頻率，並將資料經由相量資料集中器(Phasor Data Concentrator，簡稱 PDC)將資料回傳給控制中心，再經由控制中心之應用軟體，將整個系統之相量資料視覺化，輔助值班人員判斷目前系統之即時狀況，進而執行必要之控制，或藉由客製化之外掛程式，依據不同之系統緊急狀況，自動採取相對應之矯正措施計畫，達成廣域保護系統/特殊保護系統之功能。

該系統之組成如下圖所示：



所需之軟、硬體設備如下：

PMU: Phasor Measurement Units 或具有 PMU 功能之 IED。

PDC: Phasor Data Concentrator，例如 GE Multilin P30 PDC。

Wide Area Communications: SONET(Synchronous Optical NETworking)：

同步光纖網路，美、加特有之一種通信技術，世界其他國家之相對

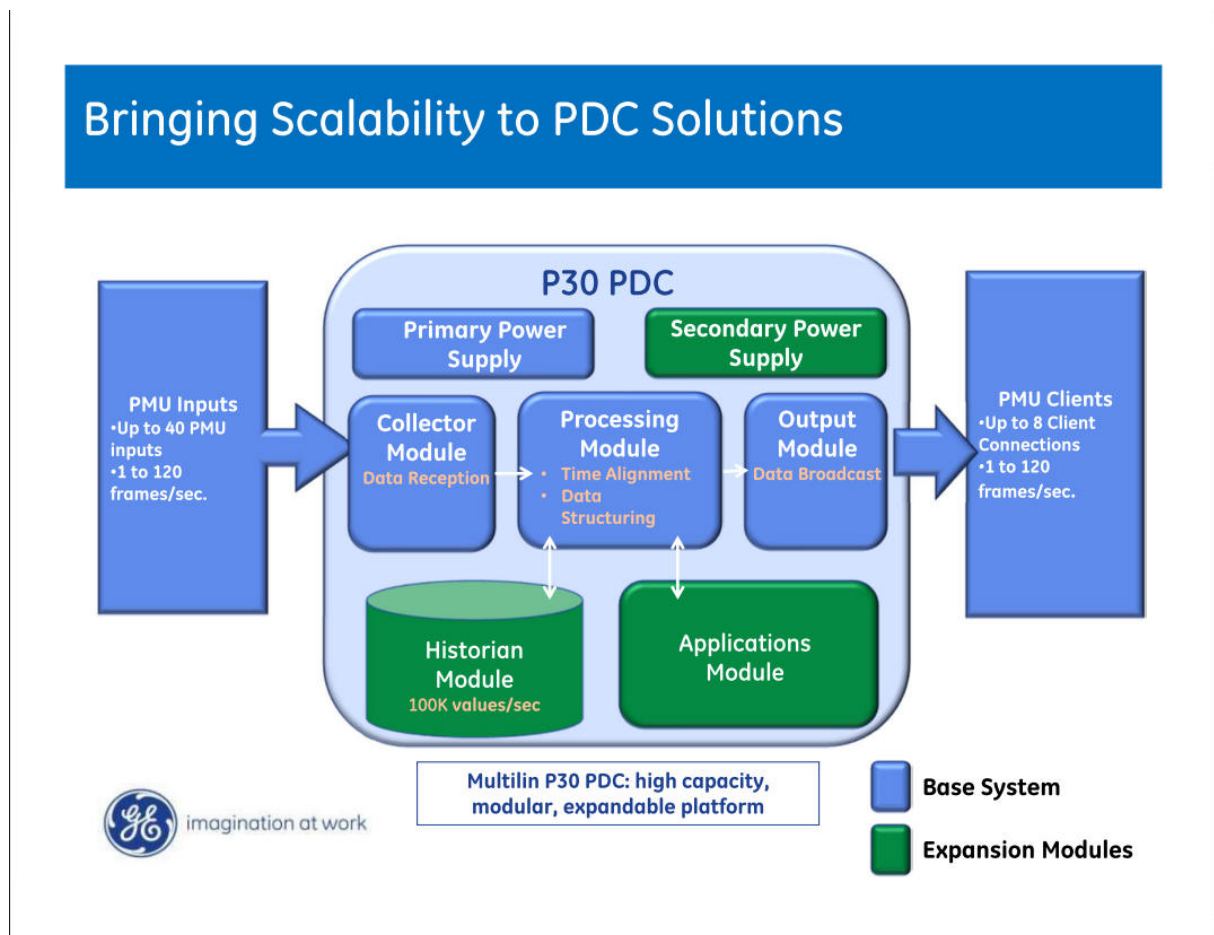
應技術為 SDH(Synchronous Digital Hierarchy：同步數位階層)

Multiplexers(多工器)。

Software Visualization Applications: 視覺化應用軟體。

Advanced Stability & Monitoring Applications: 進階型穩定度及監視應用程式。

其中 GE Multilin P30 PDC 之功能方塊圖如下圖所示：



目前 GE 及 SEL 公司生產之數位式電驛(Digital Relay)均可提供 PMU 功能，惟 GE 電驛之 PMU 功能為選購配備，SEL 電驛之 PMU 功能為基本配備，而本公司目前數位式電驛之採購規範並未要求提供 PMU 功能，故目前已購得之電驛，僅 SEL 電驛具有 PMU 功能，GE 電驛則未附有 PMU 功能。

將來若要拿具有 PMU 功能之數位式電驛做為廣域保護系統的應用，尚需採購相量資料集中器(PDC)及視覺化應用軟體，並向電力通信處申請同步數位階層(SDH)電路。

GE 提出之廣域保護系統與本公司目前既設特殊保護系統之比較：

GE 廣域保護系統之優點為：

若一電力系統已廣為裝設具有 PMU 功能之智慧型電子裝置(IED)/數位式電驛(Digital Relay)，則每年特殊保護系統變更規劃時，僅需修改軟體程式即可，不需要再另外採購、安裝相關硬體設備，節省每年建置新系統之時間與金錢成本。

GE 廣域保護系統之缺點為：

需先花大錢在各發電廠/變電所廣為裝設具有 PMU 功能之智慧型電子裝置(IED)/數位式電驛(Digital Relay)、相量資料集中器(PDC)與同步數位階層(SDH)電路。

伍、心得及建議事項：

- 一、 此次赴日本 TOSHIBA 公司參觀他們電驛製造工廠，有看到本公司大林電廠更新改建計畫案使用之發電機保護電驛盤，其使用 2 套發電機保護電驛，一套為 TOSHIBA GRG200 電驛，另一套為 BECKWITH M-3425A 電驛。後者之電驛說明書及電驛連線設定軟體可在 BECKWITH 公司網頁下載(GE G60 之電驛說明書及電驛連線設定軟體亦可在 GE 公司網頁下載)，而前者之電驛屬於 TOSHIBA 公司新開發之產品，在 TOSHIBA 公司網頁甚至還看不到該型電驛，故特地向 TOSHIBA 公司索取電驛說明書及電驛連線設定軟體，TOSHIBA 設計人員卻表示，他們會依據大林案的合約，將說明書交給本公司核能火力發電工程處，不能直接給我！本人改向 TOSHIBA 業務人員索取，經業務人員爭取後，終於先取得電驛說明書，惟電驛連線設定軟體仍不願給我，故本人回國後，立刻以電話告知核能火力發電工程處本案承辦人員，儘快向 TOSHIBA 公司索取電驛連線設定軟體，讓電驛人員能早點接觸該產品，以免將來趕工、倉促送電時，恐會因不熟悉該產品而衍生跳機事故！
- 二、 特殊保護系統屬於高度客製化之系統，有的廠家是用(具有 PMU 功能之)IED 來組成系統，有的廠家則是用 RTU、SCADA 來組成

系統，各有各的優缺點，並無一定之標準，只要能達成客戶規範指定之功能即可。惟不同年度採購之特殊保護系統可能是由不同廠家/不同型號之設備組成，太多種設備將造成維護人員之困擾，故採購合約上應特別注意教育訓練與售後服務、維修及保固期之部分。

- 三、台灣目前並沒有電驛製造廠家，採購到之電驛均為外國進口，電驛說明書均以英文書寫，除電驛人員應加強英語能力外，建議每年仍應派員赴國外學習最新之電驛知識與技術。

參考文獻：

[1] TOSHIBA公司提供之講義。

[2] GE公司提供之講義。

[3] BECKWITH公司提供之講義。

[4] IEEE Std. C37.102-2006, IEEE Guide for AC Generator Protection.

[5] IEEE Std. C37.118, IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems.