
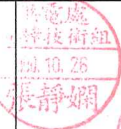



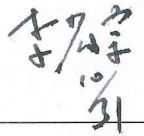


出國報告審核表

出國報告名稱：多功能匯流排保護電驛及同步相量量測應用技術		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
呂嘉圖	電機工程監	台灣電力公司供電處
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、業務接洽等)	
出國期間：100年08月22日至100年09月04日		報告繳交日期：100年10月28日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input checked="" 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"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式: PMU、IEC61850等設備,標準規範均已納入本公司SPS及保護電驛之採購規範內,對廣域系統故障分析提供甚大助益。 	

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「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人	 	審 核 人	單 位 主 管	主 管 處 主 管	總 經 理 副總經理
					

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：多功能匯流排保護電驛及同步相量量測應用技術

頁數 23 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：

呂嘉圖/台灣電力公司/供電處/電機工程監/(02)2366-6621

張靜嫻/台灣電力公司/供電處/電機工程師/(02)2366-6619

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：100/08/22-100/09/04 出國地區：瑞典

報告日期：100/10/28

分類號/目：台灣電力公司

關鍵詞：相量量測單元(PMU)

內容摘要：(二百至三百字)

匯流排保護的正確率將直接影響電力系統的安全性和穩定性，因此擁有結合快速性和穩定性的匯流排保護電驛，對匯流排保護而言尤為重要。

ABB 公司生產之 REB-670 匯流排保護電驛，不但符合現今自動化變電所的控制及保護需求，並使用 ABB 專利的差動演算法則，即能在匯流排內部故障發生時，迅速偵測故障，並於極短的時間內動作；而當匯流排外部故障發生時，即使在比流器嚴重飽和情況下，其匯流排保護電驛依然能夠保證系統的穩定。

同步相量量測技術於電力系統的應用方式也日趨多元化，其已由原先之靜態量測朝向動態量測發展，預期未來此技術除量測功能外，亦會朝向電力系統之控制及保護領域發展。

本公司目前正積極推行智慧電網中，廣域量測系統之同步相量量測技術則是智慧電網項目中非常重要的一環。近年來，由於同步校時及高速網路的技術相當成熟，也為同步相量量測的應用技術奠定了良好的基礎；同步相量量測技術應用於廣域量測系統中，可使電力系統運轉狀態之監測、告警、分析及控制得以更全面也更精確地運行。

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

出國報告（出國類別：實習）

數位式多功能匯流排保護電驛及同 步相量量測應用技術

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：呂嘉圖 電機工程監

張靜嫻 電機工程師

派赴國家：瑞典

出國期間：100/08/22－100/09/04

報告日期：100/10/28

目 次

多功能匯流排保護電驛及同步相量量測應用技術

目錄	頁次
壹、目的·····	1
貳、過程·····	2
參、ABB REB-670 匯流排保護電驛·····	3
一、差動保護原理·····	4
二、匯流排外部故障及內部故障·····	7
肆、用於電力系統廣域量測系統的同步相量量測技術	
現況與發展趨勢·····	10
一、同步相量量測技術規範簡介·····	10
二、同步相量量測技術規範發展趨勢·····	11
三、IEEE C37.118 及 IEC 61850 的整合·····	11
四、C37.118.1、C37.118.2 及 61850-90-5 技術規範·····	12
五、基於 61850-90-5 技術草案的同步相量使用案例·····	13
六、IEEE1588 技術規範·····	13
七、同步相量量測技術之硬體及應用發展趨勢·····	15
伍、參觀 Nacka 變電所·····	17

多功能匯流排保護電驛及同步相量量測應用技術

壹、目的：

保護電驛是擔任快速隔離故障設備的第一道防線，特殊保護系統則是在發生大擾動情形下確保電力系統穩定的第二道防線。本公司雖已有運用特殊保護系統技術的實績，但仍需多方學習累積相關應用技術及最新趨勢，其中歐美已普遍使用的同步相量量測技術預期將會是特殊保護系統應用中不可或缺之角色。這次實地造訪 ABB 公司，除更深入了解其相關多功能數位匯流排保護電驛(ABB REB-670)保護技術外，亦針對歐洲地區對於同步相量量測技術之應用情形及發展趨勢進行雙向溝通研討，相關經驗可作為未來此技術運用時之參考，並藉由參觀當地電力公司瞭解數位式多功能電驛設備運用方式、運轉及維護經驗、功能可靠度分析及電驛部門組織業務與人力運作等相關事宜，作為本公司電驛業務參考，俾提升本公司電力系統保護效能及供電可靠度。

貳、過程：

本次出國實習數位式多功能匯流排保護電驛及同步相量量測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
100/08/22~100/08/23	台北~瑞典斯德哥爾摩	往程
100/08/24~100/08/26	瑞典 ABB 公司	ABB 670/650 系列多功能數位電驛技術研討，參觀電驛研發製造中心
100/08/27~100/08/28	瑞典斯德哥爾摩~德國柏林	報告撰寫(假日)
100/08/29~100/08/31	瑞典 ABB 公司	ABB REB-670 多功能匯流排保護電驛技術研討
100/09/01	瑞典 ABB 公司	同步相量量測技術研討，參觀自動化變電站
100/09/02	瑞典 ABB 公司 德國法蘭克福	同步相量量測技術研討暨轉機(維斯特拉斯-法蘭克福)
100/09/03~100/09/04	德國法蘭克福~台北	返程

參、 ABB REB-670 匯流排保護電驛：

匯流排集結了電源、輸電線路及負載於一點，因此匯流排保護的正確率將直接影響電力系統的安全性和穩定性，擁有結合快速性和穩定性的匯流排保護電驛，對匯流排保護而言尤為重要。亦即當匯流排內部故障發生時，無關其連接回線之多少，匯流排保護電驛均能在極短的時間內動作；而當匯流排外部故障發生時，即使在比流器嚴重飽和情況下，匯流排保護電驛依然能夠保證系統的穩定。

ABB 公司生產之 REB-670 匯流排保護電驛，其匯流排保護應用方式可為分相式匯流排保護和三相一體匯流排保護方式，每具電驛最多可有 24 個類比資料輸入及 2 個保護區間(匯流排)。REB-670 保護電驛和其它廠牌型式之匯流排保護電驛相較之下，其擁有下列幾項特點：

1. 快速差動保護功能，接點動作時間為 10~14ms (快速跳脫接點甚至可達 7ms)。
2. 無比流器變比匹配之限制(目前台電使用之 SEL 製 SEL-487B 匯流排保護電驛，其最大和最小比流器匝比有 10:1 之匹配限制)。
3. 對比流器的要求很低，在電力系統的一個周期內，只要比流器 2ms 內不飽和， REB-670 保護電驛即能保證其穩定和正確地動作。
4. 標置設定值可以一次側電流值輸入。
5. 基於網路安全性考量，REB-670 並無內建 web -server 功能。



一、差動保護原理：

REB-670 匯流排保護電驛，其差動保護原理和目前台電電力系統中所使用之匯流排保護電驛(SEL-487B 或 GE-B90)不同，REB-670 延用了傳統固態型電驛所使用之 RADSS 設計原理(圖 3-1)，利用擷取匯流排保護區間內各回線之比流器二次側電流值以計算出每相 i_d , i_{in} , i_{out} , I_d , I_{in} 及 I_{out} 之數值，供電驛內部做匯流排差動保護及 CT 開路偵測演算。

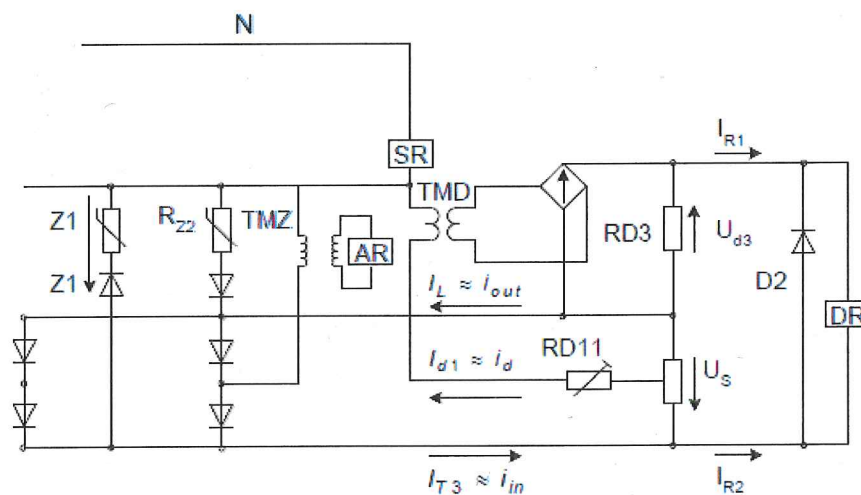


圖 3-1

REB-670 電驛內部差動保護計算中，其 i_d , i_{in} , i_{out} , I_d , I_{in} 及 I_{out} 定義分別說明如下：

$$i_d = \left| \sum_{j=1}^N i_j \right|$$

where

i_d 保護區間內瞬時差流電流值

N 保護區間內所有回線之電流數

i_j 保護區間內每一回線 CT 二次側之瞬時電流值

$$i_{in} = \max\{SP, SN\}$$

$$i_{out} = \min\{SP, SN\}$$

I_d = i_d 之 RMS 值

I_{in} = i_{in} 之 RMS 值

I_{out} = i_{out} 之 RMS 值

where

$$SP = \sum_{j=1}^M i_j \quad i_j \text{ 為每一取樣點之正值電流值}$$

$$SN = \left| \sum_{j=M+1}^N i_j \right| \quad i_j \text{ 為每一取樣點之負值電流值}$$

REB-670 電驛差動保護方式請參如圖 3-2 所示。

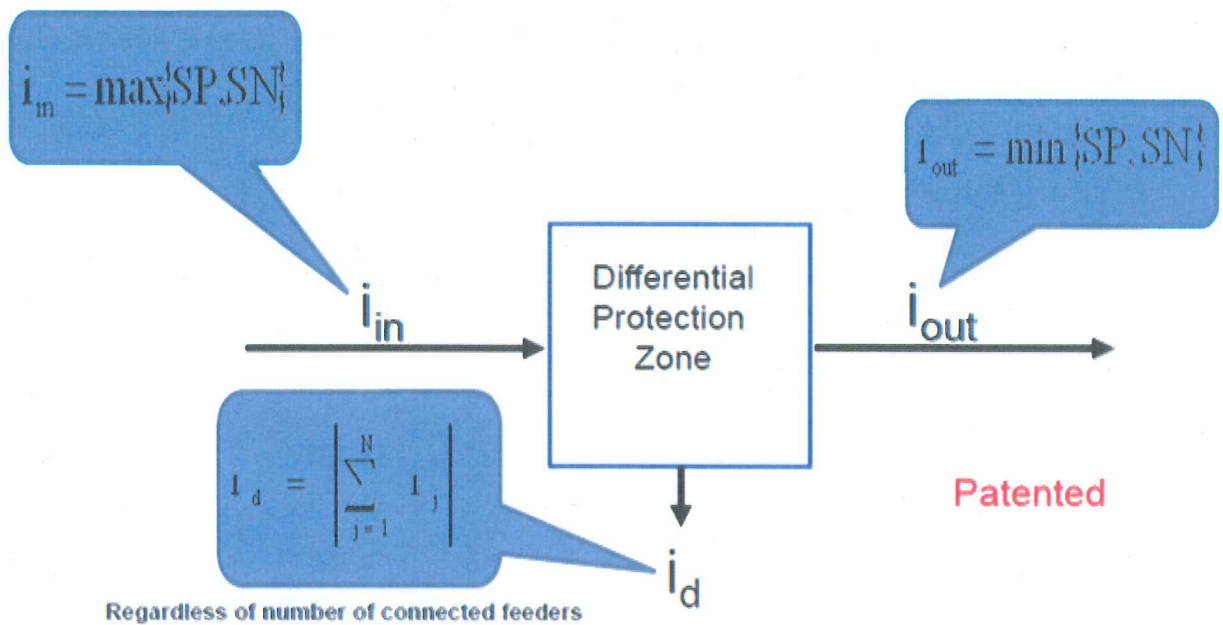


圖 3-2

而其特性曲線如圖 3-3 所示。

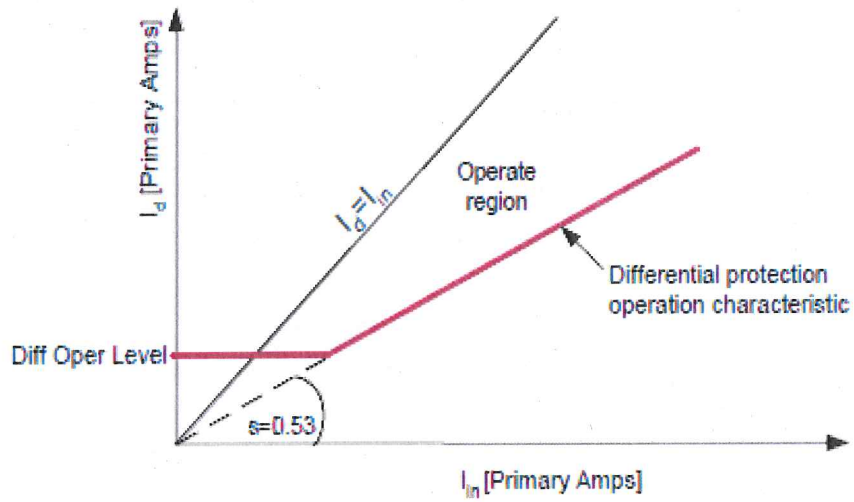


圖 3-3

圖 3-3 中紅色斜線之斜率為固定值 $S=0.53$ ，無法予使用者做設定，當差流電流值 I_d 超過差動 Pickup 啟動值，且落於灰色區塊時，差動保護元件將會快速動作以清除隔離故障電流。

二、匯流排外部故障及內部故障

匯流排差動保護中，發生匯流排外部故障時，容易因出現嚴重比流器飽和問題而造成電驛誤動作。但此次赴瑞典 ABB 公司實習時，ABB 公司非常有信心的表示，其銷售過無數電驛予許多國家之電力公司使用，但迄今尚未出現任何匯流排外部故障時電驛誤動作造成斷路器跳脫之事故。本節將說明 ABB REB-670 電驛是如何辨別匯流排外部故障和內部故障，以達到保護電驛之安全度及可靠度。

1. 匯流排外部故障

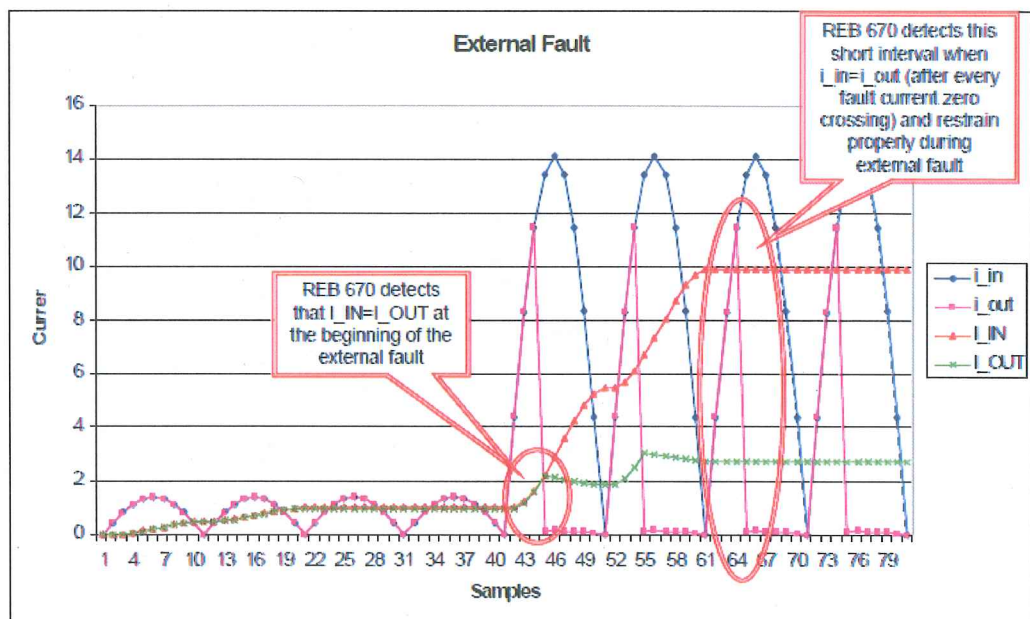


圖 3-4

由圖 3-4 中可看出在電力系統正常運轉情況下，由電驛運算出之 i_{in} 數值(藍色電流波形)會等於 i_{out} 值(粉紅色電流波

形)，而當匯流排外部故障發生時，保護區間內所有回線上的比流器二次側電流之和，理論上仍應等於故障線路上比流器二次側的電流，但由於故障線路上故障電流過大造成比流器飽和問題， i_{out} 經過幾個取樣點之後，電流值將降為零，因此在匯流排外部故障發生一開始時，REB-670 電驛仍可偵測到 $I_{IN} = I_{OUT}$ (紅色電流波形等於綠色電流波形)，且當取樣電流波形每一週波通過 0 值後，REB-670 電驛亦會偵測到一小段時間 $i_{in} = i_{out}$ ，如圖 3-4 所示，由圖中兩紅色框框內所述之外部故障發生時系統電流之特性，REB-670 電驛即可正確判斷出此為匯流排外部故障而非內部故障，以避免電驛發生差動電流而誤動作。

2. 匯流排內部故障

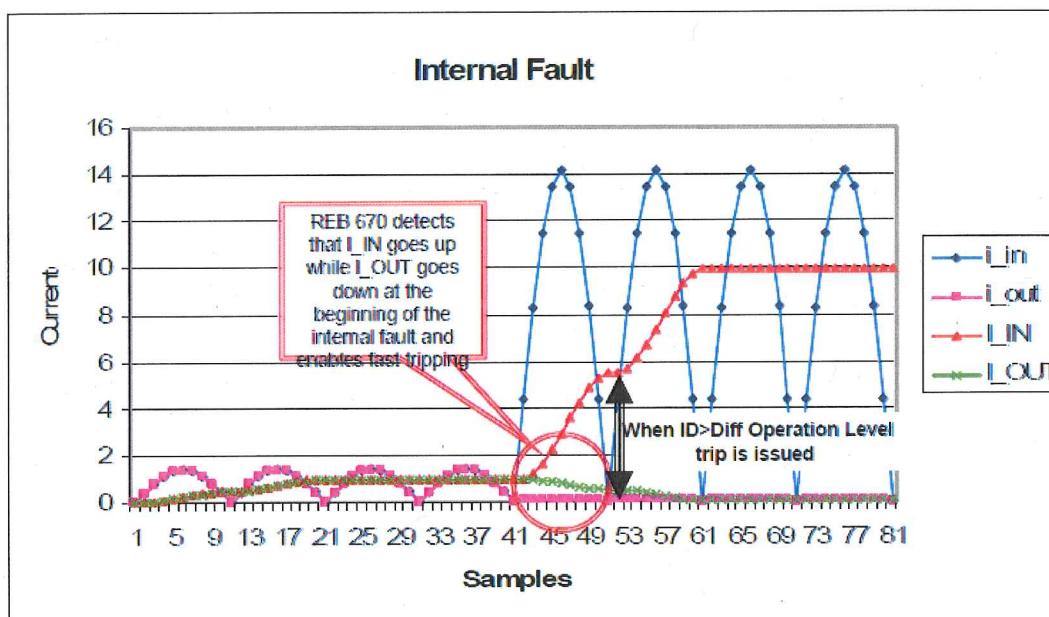


圖 3-5

匯流排發生內部故障時，因其連結若干電源、負載及輸電線路，故其故障電流通常較系統其它設備的故障電流來得高，因此匯流排保護電驛需快速地將故障隔離以維持電力系統之可靠度，本節將說明 REB-670 匯流排保護電驛如何快速地辨

別此為匯流排內部故障以使電驛差動保護元件快速動作以隔離故障。

當匯流排發生內部故障時，保護區間內所有回線上比流器二次側的電流皆應流向同一方向，因此由圖 3-5 中發現 REB-670 電驛運算出之 i_{out} 值(粉紅色電流波形)將降為 0 值，故 REB-670 電驛將會偵測到在匯流排內部故障發生後， I_{IN} (紅色電流波形)將往上增加，而 I_{OUT} (綠色電流波形)將往下降，REB-670 電驛即可依此辨別出為匯流排內部故障而快速動作跳脫斷路器以隔離故障。

肆、用於電力系統廣域量測系統的同步相量量測技術現況與發展趨勢

同步相量量測技術可針對廣域分布於電力系統中的電氣量進行即時的測量，除了可提供電力系統縱觀且即時的運轉資訊外，也為電力系統的安全分析及穩定控制提供新的方法。

同步相量量測技術應用在電力系統的普及性及重要性與日俱增，亦為本公司推行智慧電網項目中非常重要的一環，此技術於電力系統的應用方式也日趨多元化，須注意同步相量量測相關技術規範已由原先的靜態量測朝向動態量測發展，以及與 IEC61850 變電所通訊自動化通訊標準整合的趨勢，未來預期此技術除量測功能外，亦會朝向電力系統的控制及保護領域發展。

一、 同步相量量測技術規範簡介

同步相量標準始於 1995 年電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers)發表的 IEEE 1344 技術規範，當時僅訂定電力系統同步相量時間同步參數標準，並無針對相量量測方面的需求進行規範。

之後於 2005 年 IEEE 1344 被 IEEE C37.118 技術規範所取代，C37.118-2005 則較完整的定義了同步相量量測標準、確認量測精確度的測試及認證方法、資料傳輸格式及即時(Real-time)資料通訊協定等。現今的同步相量量測單元 (Phasor Measurement Unit)也都大多相容 C37.118-2005 技術規範。

二、 同步相量量測技術規範發展趨勢

隨著同步相量量測技術被廣泛的應用於電力系統的廣域量測系統中，對於新一代的系統需求除了須具備即時性之外，還須進一步具備有監視、告警、分析及控制功能。

此外廣域量測系統中的重要構成元件－同步相量量測單元(Phasor Measurement Unit)－設備之間的互操作性(Interoperability)、量測功能及精確度的提升、測試及認證方法、網際安全問題(Cyber Security Issue)以及變電所自動化整合等，亦逐漸被重視與檢討，因此 C37.118 規範從 2008 年起便重新開放修訂，直至目前仍在審議及擬訂中。

三、 IEEE C37.118 及 IEC 61850 的整合

C37.118 已被廣泛的使用於同步相量量測系統，61850 亦被應用於變電所自動化整合中，C37.118 規範的修訂除了量測功能、精確度的提升、測試及認證方法等須納入考量外，亦須一併考量與 IEC 61850 變電所自動化規範的整合性、是否繼續支援並相容目前的設備及系統、充分提供設備製造商產品發展的指南以及是否具備長遠發展的前瞻性等。

經過多方檢討及分析後，C37.118 與 61850 的整合預期會限制到 61850 的發展性，加上 C37.118-2005 的量測規範內容也因為資料傳輸規範內容與 61850 的相容性而導致整合問題。

基於上述原因，C37.118 最後決定分爲了 C37.118.1 及 C37.118.2 兩個獨立的部分來分別定義及規範，此外

61850-90-5 技術草案的提出，最終目的就是將 C37.118 整合至 61850 變電所自動化規範中。

四、 C37.118.1、C37.118.2 及 61850-90-5 技術規範

C37.118.1 規範了量測相關的內容，可維持與 IEC 技術委員會(IEC TC 95)的整合性及相容性，C37.118.2 則規範了資料傳輸相關的內容，另外與 61850 整合的部分則由 61850-90-5 規範了相關的內容。

C37.118.1 規範了量測相關的內容，除了相量、頻率的量測，亦包含了頻率變化量的量測，亦即除了電力系統穩態(Steady-state)的量測外，另針對動態(Dynamic)時的量測特性進行規範。

原本的 C37.118-2005 針對資料傳輸的內容僅定義了交換訊息的結構及內容，協定和硬體需求則無任何限制，C37.118.2 規範除了要維持與之前資料傳輸相關規範內容的相容性外，另針對相量資料集中處理器(Phasor Data Concentrator)及同步相量量測單元(Phasor Measurement Unit)之間的資料傳輸框架做了分類及定義，其中指令框架(Command Frame)係定義了從 PDC 至 PMU 的開始/結束等控制訊息，資料框架(Data Frame)、組態框架(Configuration Frame)及起始框架(Header Frame)則分別定義了從 PMU 至 PDC 的時間戳記、所有量測值、量測資料的說明(包含量度及名稱)等。

IEC 61850-90-5 技術草案報告最早於 2010 年 7 月被提出，目前正由 IEC 技術委員會(IEC TC 57)的工作小組

(WG 10)進行複審中，此技術草案為 C37.118 與 IEC 61850 整合的第一步也是一大步。

61850-90-5 技術草案將 C37.118 的同步相量量測於變電所自動化的應用分別對應至 61850 變電所採樣值 (Sample Value)，通用物件導向變電所事件(GOOSE)，邏輯節點 (Logical Node) 及變電所配置語言 (Substation Configuration Language)等；同時亦考量到同步相量採樣值將應用於廣域量測時網路分享的範疇，所以又個別定義了符合使用者資料流協定 UDP (User Datagram Protocol)的變電站採樣值(Sample Value)，簡稱 USV，以適合廣域網路環境中廣播，或一對多傳輸的方式，例如一個 PMU 對多個 PDC 傳輸資料的情況。

五、 基於 61850-90-5 技術草案的同步相量使用案例

另外已經有基於 61850-90-5 技術草案的同步相量使用案例(Use Case)的檢討，使用案例檢討的範圍從分析類到保護類均有涉及，例如電力系統運轉狀態評估(State Estimation)，線上運轉安全餘裕度評估(On-line Security Assessment)，同步檢測 (Synchro-check)，失步保護 (Out-of-step Protection)，自適應保護(Adaptive Relaying)等，待相關技術規範及應用案例逐漸成型後，可大幅提高廣域量測系統的在分析及保護方面的功能性。

六、 IEEE 1588 技術規範

另一個值得注意的是 IEEE 1588 規範的發展，同步相量量測必須仰賴準確且可靠的時鐘源來進行時間同步。全

球定位系統(GPS)，是一個中距離圓型軌道衛星導航系統，它可以為地球表面絕大部分地區（98%）提供準確的定位、測速和高精度的時間標準。GPS 時間標準已被廣泛的用當作變電所設備的時鐘源，同步相量量測設備亦然，然而於變電所內需要時間同步的設備數量非常多的情況下，只能選擇裝設多具的 GPS 天線及接收器，或是使用分配器來分享時間同步訊號，雖然 GPS 時間同步訊號具有取得容易及極佳的準確度等優點，但是 GPS 時間同步訊號於自動化變電站內的分配方式，目前並沒有任何規範可以遵循，所以引接或分配方式因人而異。在自動化及網路化變電所日益普及的今天，利用已建置的高速區域網路來進行連網設備的精準時間同步的議題逐漸升溫，其實利用網際網路來進行電腦之間的時間同步並不是新的技術，早在網際網路發展的初期即有網路網路時間協定(Network Time Protocol)的存在，NTP 是以封包交換方式將兩台電腦(或設備)的時鐘同步化的網路協定，但是 NTP 時間同步的精確度不佳；於是出現了新的精準時間協定(Precision Time Protocol)，此協定解決了 NTP 精確度不佳的問題，更提供多時鐘源、最佳時鐘源演算法則(Best Master Clock Algorithm)、傳輸延遲計算法則及補償機制，精確度將小於 1 微秒(1us)，PTP 原本就被納入 IEEE 1588 規範中，1588 的存在，填補了 NTP 和 GPS 不足的地方。本次參訪討論中，ABB 公司表示將會持續且積極的參與 IEEE 1588 規範的制定，也會在未來的產品中加入此功能。

七、 同步相量量測技術之硬體及應用發展趨勢

本次出國計畫參訪的對象係位於瑞典中部維斯特羅斯(Vasteras)的 ABB 公司，除了研發及製造輸變電等級的 IED 外，PMU 的硬體亦是於此設計並製造，ABB 將於 2011 年底上市全新的 PMU 產品 RES670 (圖 4-1)以取代既有的 RES21 系列。



圖 4-1

RES670 被定位在電力系統廣域保護及量測 IED 裝置，除了具備與所有 ABB Relion 系列 IED 的軟、硬體相容性外，亦相容 C37.118 及 61850 規範，可同時進行 8 個同步相量的量測，相量的訊息傳送率(Message Rate)可高達每秒 240 次，除 PMU 功能外 RES670 另內建過電流、方向性過電流、過電壓、欠電壓、高頻、低頻及頻率變化率等一般保護功能。目前 PMU 硬體具備較高的訊息傳送率已儼然成為趨勢，其實際應用雖尚未成熟，但是應用方式預期可由原本的電力系統運轉狀態監控及告警，朝向線上運轉安全分析及控制發展，例如基於廣域量測的阻尼控制，利用相對功角或

角速度等訊息進行遠端的閉環路控制的電力系統穩定器 (PSS)，比起傳統僅近端的控制方式，動態協調的能力可大幅提升，可有效處理系統低頻震盪的問題，並提高系統間的傳輸容量，但是須注意遠端輸入訊息的傳輸延遲會變得至為關鍵，此時硬體設備的高訊息傳送率及高速穩定的數據通道應可有效的降低延遲。基於廣域量測的暫態分析控制可即時運算系統於擾動或暫態時的軌跡及狀態，提供運轉人員較充裕的反應時間來進行預警或控制作為。基於廣域量測的電壓控制，可即時量測等效電源與等效負載之間的關係，提供運轉人員即時的電壓穩定的餘裕度及傳輸能力極限值，讓系統運轉於極限值內，避免電壓崩潰。基於廣域量測的頻率控制，不須如傳統低頻卸載方式等到頻率下降後方能進行動作，理論上可由頻率變化率及系統慣量等資訊即時計算卸載量。

伍、參觀 Nacka 變電所

本次受邀參觀位於瑞典首都東南方郊區的 Nacka 變電所，該變電所為 220kV/70kV/20kV 變電所，220kV 操作及維護權責屬於瑞典國家電網(Swedish National Grid)，70kV 以下操作及維護權責屬於當地的配電公司 Vattenfall，主要的電力設備為兩個 220kV 單匯流排並以雙連絡斷路器連結，兩回 220kV 架空線路，兩台 200MVA 200/70kV 電力變壓器，70kV 的雙匯流排以及兩回 70kV 架空線路，另外一條 220kV 海底電纜線路正在施工中，預計 2012 年可以加入系統服役，Nacka 變電所是近期才由瑞典國家電網及 Vattenfall 公司委託 ABB 公司進行的汰舊換新工程的其中一所，變電所內已經沒有專用的開關操作盤面，而是每個檔位均由一具 REC670 Bay Control Relay 來進行控制，圖 5-1 為 220kV 連絡斷路器檔位控制及保護盤，位於開關狀態指



圖 5-1

示器上方的即為 REC670 電驛。Nacka 變電所 220kV 的保護系統均為雙重保護且必須為不同廠牌，所以分別選用 ABB 及 SIEMENS 的保護電驛作為雙重保護的電驛設備供應商，而不是全所皆使用 ABB 的產品；至於 220kV 的變電所控制系統則是採用雙備援的 MicroSCADA 系統，IED 透過 LON 通訊協定與 MicroSCADA 系統連結，另外與 NCC 之間則是採用 RP570 通訊協定，如圖 5-2 所示。

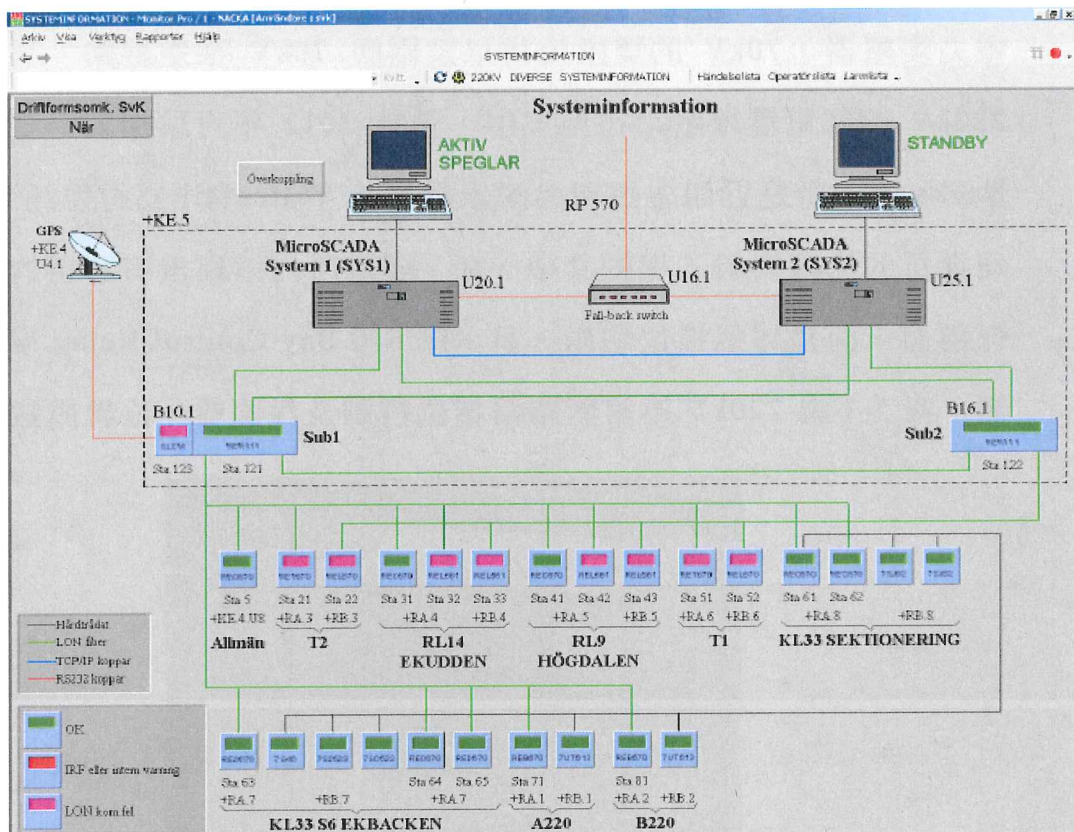


圖 5-2

在參訪過程中亦與瑞典國家電網工程師交換意見，過程中提及 220kV 海纜的保護方式、線路差流保護用通訊頻道規劃以及汰換後的運轉實績等，該海纜的保護方式與本公司線路保護相同，均是使用數位差流電驛為主要的保護，測距電驛為後衛保護；又因為 Nacka 變電所的海纜將引接至 220kV 連絡斷路器的雙斷路器檔位，所以在雙斷路器的差流保護用比流器引接方式上亦與本公司應用方式相同，均有考

量到外部事故造成的穿越故障電流(Through Fault Current)現象可能因比流器採併接方式時造成抑制電流(Restrain Current)成份不足會導致電驛誤動作的情形，故於雙斷路器配置的 Nacka 變電所端線路差流電驛第一套的 ABB RED670 電驛係選用兩組電流輸入的版本以對應雙斷路器雙比流器輸入的組態，第二套的 SIEMENS 7SD523 電驛沒有兩組電流輸入的版本，在前述雙斷路器之比流器不得併接的條件下，故決定於 Nacka 變電所端裝設兩具 7SD523 電驛，並將兩組比流器分別引接至所對應之 7SD523 電驛，再與遠端 Ekbacken 變電所的 7SD523 電驛形成三端子線路差流保護，此外 Nacka 至 Ekbacken 的海纜因為採用複導體，所以瑞典國家電網為了於電纜故障時除了故障相別外，亦能立即得知是複導體中的哪一條導體故障，故另分別裝設兩套差流電驛做電纜監視用，以期於電纜事故後快速釐清故障位置。線路差流保護用通訊頻道規劃方式亦與本公司方式相同，係採用通信部門提供的專用數位頻道來提供線路差流電驛保護用，此數位頻道係利用同步數位階層(Synchronous Digital Hierarchy)架構的多工機系統提供。運轉經驗方面於 Nacka 變電所汰換完成加入系統後曾經發生一次瑞典國家電網維護人員誤將接地開關投入導致匯流排保護電驛動作事件，事故清除時間約 50ms，事故波形記錄如圖 5-3，據瑞典國家電網表示人為造成的停電事故比例和其他原因相比確實是有較高的情形。

	t in ms	Measuring Signal	Instantaneous	R.M.S.
Cursor 1:	-7,6	T2-220-IL1	0,251 kA	0,19 kA
Cursor 2:	0,0	T2-220-IL2	1,108 kA	0,37 kA
C2 - C1	-7,583	T2-220-IL2 - T2-220-IL1	857,017 A	180,674 A

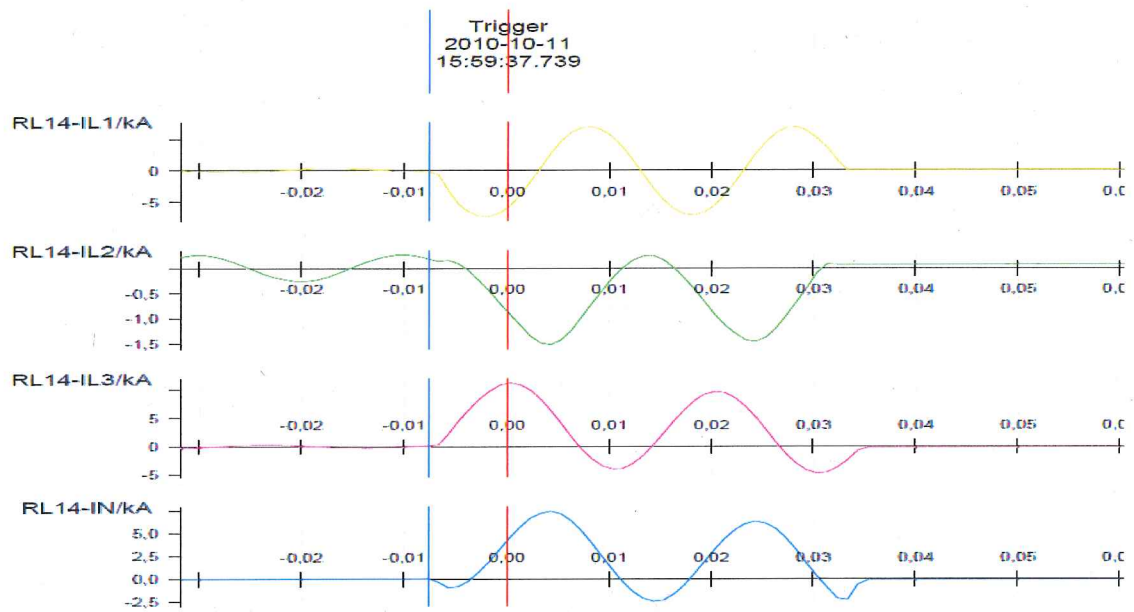


圖 5-3

陸、心得與建議：

心得：

感謝公司長官給予此次出國研習之機會，除了可實地造訪瑞典 ABB 公司，與其工程師當面研討及交流數位式多功能保護電驛之應用技術外，更可體會到不同國家民族文化生活上的差異，以及增加了在異地遇到突發狀況緊急應變能力的經驗，深信此行對我們未來在工作及生活上都有很大的助益，我們也很樂意將此行所見所學，與公司各位長官同仁分享。

目前台電供電系統中所使用之匯流排保護電驛，包含有 SEL 製 487B 及 GE 製 B-90 電驛廠牌型式，卻尚未使用過歐洲廠家所製造之匯流排保護電驛，經由此次赴瑞典實習 ABB 製匯流排數位電驛，發現其差動保護原理和 SEL-487B 及 GE-B90 電驛截然不同，藉由此次機會，我們可比較其不同之處之優缺點，以供未來台電在採購保護電驛器材及系統應用上之參考。歐洲廠家製造之數位匯流排保護電驛迄今尚未應用於台電供電系統上，除因其價格較高之因素外，亦因台電技術採購規範之牽制，例如：ABB REB-670 電驛未能提供 web -server 功能。針對此項技術，我們於此次參訪也和 ABB 工程師討論是否可增加此項功能，然 ABB 公司工程師回覆表示，ABB 公司製造之保護電驛銷售至許多國家之電力公司，基於網路安全性之考量，其有義務和責任確保使用者之保護系統應用於其電力系統中之安全性及可靠性。

此次實習亦透過 ABB 公司安排參觀位於瑞典斯德哥爾摩城市之 Nacka 變電所，其保護設備及保護方式大致和本公司之應用方式頗為雷同，但仍有部分保護設計理念和本公司有所不同，但在彼此技術交流意見後，相信對彼此之保護應用技術皆有所助益。

建議：

- 1). 此次參訪有詢問有關 PMU 功能內建於 IED 的相關問題，ABB 公司表示目前並沒有類似的產品，主要原因除了 PMU 未來發展趨勢會朝向多組同步相量輸入、高訊息傳送率、高精度、高度整合性發展及動態量測外，另考量到現今的 IED 必須兼具保護、表計、控制及通訊等與變電所自動化的相關功能，內建 PMU 功能若要媲美專用型，將大幅提高硬體門檻及製造成本，故以 PMU 未來的發展趨勢以及製造生產的觀點，專用的 PMU 應該是未來的趨勢；不過 ABB 亦表示將來不排除將簡易型 PMU 功能內建於 IED 中，以增加產品競爭性。建議本公司於基於同步相量量測技術的硬體建置上，考量到未來無論是在系統分析、系統控制或是系統保護的應用層級上，須考量其擴充性及相容性，硬體的規劃上還是以建置專用 PMU 為佳。
- 2). 本公司目前輸電等級保護電驛規範要求須內建 Web-Server 功能，以方便非電驛人員(如運轉人員)於不須專用連線軟體的情形下，使用電腦內建之瀏覽器即可直接連線至電驛進行事故資訊查詢，但是本次參訪發現 ABB 公司全系列 IED 均無內建 Web-Server 功能，其考量點為網際網路安全問題(Cyber Security Issue)，ABB 表示他們除了生產及販售 IED 給世界各地的使用者外，亦有連帶的責任及義務確保其 IED 應用於電力系統中具有一定的安全性，尤其是現在網際網路的普及也同時造就了駭客文化，電力事業相關設備一旦遭受駭客入侵，影響層面將牽連甚廣，所以 ABB 公司生產設計之 IED 裝置均以網路安全考量為第一優先；本公司變電所自動化網路係由電力通信處專設，與一般網際網路保持實體隔絕狀態，並針對存取點(Access Point)進行多重安全管控，因此安全性無虞。本次參訪建議 ABB 公司

及先前參訪 SEL 公司，均發現各家廠商針對 IED 裝置的網路安全問題(Cyber Security Issue)投入越來越多的人力及物力，相關變電所自動化及網路化後有關網路安全的文獻級報告也多如雨後春筍，建議日後可派員針對此一主題提出國參訪，吸取相關經驗。

- 3). 保護電驛設備於電力系統中占有其舉足輕重之地位，且保護電驛應用發展技術日新月異，各國廠家生產之保護電驛亦各有其可取學習之處，期望公司能繼續派員出國參加相關保護電驛技術研討會及赴電驛廠家製造廠學習觀摩，並與各國工程師互相交流技術意見，俾利台電供電系統更加穩定安全可靠。