

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
中華民國九十九年七月一日出版

發行者：羅隆和

高等顧問：李河樟 許萬寶 張重湖 簡文通

顧問：周南焜 唐進財 許邦福 趙基弘

法律顧問：吳仲立 游文華 賴青鵬

編輯委員會：主任委員 李錦槍

副主任委員 黃慶林

編輯委員：白雲年 李 群 吳立成 洪世宇

洪敏捷 林安志 李金鐘 范建誼

翁永財 郭麟瑛 陳來進 陳炳基

陳順斌 許文興 張偉荃 黃英龍

黃思倫 黃惟雄 黃德華 曾炳權

劉昆詠 謝建賢

(依照姓氏筆劃順序)

廣告組：張家熙 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 保護電驛乙太網路資料管理系統概
說-----周南焜、蔡政達
王坤展、莊雅欽

☆33 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
-----黃培華、柯侖寬
許文興、陳思仁

☆40 大潭-龍潭紅白線 M2/M3 模式切換開
關設計-----陳炯彰

☆46 輸電線路數位式差電流保護電驛
SEL-311L 邏輯規劃說明 -----劉昆詠

☆56 利用目測法判定示波器波形紀錄有
無「次諧波」(Subharmonic)成份
-----張家熙

☆77 東芝製數位電驛加入乙太網路系統
概說-----周南焜
蔡政達
王坤展

☆84	會務報導	<h2 style="margin: 0;">廣告索引</h2> <p>封面 全城電業顧問有限公司</p> <p>封底 中華民國電驛協會</p> <p>封面裡 祥正電機(股)公司</p> <p>封底裡 中華民國電機技師公會全國聯合會</p> <p>1 盈昇有限公司</p> <p>2 勇帥電氣技術顧問(股)公司</p> <p>3 計量企業有限公司</p> <p>4 燁新有限公司</p> <p>5 西門子(股)公司</p> <p>6 巧力工業(股)公司</p> <p>7 昱泰機電技術顧問(股)公司</p> <p>8 日幸科技有限公司</p> <p>9 飛領電機顧問/飛羚電機工程(股)公司</p> <p>10 攝陽企業(股)公司</p> <p>11 亞力電機(股)公司</p> <p>12 華城電機(股)公司</p> <p>13 中友機電顧問(股)公司</p> <p>14 春源機電技術顧問有限公司</p>
☆85	中華民國電驛協會獎學金辦法	
☆86	中華民國電驛協會獎學金申請表	
☆87	99 年下半年度訓練計劃	
☆88	99 年下半年度訓練課程綱要	
☆89	中華民國電驛協會保護電驛專業檢測團體認證規範	
☆94	中華民國電驛協會第六屆第二次理事暨監事聯席會議記錄	
☆97	中華民國電驛協會第六屆第二次會員代表大會會議記錄	
☆100	第六屆顧問及各委員名單	
☆101	電機顧問公司(廠商)派員參加保護電驛認證班統計表	
☆102	中華民國電驛協會獎學金捐款明細	
☆103	中華民國電驛協會會員捐款	
☆104	中華民國電驛協會沿革	
☆105	中華民國電驛協會年費收費辦法	
☆106	中華民國電驛協會個人、團體入會申請書	
☆107	中華民國電驛協會永久團體會員名單	
☆109	中華民國電驛協會團體會員名單	
☆110	中華民國電驛協會永久個人會員名單	
☆112	中華民國電驛協會個人會員名單	
☆118	九十九年 1 至 6 月新入會會員名單	
☆119	電驛協會會刊目錄總表	

保護電驛乙太網路資料管理系統概說

高屏供電營運處電驛組 周南焜、蔡政達、王坤展、莊雅欽

一、前言：

近年來，保護電驛型式逐漸由傳統的機電式（EM）電驛汰換成數位式保護電驛，加上目前最火熱的 IEC 61850 通訊協定的制定完成，即便讓電驛乙太網路系統的身影漸漸變得更為明顯。有鑑於此，早在 95 年供電處已經著有先見並開始規劃建立電驛乙太網路系統，於 98 年度全省各供電處區營運處建立乙太網路工程皆達 90% 以上的完成率。

對於電驛乙太網路系統的建立，有賴於電驛設備數位化之後所提供的通訊連接介面，而通訊連接介面需要能提供 RJ45 或是光纖介面為最優先，提供通訊協定方式也以提供 TCP/IP 搭配 Web Server 的方式為最佳，目前市面上比較大品牌公司有提供如此解決最佳方案的，以奇異(GE)所提供的介面最為和善；但是電力系統保護電驛的電驛型式，也並非只有用一種保護電驛做系統保護或是單一廠牌提供的電驛來規劃整套電驛保護裝置，造成電力系統上的保護電驛，不只廠家不一，連保護電驛的功能規劃方式也不一，導致乙太網路系統的整合範圍就極為廣泛，其中包含需要整合各家廠牌電驛的通訊介面、通訊格式、資料格式、資料傳輸、人機介面...等，所以在整合乙太網路系統上就顯的格外困難。

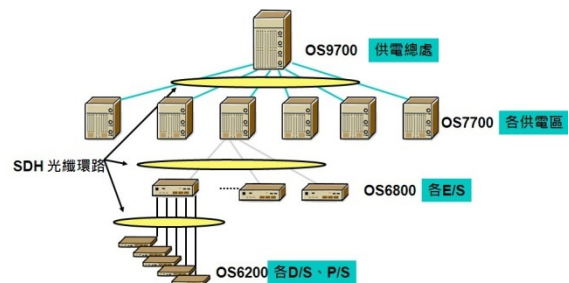
電驛乙太網路資料管理系統在電力系統保護電驛裡所扮演的角色，應該是著重於維護方面及後續事故資料讀取...等目的為主，而非電力系統保護電驛所提供主要

的保護功能，所以其通訊可靠度、準確率、封包遺失碰撞...等要求就非如此的高，有別於線路保護差動電驛(87)所需的通訊規格，不但要提供同步時間、封包遺失率、通訊延遲...等高規格的需求。

二、系統架構：

保護電驛乙太網路系統的通訊規格，大抵可以依照 TCP/IP 的 IPv4 通訊協定為範疇，也是市面上各通訊交換器所可以提供的普遍功能為主，其優點：可以降低系統的建置成本、縮短系統的建置時間、市場設備的成熟度高、通訊技術的成熟度高、系統的擴充性好、提供較好通訊安全...等；當然的，還需考慮到設備的连接數以及通訊流量相關問題，所以亦可以將目前的保護電驛系統架構，來規劃電驛乙太網路資料存取及維護系統的架構。

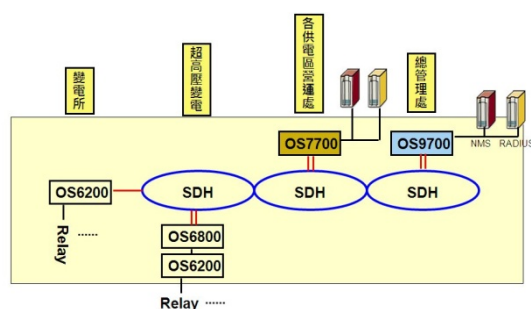
目前系統架構依照世界領導品牌 Cisco 早期所提出的 L3-L3-L2 的通訊架構來規劃，並依照總處-各區供電處-各超高壓變電所等階層方式安排，再由超高壓變電所再連接至各一次變電所或一次配電變電所，架構概念圖如下：



其中 D/S、P/S 變電所之間的連結、各 E/S 超高壓變電所連結、各供電區營運處、各發電廠連接等部份，皆需要藉由通

訊處所提供的 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)系統來連結，讓整套系統呈現出樹狀的連結方式，就 SDH 系統的規劃角度來說，各供電區營運處彼此的通訊封包是不相通的，需藉由供電總處的 OS9700 的乙太網路設備作連通的功能，而各供電區營運處下的各超高壓變電所，其連至供電區營運處之間也彼此不相連通，需藉由供電區營運處內部的 OS7700 的電驛乙太網路通訊設備作連通，但是超高壓 E/S 變電所底下的一次變電所 D/S 的連結封包是相通的，但是藉由通訊封包加密方式將各 D/S 一次變電所下的封包作區分，如此既可以達到各變電所的封包獨立，並可以隔離不必要的廣播封包，並由 OS6800 的乙太網路設備作解密、連通、過濾廣播封包的工作；而發電廠則是規劃設定為與 E/S 超高壓變電所通等級，採用 OS6800 來作連通，其底下可以接上各電壓等級的電驛設備。

至於各供電區營運處內部連線部份，則規劃兩台 Server 作為 Web Server，彼此作為備援機制，並提供電源不斷線系統；而遠端連線至電驛相關設備的部份，則規劃兩台連線專用 PC，一台專用 PC 放在電驛組作為維護電驛及資料遠端存取使用；另一台專用 PC 則放置於 ADCC 區域調度中心給值班主任使用，作為事故資料遠端存取使用。其架構如下：



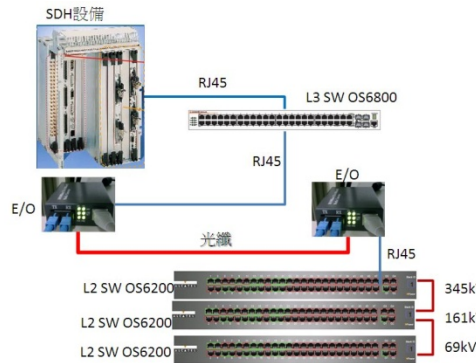
現場電驛連接部份，目前規劃有兩種方式：

- 1、一次變電所連回超高壓變電所 (D/S->E/S 或 P/S->E/S):目前的方式為該變電所採用放置一台 L2 SW(Layer 2 網路交換器) OS6200，將所有可連線的數位式保護電驛連接至該設備，再由 OS6200 將封包加密(Tag 技術)後對上層傳輸，而一次變電所的網路交換器 OS6200(L2 Switch)的放置位置有時並非可以與通訊處所提供的 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)系統設備放在同一個機架上，所以遇到設備間距離比較長時，建議採用 E/O(Electricity/optical, 光電轉換器)的方式，搭配光纖來作為設備之間的資料傳輸，架構示意圖如下：



- 2、超高壓變電所內部的電驛設備連接方式:目前則是採用各電壓等級各放置一台 L2 SW(Layer 2 Switch) OS6200，如此即會出現一個通訊機架下會有多台 OS6200 的狀況(如下示意圖)，此時各個 L2 SW OS6200 之間則可利用堆疊技術並用「網路線 RJ45」作連接，並統一由一台 L2 SW OS6200 作加密(Tag 技術)的工作，並負責與上層 L3 SW OS6800 連接，此方法可以減少光纖的佔用量、乙太網路維護人員的維護方便，對於上端傳送頻寬則可提供 100MB 的頻寬當作共用通道。如果不同的電壓等級的保護電驛設備是分散的，例如：69kV 的電驛設備於獨立電

驛室內，345kV 與 161kV 的保護電驛設備於另一電驛室內，則此時亦可以採用方法一與方法二的方式混合搭配使用，只需於 L3 SW OS6800 內的設定作區分即可。



而各供電區營運處轄區內的超高壓變電所E/S連回供電區營運處的通訊中心裡 OS7700的部份，則是一樣採用加密技術(Tag)的方式，至於各超高壓變電所E/S之間的連通則是在OS7700建立RIP(Routing Information Protocol，目前最廣為使用的路徑選擇協定)，讓各變電所之間的通訊可以達成，當然其中並包含發電廠的OS6800連接。這一部份，還有兩台伺服器以及兩台個人電腦的連接，此處需依照各伺服器、OS7700交換器以及個人電腦之間的距離來定架構，目前也有兩種方法可以供選用，第一種方法則是將所有設備(兩台伺服器與兩台個人電腦)利用RJ45連線至OS7700上端的通訊埠，如果設備之間的距離太長的話，亦可以利用E/O與光纖來增加傳輸距離(RJ45的有限距離為100M);另一個方法是可以新增一個L2 SW OS6200讓兩台伺服器設備(或兩台個人電腦設備)先行接上，上層端再接至OS7700交換器。

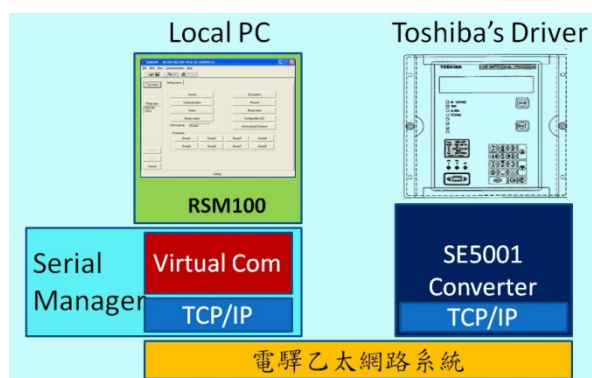
連接至供電總處OS9700的部份，則統一規劃一個對上層的VLAN(Virtual Local Area Network, 虛擬區域網路技術)並作加密(Tag)方式，再透過SDH系統連回供電總處的OS9700交換器，為了獨立各供電區營

運處之間的保護電驛管理權限，在此OS9700會多建立一項ACL技術(Access Control List, 存取控制列表)，讓各供電區營運處的電驛群可以有自己的管控權，他區並無法直接連結存取該區的保護電驛系統。

接下來就是供電總處的OS9700，則負責各供電區營運處的存取控制與乙太網路通訊的監視，而以各供電區營運處則負責管理自己轄區的保護電驛系統、總處可以讀取各區的保護電驛資料等原則來規劃，但是保護電驛的修改與維護權限還是歸屬各供電區營運處。

保護電驛端接上乙太網路系統的部份，則因為目前的保護電驛系統的數位式保護電驛型式眾多，在接上乙太網路系統仍有需要修改與補強的地方，而保護電驛廠牌大抵可分為三大廠牌，分別是：奇異(GE)、SEL(Schweitzer Engineering Laboratories)、東芝(Toshiba)等三大廠牌，其中以奇異 UR系列(L90、D60、T60、B90、F35等)已經提供RJ45網路介面及網頁服務(Web Service)最為完善，直接將網路線RJ45連接至L2 SW OS6200並將保護電驛相關設定完成即可。SEL廠牌的保護電驛，則是採用外接該家產品SEL-2890 Ethernet Transceiver來解決，此產品不但提供串列埠RS-232轉換Ethernet的功能，其內部則利用Java Script來達成提供網頁服務(Web Service)的功能，故需添購SEL-2890 Ethernet Transceiver設備及修改SEL保護電驛設定，並且連線端(個人電腦)需安裝Java Run Time的程式，如此就可以完成連接上乙太網路系統的目的。而在東芝製(Toshiba)電驛的部份就比較麻煩，因為該廠牌保護電驛有分A、B兩種型式，B版則有提供乙太網路RJ-45的介面，但並無提供網頁服務(Web Service)，A版部份則無任

何乙太網路介面以及網頁服務(Web Service)，原廠家建議採用類SCADA的方式建立，其建置成本極高、建置時間久，故經供電總處評估後不採用，則改採用串列伺服器的方式來轉換，將現場東芝製保護電驛現場維護Port (RS-232)轉換成Ethernet，再連接至現場的L2 SW OS6200乙太網路交換器上，而連線端(個人電腦)需加裝VCOM(Virtual COM Port)的軟體來虛擬COM埠(其架構示意圖如下)，如此的方式亦可以完成讓東芝製保護電驛接上乙太網路系統，但是仍然無法提供網頁服務(Web Service)，乃遺珠之憾。



每個供電區營運處皆有規劃兩台伺服器，主要是要讓各供電區營運處提供一個整合介面，整合什麼？當然是整合各供電區營運處轄區內的電驛，近年來保護電驛系統逐漸汰換成數位電驛將有增無減，保護電驛設備也會越來越多，每一個電驛設備接需要一個固定IP Address(Internet Protocol Address,網際網路通訊位置)，而各供電處皆有一個B Class的網段供各區規劃使用，初期規劃每一個超高壓變電所E/S轄區皆有30個C Class網段可以使用，每一個一次變電所D/S分配到一個C Class網段，若為一次配電變電所P/S則會分配到兩個C Class網段，一的電壓等級一個C Class網段，所以超高壓變電所E/S最多將會被分配到三個C Class網段，並且每個供電區營運處皆有專人負責管理該轄區IP Address

表，避免出現IP衝突的現象。然而如此龐大的IP Address數量，需建立一個整合介面，而目前各供電區營運處的伺服器建立一個整合網站「保護電驛乙太網路資料管理系統」，並由專人負責維護管理，以維持網站資料為最新。而另一台伺服器將同時作為備援，可以避免因伺服器當機而系統停擺。

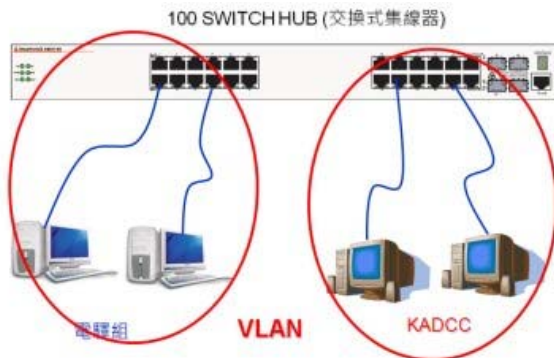
而供電總處的伺服器則是負責監視整個乙太網路系統的通訊設備(Switch)連通狀況，並建立網頁伺服器(Web Server)可讓總處的使用者可以連線到各供電轄區內電驛。

除了保護電驛設備加入乙太網路系統之外，還有另一個設備需同步加入乙太網路系統，那就是故障紀錄示波器(OSC)，近幾年各供電區營運處陸續汰換無遠端連線功能的故障紀錄示波器(OSC)，所以目前各轄區的故障紀錄示波器也陸續加入乙太網路系統，但各區的作法各有不同，無絕對好壞之分，只是巧妙各有精彩之處，在此介紹一例是採用網頁服務介面的整合方式，則是利用一支由Turbo Delphi程式語言所撰寫的免費軟體hfs.exe(HTTP File Server)來運作即可，該程式不需安裝，只需作程式設定即可讓程式平穩運作於故障紀錄示波器(OSC)裡面，亦可以提供遠端使用者利用Web 瀏覽器(Internet Explorer 瀏覽器)來抓取所需要的事務紀錄資料與檔案，相當方便且沒有版權問題。

三、相關技術概說：

VLAN(Virtual Local Area Network,虛擬區域網路技術):這就是利用「邏輯網路」(Logical LAN)的概念，在一般的通訊封包的檔頭(Header Address)前加掛自家廠牌的標籤封包技術，讓實際上並不一定連結在一起的工作站以邏輯的方式連結起來，

使得這些工作站彼此之間通訊的行為和將它們實際連結在一起時一樣;相對的亦可以作邏輯上的切割，讓乙太網路通訊設備上的不同的通訊埠 (Port) 隸屬不同 VLAN，而同在一個乙太網路交換器上的設備，就能彼此無法連結相通。



Tag(Trunk,加密技術): 若將乙太網路交換器(Switch)的每一個RJ-45 Port 視為單一連線實體，Trunk(Tag)則是指將多個實體連線結合成為[單一]邏輯連線的技術，簡單而言就是指 Link Aggregation 技術。Trunk 技術通常運用在 Switch 與 Switch 或者 Switch 與 Server 對接的時候，藉由將多個 Switch Port 群組化成為一個 Link Trunking 時，此時能增加兩裝置間的傳輸頻寬，或可用來消除檔案傳輸的瓶頸及提昇網路區段的流量。兩台乙太網路交換器(Switch)之間，假設單一乙太網路交換器(Switch)Port 速率為 100Mbps(Half-duplex 半雙工);在各個 交換器(Switch)中，設定四個 RJ45 Port 為一組 Trunk，此時在”Full-duplex 全雙工”模式下，總傳輸速率如下： $100\text{Mbps} * 2 * 4(\text{port}) = 800\text{Mbps}$ 。伺服器(Server)與乙太網路交換器(Switch)間:假設單一 Switch Port 與伺服器(Server)上的 Card Port 速率為 100Mbps (Half-duplex 半雙工);總傳輸速率如下：

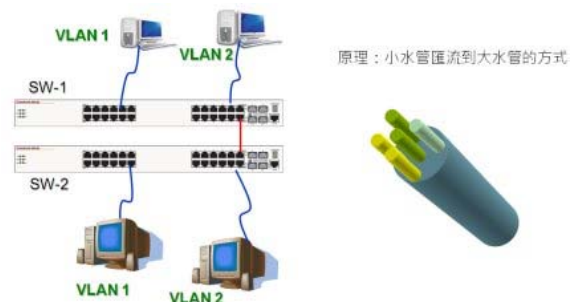
(a) Server A 與 Switch(2 port 為一組 Trunk)

間: $100\text{Mbps} * 2 * 2 = 400\text{Mbps}$

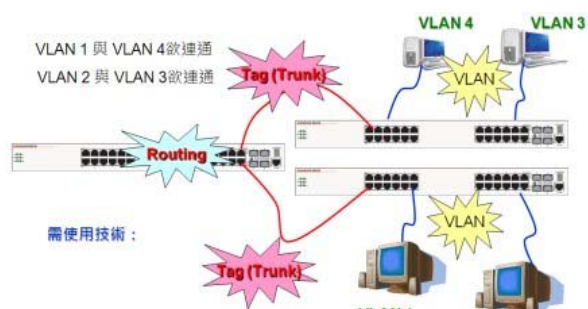
(b)Server B 與 Switch(3 port 為一組 Trunk)

間: $100\text{Mbps} * 2 * 3 = 600\text{Mbps}$

由以上可得知，如採行 Link Trunking 技術，大大提昇了設備間的傳輸速率，消除檔案傳輸的瓶頸及提昇網路區段的流量！當然也可以利用此方式建立交換器之間多 VLAN 的接通，如下圖中的 VLAN1 與 VLAN2 皆可以藉由單一條 RJ45 來達成連通兩邊的 VLAN，並且可以維持 VLAN1 與 VLAN2 彼此並不相通的方式。



RIP(Routing Information Protocol,路由傳輸路徑選擇協定):是一種最普遍的網路路由協定，這是路由器在網路上互相傳送資料時，決定資料要往哪裡傳送的方式，就像我們要從台北到高雄，可以選擇搭客運、搭火車或高鐵等，路由協定就是要讓網路資料以最佳的方式送達目的地。RIP 的演算方式主要是以 Hop Count，就是計算 A 到 B 兩地會經過幾個路由器，經過的點(路由數)越多，數值就越大，RIP 就會將它視為比較差的路徑，但如果有條大水管路徑(例如：高鐵)，雖然路由端點多，但速度還是很快，可是這樣還是會被 RIP 當作較差路徑，這是 RIP 相對較差的原因之一。但是在我們的乙太網路系統並沒有這個問題，因為我們的架構是最單純的樹狀層級式的架構，並且平時的封包流量並不大。



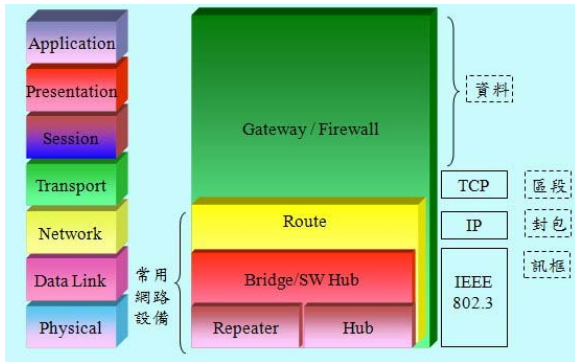
SDH(Synchronous Digital Hierarchy, 光同步網絡): 最早提出 SDH 概念的是美國貝爾通信研究所, 稱為光同步網絡 (SONET)。它是高速、大容量光纖傳輸技術和高度靈活、又便於管理控制的智能網路技術的有效結合。最初的目的是在光纖網路上實現標準化, 便於不同廠家的產品能在光纖網路上能彼此互通, 因而提高網路的靈活應用。其規範了各項通訊規定, 包含軟、硬體方面的規格與應用, 很難一言以蔽之, 若使用者將其想成 QinQ 的技術方式來傳送各封包資料, 可能會比較容易理解。

乙太網路交換器(Switch): 乙太網路交換器即是交換式的集線器(Switch HUB)。乙太網路交換器(Switch)與集線器(HUB)在網路內的功用大致相同, 其間最大的差異在於乙太網路交換器(Switch)的每個埠(Port)都享有一個專屬的頻寬並具備資料交換功能, 使得網路傳輸效能在於同一時間內所能傳輸的資料量較大; 而集線器(HUB)則是所有的埠(Port)共享一個頻寬。乙太網路交換器就像公車專用道, 每一個埠(Port)都有一個公車道, 而集線器則比較像汽車道, 當車道上有車輛時, 就大家都得擠在一塊了!

Layer 2 Switch (第二層交換器): 即是在區域網路通訊傳輸中僅以第二層(MAC 層)的資訊來作為傳輸與資料交換之依據, 通常此類乙太網路交換器會先以學習

的方式(Learning) 在每一個 Port 紀錄該區段的 MAC Address, 再根據 MAC 層封包中的目的地位址(Destination Address, DA) 傳送該封包至目的地的 Port (或區段), 而其他 Port (或區段)將不會收到該封包, 若目的地位址仍然在該(或區段), 則封包將不會被傳送。Layer 2 的交換器(Switch)由於只判斷第二層的資訊故其處理效能佳, 且其有效隔絕區段間非往來封包(及獨享頻寬), 大大提昇網路的傳輸效能, 但是 Layer 2 的 Switch 並無法有效的阻絕廣播域(Broadcast Domain)及 Win95/98 中大量使用的 NetBEUI 協定均大量使用廣播封包, 易造成之廣播風暴問題。

Layer 3 Switch (第三層交換器): 又稱為 IP Switch 或 Switch Router, 意即其工作於第三層網路層的通信協定(如 IP), 並藉由解析第三層表頭(Header)將封包傳至目的地, 有別於傳統的路由器以軟體的方式來執行路由運算與傳送, Layer 3 Switch 是以硬體的方式(通常由專屬 ASIC 構成)來加速路由運算與封包傳送, 如同傳統路由器(Router), Layer 3 Switch 的每一個連接埠(Port)都是一個子網路(Subnet), 而一個子網路就單獨是一個 Broadcast Domain 廣播域, 因此每一個 Port 的廣播封包並不會流竄到另一個 Port, 其僅負責傳送要跨越子網路的封包(Routing Forward), 並以目的地的 IP 位址(目的地子網路的網路號碼)來決定封包要轉送至哪一個 Port, 並以 Routing Protocol(如 RIP 或 OSPF)來交換 Routing Table 並學習網路拓撲, 其通常存放於 Layer 3 Switch 的 Routing Forward Data-Base(FDB), 並以硬體及 Route Cache 的方式來加速 IP table lookup 並予以定址與更新(目前大多以 ASIC 來執行), 因此才得以提昇運算效能達成 Wiring Speed Forward 之目的。



ACL(Access Control List):存取控制安全機制，簡單的說就是在 L3 SWITCH 上設定一些 IP 存取規則的設定，設定哪一個 IP 或一群 IP (網段)限定它只能跟某個 PORT 或是一群 IP(網段)進行通訊協定或不能進行哪種通訊協定的傳輸，包含來往的封包皆需雙向定義，凡是未在定義規則裡面的通訊封包或協定，一該不允許流通，故需比較詳盡的去設定所有會用的通訊協定、通訊方式或是 IP 群組，不然就是統統不許傳送的方式，這就像是在每個路口設立檢查站一樣，沒有通行證的封包是不被永許通過的。

四、系統安全：

目前保護電驛乙太網路系統的安全性可分為四個階層的保護，分別為：

- (一) ACL
- (二) Switch Port Disable
- (三) Relay Passwords
- (四) End User Accounting

這四個階層可以分層保護提供一個安全性電驛乙太網路的使用機制，不但可以控管各個不同入口的安全性存取。然而保護電驛乙太網路系統最大的安全性不外乎此系統為一個實體的獨立網路，不但可以阻止網際網路駭客的攻擊、網路病毒的傳播、系統漏洞惡意的攻擊、木馬程式的跳板攻擊...等多如繁星的安全性弱點，故維持保護電驛乙太網路系統的獨立性是絕對必要

的。

(一) ACL (Access Control List):此為供電總處的 OS9700 所提供的管控功能，透過此功能的管控，可以讓各供電區營運處有自己管理自己轄區內的電驛設備權限，並且拒絕存取他區的保護電驛乙太網路系統的能力，但供電總處可以讀取各區的保護電驛乙太網路系統的權限，總處是否可以修改電驛資料的權限將不在此項功能定義，因為 OS9700 只負責管控通訊與否。

(二) Switch Port Disable:放置現場的乙太網路設備交換器(Switch)，包含 L3 Switch OS6800 及 L2 Switch OS6200，在未接上電驛設備的網路埠(Port)，皆需關閉其通訊功能，目前的方式有三種，分別是 Port Shutdown、Chang Port VLAN、Port Secure Lock，設定方式各有不同，優缺點各有喜，目前並不強制規定要用哪一種方法。

Port Shutdown:關閉通訊埠所有通訊功能，所以交換器面板的網路埠燈號並不會閃爍亮燈。

Chang Port VLAN:將不使用的網路埠移到預設 VLAN 邏輯裡，如此將與現行規劃所使用的 VLAN 不一樣，即可隔離其通訊封包到乙太網路系統之外，而交換器面板的網路埠燈號會閃爍亮燈，但是網路通訊是無法進行通訊的。

Port Secure Lock:此為啟用網路安全機制，因為並未定義任何允許通訊的安全規則，所以當啟用通訊埠安全機制時，將會阻擋所有的通訊封包來達到閉鎖通訊埠的目的，而交換器面板的通訊埠燈號一樣會保持閃爍亮燈

的狀態。

- (三) Relay Passwords:目前各供電區營運處的保護電驛密碼皆由各供電區營運處負責管理，所以供電總處對於電驛資料的存取，就只有讀取的能力，並無法修改各供電轄區內的保護電驛設備的相關資料，此層的管理可以提供最末端設備的保護電驛資料管控，例如標置的修改權限還是由各供電區營運處所負責管理。目前三大廠牌(GE、SEL、Toshiba)的保護電驛皆可以提供此一層的密碼保護功能。
- (四) End User Accounting:使用者帳號管理，目前使用者登入個人電腦的帳號為保護電驛維護人員自行管理，使用者何時登入、登出的時間皆有紀錄，故帳號並無法共用。此功能由各供電區營運處自行建立網域管理伺服器來管控，並由專人負責管理帳號與紀錄清查，當有維護人員報到、離職或是調動時，將同步新增、刪除、修改使用者帳號，已達帳號有效性的安全管理。

五、結語：

拜科技進步所賜，電驛數位化之後的保護功能是越來越強大，保護功能也越來越多，就單一顆數位電驛就可以啟用好幾種不同的保護功能，再加上乙太網路系統的建立完成，就如虎添翼的更方便了。如果將數位電驛比喻成一個生產力極為強大的工廠，而乙太網路系統就像國家建設的交通網，可以讓工廠的產品(即是數位資料)可以傳送到各地，如果交通系統(通訊乙太網路)可以四通八達，興建高速公路可以讓行車速度提昇(網路通訊頻寬可以提昇)，國家的整體競爭力就可以提昇(保護電驛系統的整體能力即可提昇)，由此可見，電

驛乙太網路系統的建置與維護對於整體保護電驛系統將舉足輕重。

近年來，電驛數位化的汰換工程陸續進行，包含各營業區處的 69kV 系統的保護電驛數位化汰換工程也陸續完成，保護電驛乙太網路系統的建置也不曾停歇，如果預計將會把各區營業處的保護電驛一併納入乙太網路系統，而加入乙太網路系統的數位電驛也會陸陸續續不斷地增加，系統的龐大將會是可見一般的驚人，對於系統架構的強健性將會是一大考驗，而跟隨在後的將會是安全性的問題，這將會是未來即將面對的問題。再者，若欲將供電轄區內的饋線保護電驛 IED(智慧型電子設備裝置)也納入保護電驛乙太網路系統，加入乙太網路系統的方式將再做變更，不但需要考慮設備數量的配置、IED 設備的通訊介面、設備通訊格式與封包干擾等問題，如此建置方式亦可健全乙太網路系統的整體架構。保護電驛乙太網路系統的整合所涉及的範圍極為廣泛，在設備方面，需涉略設備的通訊介面、設備所支援通訊格式，在乙太網路設備方面，則需要瞭解系統的架構、流量安排、通訊的支援度...等，在資通安全方面，則需要瞭解駭客攻擊模式、系統弱點防範、權限管控設定...等，在使用者介面整合方面，需瞭解 Web Service 的程式語言、Web Server 的系統設定、通訊協定的溝通流程...等，所涉及的範圍包含了軟體、硬體及通訊協定，整合困難度極高，但也感謝上級長官及同仁的指導與幫忙，才有辦法達成這高難度的任務。

整套保護電驛乙太網路系統建置時，小弟有幸能一同參與建置，建置期間與廠商配合討論、修改、維護、異狀查修...，讓小弟增長不少乙太網路的相關知識與經驗，也感謝高屏供電區營運處周經理南焜

與蔡課長政達在工作上給予的支援及幫助，還有目前已經榮調台北供電區營運處的劉課長信榮在乙太網路的相關知識傳授與指導，以及供電總處長官的極力幫忙與協助下，才能完成此篇文章及相關資料的收集，真是不甚感激。

六、參考資料：

- [1] TOSHIBA,6F2S0835 GRL100 、6F2S0742 GRZ100、PCEK-TW3064 GRR100 INSTRUCTION MANUAL。
- [2] GE,D60、L90、B90、T60、F35 Relay UR Series Instruction Manual。。
- [3] SEL,311C、311L、487B、387、351A PROTECTION AND AUTOMATION SYSTEM INSTRUCTION MANUAL。
- [4] NATIONAL INSTRUMENTS 序列通訊概觀。
- [5] 鄭集集, 儒林, RS232/網路喚醒/GPIB 儀器控制/遠端遙控和監控。
- [6] 陳祥輝,博碩,TCP/IP 通訊協定。
- [7] Alcatel, OmniSwitch 6800、6850、7000、9000 Series Network Configuration Guide。
- [8] Alcatel, OS-6200 User Guide。
- [9] e-max Faxtrax Director Digital Fault Recorder Users Manual。
- [10] 楊淳良、趙亮琳,五南,光纖通信網路。

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

國立台灣海洋大學電機工程學系 黃培華
 國立台灣海洋大學電機工程學系 柯侑寬
 台電嘉南供電區營運處電驛組 許文興
 RFL Electronics Inc.公司 陳思仁

摘要

台灣地形為長條型，大部份發電廠集中在南部，但北部負載量比南部負載量為重，即因電力輸送需求考量於 1974 年、1985 年及 2002 年陸續完成 345kV 系統三條超高壓輸電線路，使南北電力供應更趨穩定。由於 729 事故，電力供應重創至今已發生 10 年餘，345kV 系統輸電線路保護由原使用電磁式保護電驛均已汰換為數位式保護電驛，目前主保護電驛使用數位式線路差流電驛(87L)搭配光纖通信設備，在保護上可以提供全線段快速保護，保護靈敏度提高，並可準確判別故障位置之能力，將故障區域縮小且能迅速隔離，避免事故區域擴大演變成嚴重事故，以提高輸電系統之穩定度及設備的安全性。本文主要在顯著數位式線路差流電驛結合通信網路產生點對點光纖、E1/T1 或 SDH/OC-3/SONET 所遇到的問題加以提供思考。

一、前言

數位式線路差流電驛採用的核心技術大致可分為電荷制動 (Charge Comparison)、平面制動(Alpha Plane)及斜率制動(Slope Type)等，如圖 1 所示。

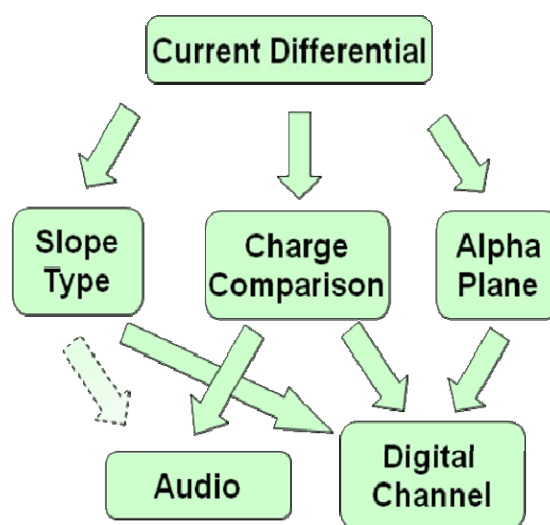


圖 1 線路差流電驛採用的核心技術及支援通信介面示意圖

數位通道(Digital Channel)可為光纖、64kps 數位同步電介面(如 RS530、G.703、V.35、X.21)或為 nx64 kbps 光介面(如 ANSI C37.94)；其中 Charge Comparison 的技術可支援 4 線式類比專線線路做為通信介面(如 Audio Tone)。

本文將探討 TDM(Time Division Multiplexed)網路中的非對稱通道延遲(Channel Asymmetry Delay)對線路差流電驛的影響，並以 RFL9300 或 GARD8000 電荷制動(Charge Comparison)系統為例說明處理方式。

二、線路差流電驛基本功能

線路差流電驛保護是線路兩端須安裝相同廠牌、型式之電驛，採數位通信方式，當通信不良時線路差流電驛會自動閉鎖，目前做為線路之主保護。其動作原理是利用克希荷夫電流定律(Kirchhoff's law)，流向電路上任一點的電流總和等於離開這點的電流總和。在正常負載情況或外部故障情況下，流進電流 I_L 與流出電流 I_R 的向量和為零，如圖 2、圖 3 所示；反之，於內部故障情況下，流進電流 I_L 與流出的電流 I_R 向量和為不為零，如圖 4 所示。

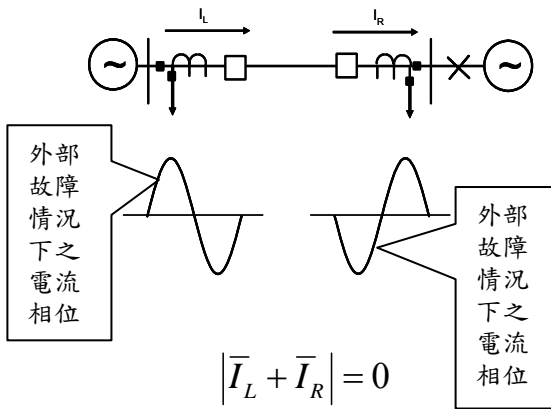


圖 2 外部故障情況下之電流向量和為零

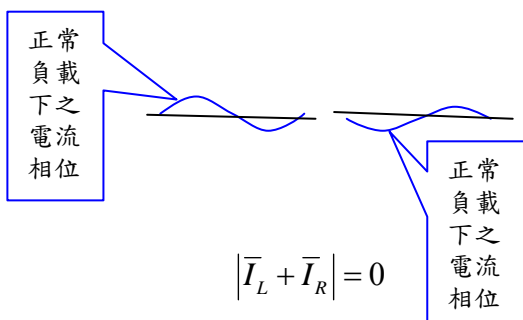


圖 3 正常負載情況下之電流向量和為零

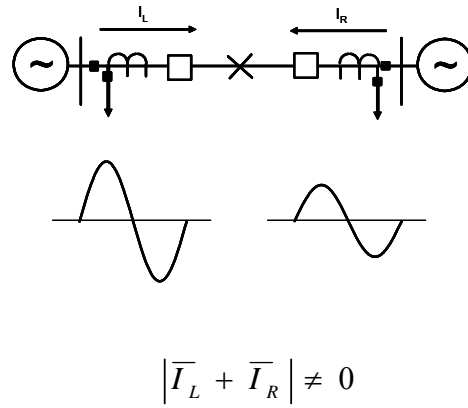


圖 4 內部故障情況下之電流向量和為不為零

電荷制動(Charge Comparison)方式是利用上述基本原理來檢測保護線路區間之電流，內部執行資料的傳送是將正半週波形的量做積分處理，依所得到的電荷量(含取樣時間)送至對方與該時間的負半週電荷量作比較，如圖 5 所示。

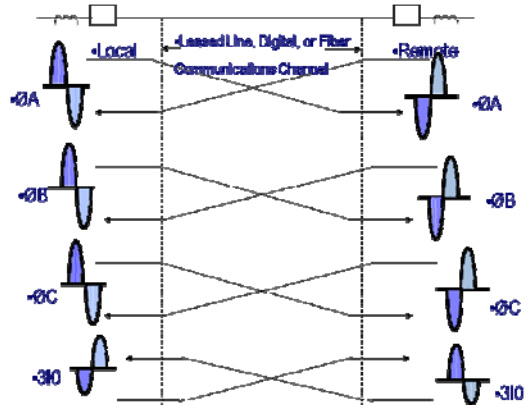


圖 5 電荷制動系統採獨立相位之電荷量比較

保護區間兩端線路差流電驛的通訊管道可利用多工器(MUX)依系統架構方式使用 4 線式電話線、數位介面(RS530、C37.94)或直接光纖連接線路差流電驛，如圖 6 所示。多工器是一個通訊設備，可結合線路差流電驛或其它資訊共用一條高速光纖線路作傳輸，以降低通訊的成本。多工器傳

送出來的訊息，必須由同型的多工器予以接收。接收資訊的多工器會負責區分訊息、並送往各自目的地。

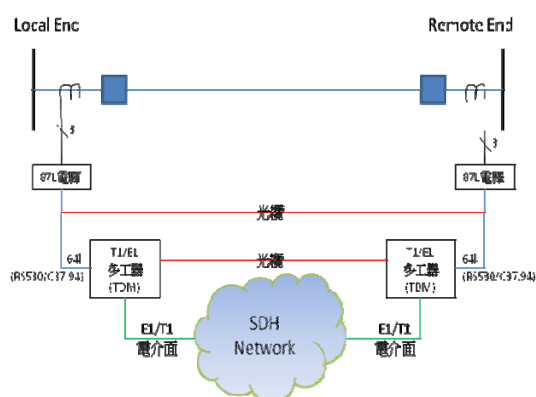


圖 6 典型線路差流電驛系統保護架構圖

為了讓兩側比較的電荷波形有相同的參考點，線路差流電驛必須具有通信傳輸延遲時間的計算能力，大部分的線路差流電驛都有量測及補償通信延遲(channel delay)所造成的誤差能力；例如使用乒乓測試(Ping-Pong Test)來量測通訊通道的延遲時間，所得到的值稱為 tch (Ping-Pong Value)。tch 的計算是量測信號去程及回程所耗時間的平均值，如果去程與回程的時間不一致則稱這時間差 Δt 為非對稱通道延遲(Channel Asymmetry Delay)，如果線路差流電驛無法適當處理非對稱通道延遲能力，會造成高負載電流或外部故障電流的發生而檢測出差流值，如圖 7 所示。

$$t_{ch} = \frac{(t_3 - t_0) - (t_2 - t_1)}{2}$$

$$error = \Delta t = \frac{t'_3 - t_3}{2}$$

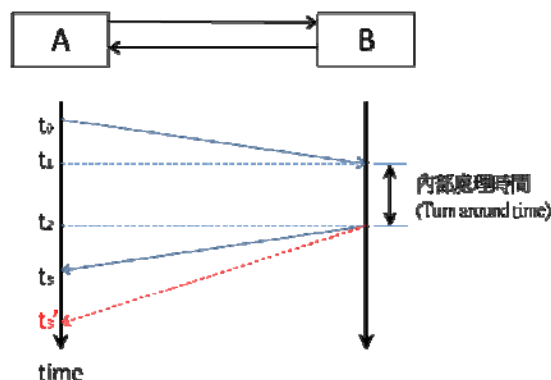


圖 7 非對稱的通道延遲

註：

- t₀：量測信號從 A 側送出之起始值。
- t₁：量測信號抵達 B 側的時間。
- t₂：量測信號從 B 側送出的時間。
- t₃：量測信號返抵 A 側的時間。
- t_{3'}：量測信號返抵 A 側的時間(含 Δt 時間差)

量測通訊通道的延遲時間檢測後並做相位電荷位移補償，如圖 8 所示。

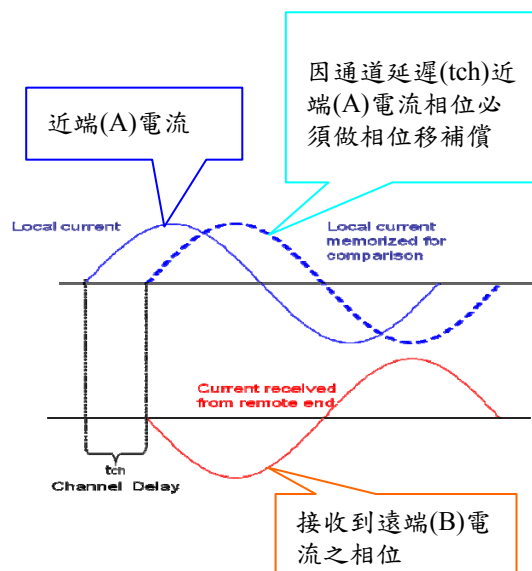


圖 8 相位比較位移補償

依各線路差流電驛使用的技術不同，所能接受的非對稱通道延遲時間(Δt)也不盡相同，當提高非對稱通道延遲的參數設

定值可於外部故障電流產生時，提高處理差流判斷的能力，但是相對的也會降低內部故障電流的檢測靈敏度，利用全球定位系統(GPS)的時間同步原理來量測去程與回程的各別延遲時間來取得非對稱通道延遲的時間是較精準之方式。

以電荷制動(Charge Comparison)技術而言，資料的傳送是以半週波(即0~180度)的電荷量為單位，因此，在一般處理非對稱通道延遲時間的能力範圍就可達±4ms，如圖 9 所示。

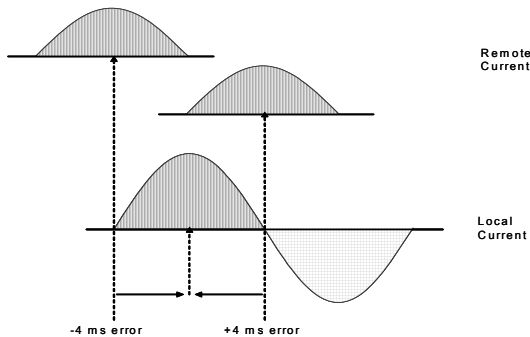


圖 9 電荷制動處理非對稱通道延遲的示意圖

線路差流電驛之彩虹曲線特性 (rainbow characteristic)可檢測高阻抗接地故障電流之能力，如圖 10 所示。

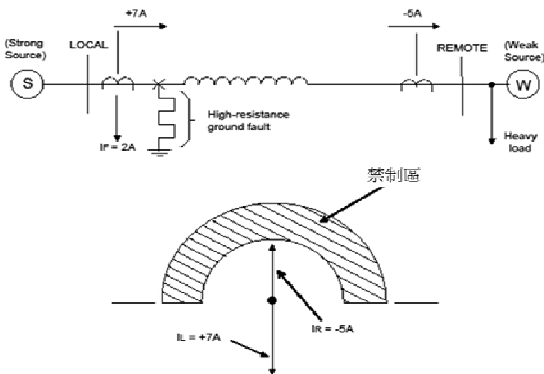


圖 10 彩虹曲線特性提供高阻抗接地電流示意圖

三、通訊架構

類比信號經博碼調變 Pulse-code

modulation(PCM) 將類比訊號轉換成數位訊號的調變方式，再藉由 TDM 網路(例如 E1/T1 或 SDH 網路)傳送，該路徑傳輸是無法避免通信傳輸的延遲及非對稱通道延遲的發生，如圖 11 所示，OC-3 網路提供正副組路由通道給線路差流電驛使用，正組路由有 591 usec 的傳送延遲，副組路由有 787 usec 的延遲時間，因此，在將線路差流電驛使用於此數位網路時，必須考量下列因素：

1. 線路差流電驛是否有能力處理副組路由所提供的延遲時間。
2. 線路差流電驛是否可以處理正副組路由切換時，channel delay 數值的變換而不會誤動作。
3. 線路差流電驛必須提供定址 (Addressing) 的功能，線路差流電驛定址功能的啟動可以避免 DS0(64 kbps) 通道的回接 (Loopback) 而造成電驛誤動作。

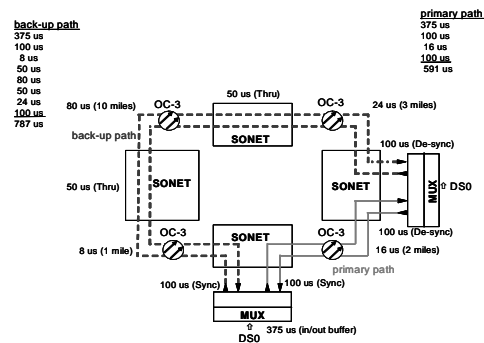


圖 11 計算 OC-3 數位網路系統 DS0 的傳輸延遲

註：

- OC-3：155Mbps 頻寬通道。
- DS0：64Kbps 頻寬通道。
- back-up path：備援通道。
- primary path：主通道。
- MUX：T1 多工器。
- SONET (Synchronous Optical Networking)：同步

光纖網路設備。

四、線路差流電驛對相試驗

為確保使用線路差流電驛為輸電線路保護之設備正確，對相試驗是一定要做之試驗程序，利用負載注入，量測兩端之線路差流電驛是處於同相之運轉判別；以實際發生之案例為例，A 及 B 端線路差流電驛所量測之相序不一致，如圖 12 所示。這會影響到實際負載容量大時，線路差流電驛會發生誤動作情況，圖 13 所示可看出有兩相之相序是相反且 CT 比值設定有誤。

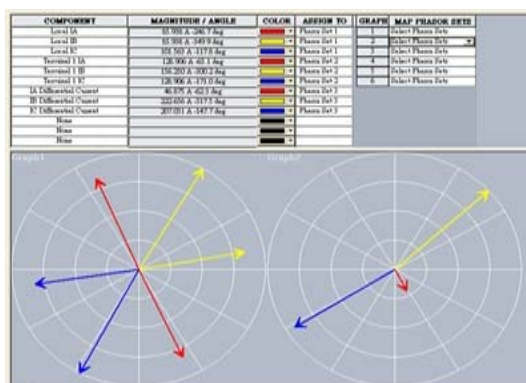


圖 12 兩端線路差流電驛相序不一致

經修正接線及更正 CT 比值後，量測如圖 13 所示，兩端線路差流電驛都是以同相序做判斷，以量測出之資料得知，兩端線路差流電驛都是以正相序做判斷。

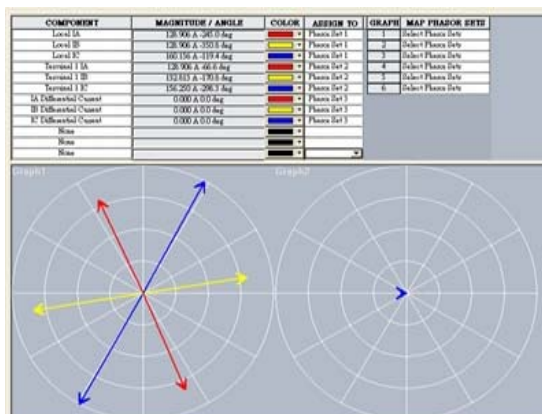


圖 13 兩端線路差流電驛相序一致

五、線路差流電驛接線極性試驗

線路差流電驛使用之比流器極性是否正確，悠關著保護電驛是否正確檢測判斷狀態，以下說明利用單相試驗方式做線路差流電驛之比流器極性試驗。因應線路差流電驛是與對方做線路差動保護，目前大用戶 161kV 系統大多使用 87L1 及 87L2 兩套主保護，試驗階段可以先行以兩個迴路做迴路試驗，此試驗方式比較容易確認比流器極性是否正確及保護電驛是否功能正常。

(1) 第 1 套線路差流電驛(87L1)：

以某 A 變電站為接線極性試驗例，廠內有兩個迴路，從台電公司供電及四組主變壓器迴路，IN1 及 IN2 迴路為從台電公司系統供電，此兩個迴路各裝置有線路差流電驛，為了試驗線路差流電驛比流器極性，可以利用 IN1 為注入負載試驗點，並從 IN2 迴路流出，如圖 14 所示。將 IN1 - 87L1 電驛及 IN2 - 87L1 電驛利用光纖通信互相做通訊連結並各設定各自之密碼位址。

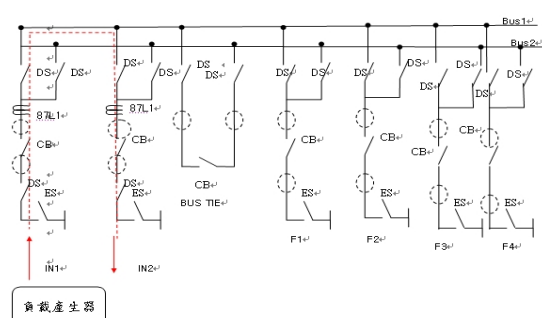


圖 14 87L1 電驛比流器極性試驗

利用 Bus1 迴路之銜接開關做為試驗，給定各單相之輸入電流值為 $100A \angle -21^\circ$ 及 CT 比值為 2500/5，依序將相關之開關投入並量測 87L1 電驛比流器極性，IN1 - 87L1 電驛比流器極性量測出 R 相為

0.2A $\angle -200^\circ$ ，IN2 - 87L1 電驛比流器極性量測出 R 相為 0.2A $\angle -20^\circ$ ，以結點方式觀察，IN1 - 87L1 電驛比流器與 IN2 - 87L1 電驛比流器以大小相等角度相差 180° 之數值顯示，此試驗數值可顯示 87L1 電驛所屬之比流器之極性是否正確之簡易試驗方式，以單相試驗之目的是簡化問題複雜性，當發生極性有問題時可簡化尋找相序問題之時間，從中再確認接線問題應就可找出問題點，但缺點是步驟試驗需做三次，也就是 R、S、T 三相需各做重覆之試驗方式並且無法判斷其正確相序，如表 1 所示。

表 1 單相試驗 87L1 極性結果比較

設備名稱	87L1 CT for 2500/5		
	R 相	S 相	T 相
87L1 for IN1	0.2A $\angle -200^\circ$	0.2A $\angle -201^\circ$	0.2A $\angle -200^\circ$
87L1 for IN2	0.2A $\angle -20^\circ$	0.2A $\angle -20^\circ$	0.2A $\angle -19^\circ$

(2)第 2 套線路差流電驛(87L2)：以某 A 變電站為接線極性試驗例，廠內有兩個迴路從台電公司供電及四組主變壓器迴路，IN1 及 IN2 迴路為從台電公司系統供電，此兩個迴路各裝置有線路差流電驛，為了試驗線路差流電驛比流器極性，可以利用 IN1 為注入負載試驗點並從 IN2 迴路流出，如圖 15 所示。將 IN1 - 87L2 電驛及 IN2 - 87L2 電驛利用光纖通信互相做通訊連結並各設定各自之密碼位址。同理以 87L1 之測試方式進行 87L2 單相試驗，各相試驗結果數值會與表 1 約略為相同，如表 2 所示。

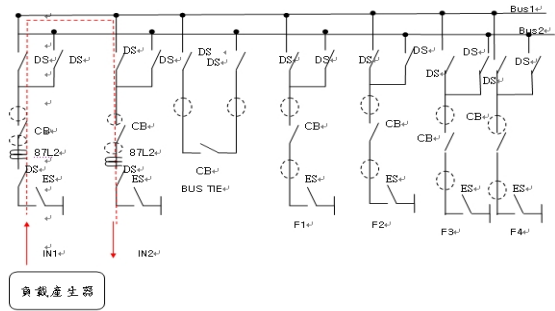


圖 15 87L2 電驛比流器極性試驗

表 2 單相試驗 87L2 極性結果比較

設備名稱	87L2 CT for 2500/5		
	R 相	S 相	T 相
87L2 for IN1	0.2A $\angle -200^\circ$	0.2A $\angle -201^\circ$	0.2A $\angle -200^\circ$
87L2 for IN2	0.2A $\angle -20^\circ$	0.2A $\angle -20^\circ$	0.2A $\angle -19^\circ$

目前測試設備都已具有可同時試驗三相之功能，利用三相試驗是比較快速及可確認相序正確。當兩變電站都以架設完成，兩變電站之差流電驛極性試驗可利用電流產生器並搭配全球定位系統功能之設備進行兩變電站之差流電驛極性試驗，除了解差流電驛極性是否正確外，也可了解通訊通道之正常與否並從中得知跳脫時間是否在合理範圍內。

六、通訊延遲對線路差流電驛保護之系統模擬影響

經模擬試驗結果，通訊延遲對線路差流保護電驛之影響在於發生線路事故時，線路差流電驛跳脫訊號也會因通訊之延遲而延後送出跳脫指令，對系統來說，會對非故障之線路有所影響，不過影響系統大小取決於故障嚴重性及故障點位置。舉例來說，模擬龍潭北 345kV - 中寮南 345kV 輸電線路發生故障，觀查目標為龍潭南

345kV 匯流排電壓，於系統模擬中發現，當龍潭北 345kV - 中寮南 345kV 雙方之線路差流電驛因受通訊延遲而造成對龍潭南 345kV 匯流排電壓之影響變化，如圖 16 及 17 所示。圖 16 為通訊正常情況下，龍潭北 345kV - 中寮南 345kV 發生線路故障對龍潭南 345kV 匯流排電壓之影響變化；而圖 17 為通訊延遲 0.1 秒情況下，龍潭北 345kV - 中寮南 345kV 發生線路故障對龍潭南 345kV 匯流排電壓之影響變化；以圖 16 及 17 可知，通訊延遲 0.1 秒對臨近系統電壓有可能會造成電壓壓降較大幅度及電壓振盪較大且收斂時間較慢之情形發生；因此對通訊延遲之情況也需要注意到對系統之條件變化。

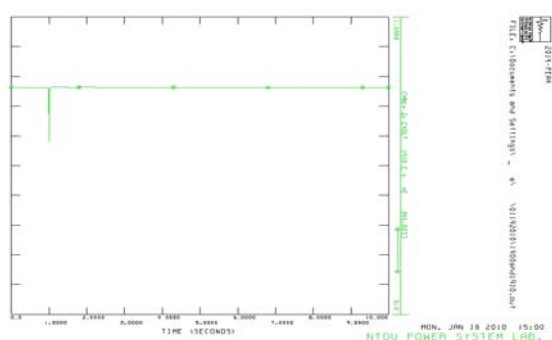


圖 16 通訊正常傳送對系統電壓之變化模擬

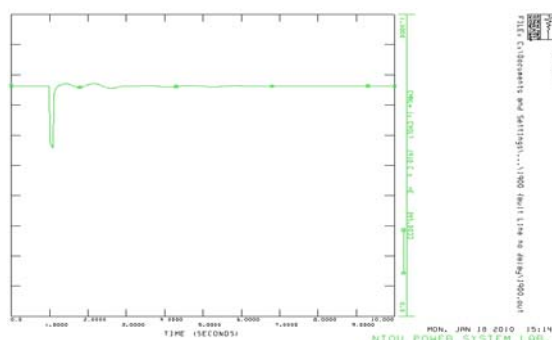


圖 17 通訊延遲 0.1 秒傳送對系統電壓之變化模擬

七. 結論

數位式線路差流電驛可以精確的偵測

保護區間內的電流狀態，事故時可紀錄事故資料，即可研判故障時之電流、電壓及角度變化是否正確。線路差流電驛採光纖點對點連接方式固然可以提高系統安全性、降低 Channel Delay(含非對稱延遲)，但會發生人為光纖接續錯誤或光纖線路被挖損導致系統復原時間太久，如果使用數位網路時，可以使用工作穩定及較少延遲時間的多工器設備，搭配的線路差流電驛必須擁有足夠的餘裕度來處理非對稱延遲及通信延遲。

八、參考文獻

- [1]. 台灣電力公司網站，<http://www.taipower.com.tw>。
- [2]. 台灣電力公司，輸電系統規劃準則，97年6月。
- [3]. 李宏任，實用保護電驛，全華科技，1999年5月。
- [4]. L. Ernst, W. Fleck, W. Hinman, *Charge Comparison Protection of Transmission Lines*, RFL Electronic Inc., 1993.
- [5]. S. Ward, T. Erwin, *Current Differential Line Protection Setting Considerations*, RFL Electronic Inc., 1993.
- [6]. Data Sheet, “RFL-9300 Charge Comparison System (CCS)”, RFL Electronics Inc., NJ, 1993.
- [7]. L. G. Hewitson, M. Brown, and R. Balakrishnan, *Practical Power System Protection*, Newnes (Elsevier), Burlington, MA, USA, 2005.
- [8]. C. Christopoulos and A. Wright, *Electrical Power System Protection*, 2nd edition Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [9]. Anthony F. Sleva, *Protective Relay Principles*, CRC Press Taylor&Francis Group, 2009.
- [10]. 黃培華、柯佺寬，“線路差動保護對系統穩定度影響分析”，中華民國第29屆電力工程研討會論文集，頁508-512，2008。

大潭-龍潭紅白線 M2/M3 模式切換開關設計

台電台北供電區營運處 陳炯彰

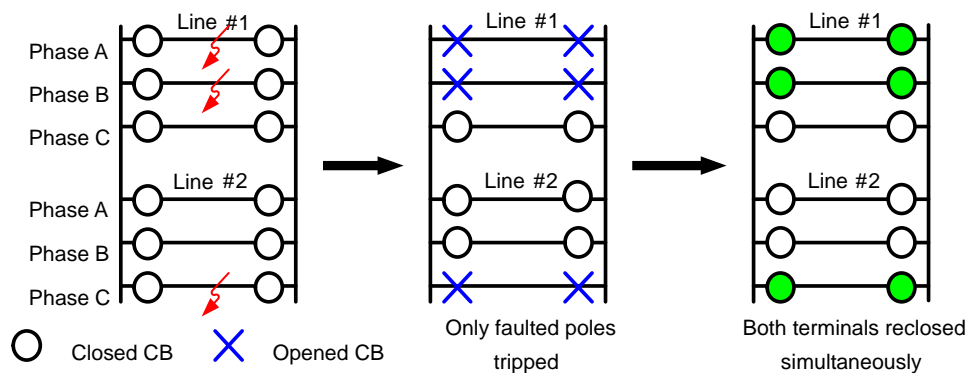
一、前言：

隨著民眾環保意識逐年高漲，發、變電廠所及高壓輸電線路新建工程更顯困難，發、變電廠所建置及投資成本高，若因路權及抗爭問題造成出口線輸電線路數不足，容易導致電力系統穩定度下降及發、變電廠所全停電問題。

大潭燃氣火力發電廠總裝置容量約為4384MW，為台灣北部地區最大的發電廠，其345kV輸電線路僅有兩回線，並採平行共架方式。

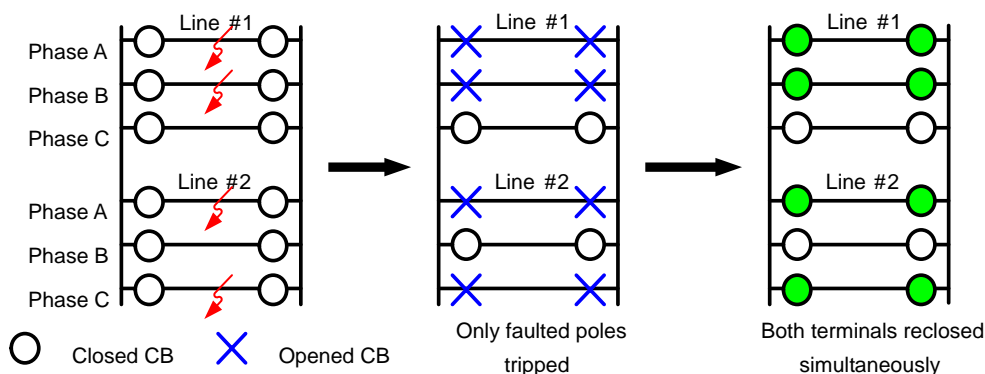
欲提高該地區電力系統穩定度、供電可靠度及避免若電廠出口兩回線同時遭遇雷擊可能造成全廠電力喪失問題，因此引進日本(東京電力)多相復閉技術並於96年5月加入系統保護。

加入初期原採用M3復閉模式，但考慮一回線停電或復閉不成功時，送電中的線路發生事故，造成大潭發電廠345kV出口線路全停電，因此，於97年11月14日召開之「多相復閉技術導入系統之應用方式」會議中決議，當兩回線正常供電時採M3模式，其中一回線停電時，另一回線須由電驛人員由M3改為M2模式，並且例假日需排班待命；若為預定之停電工作，則電驛人員可提前至現場待命更改，但是，若為臨時性停電工作或復閉不成功，勢必等待電驛人員到現場才能更改復閉模式，因此，為簡省人力及縮短M2、M3模式切換時程提昇系統穩定及供電安全，因而引起筆者對M2/M3模式切換開關之研究。



圖一 M3 復閉模式

故障相跳脫後殘餘不同相三相即符合 M3 復閉條件



圖二 M2 復閉模式

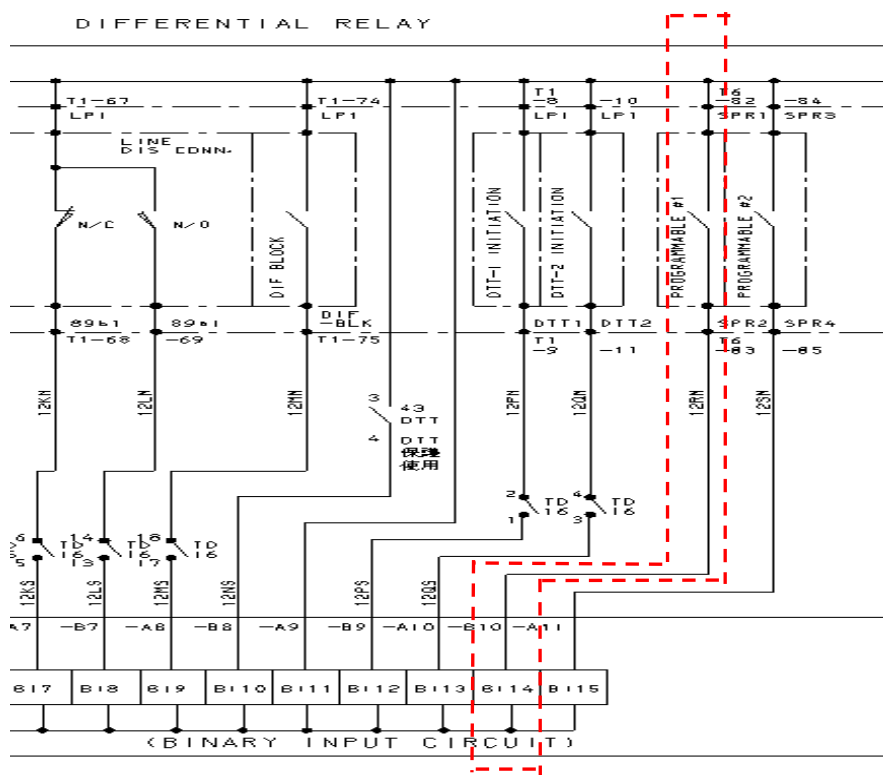
故障相跳脫後殘餘不同相兩相以上即符合 M2 復閉條件

二、設計流程:

1. 查詢電驛可用之BI(Binary Input)接點

多相復閉系統因兩回線之間使用實體金屬電纜互相連結來判斷彼此斷路器接點狀態，而且匯流排側斷路器52a接點為三相接點分別拉進電驛輸入接點，因此，所使用之BI點甚多。

規劃初期擔心無多餘之BI接點可供使用，所幸，經查竣工圖面及核對說明書後，發現剩餘BI14及BI15兩點可使用，最後選擇BI14來控制電驛M2/M3模式之切換(圖三)。

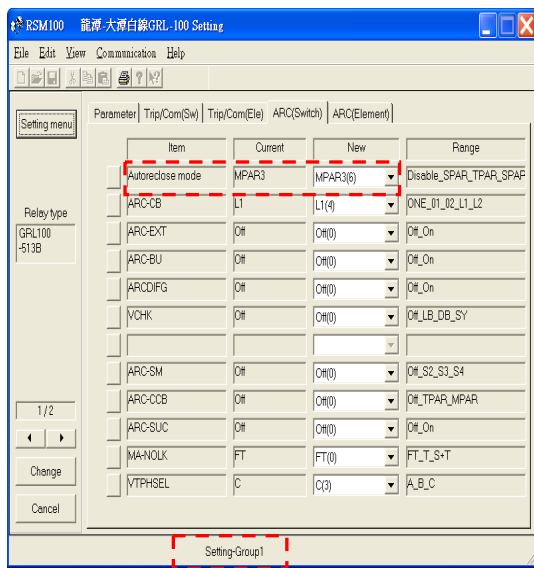


圖三

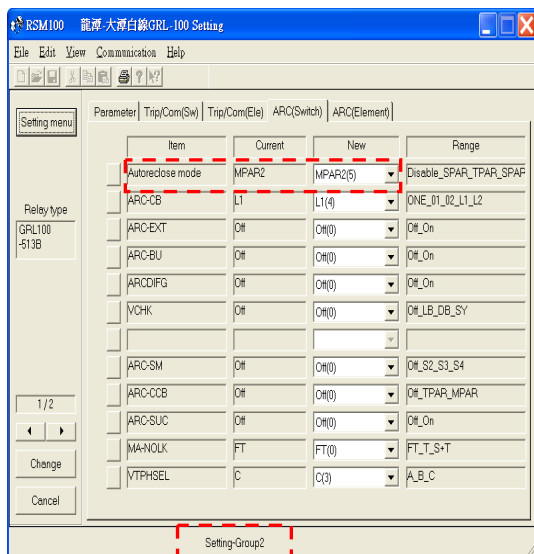
2. 以 Group1(M3) 及 Group2(M2) 切換為設計方向

因 TOSHIBA GRL100 電驛無法藉由外部接點來控制更改標置值，因此必須運用 PLC(Programmable Logic Controller) 編寫來控制 Group 之切換，達到 M2/M3 復閉模式切換之目的。

將 Group 1 標置複製至 Group 2，將 Group 2 復閉模式改為 MPAR2(5) (圖五)



圖四 Group1(M3)



圖五 Group2(M2)

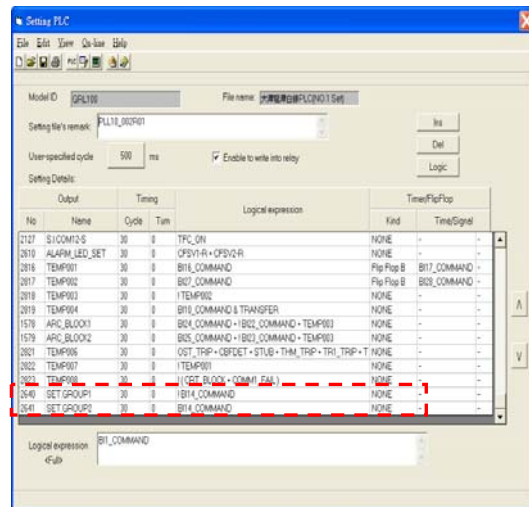
3. 查詢 Group1、Group2、BI14_COMMAND 之 Signal Number

TOSHIBA 電驛之 PLC 編寫必須先查詢控制碼，這控制碼就是 Signal Number，例如：

- (1) 強制控制保護電驛在 Group 1 保護模式 SET Group1 之 Signal Number 為 2640。
- (2) 強制控制保護電驛在 Group 2 保護模式 SET Group2 之 Signal Number 為 2641。
- (3) BI14 之控制碼即 BI14_COMMAND 之 Signal Number 為 0526。

4. 下載電驛之 PLC 邏輯編寫

圖六為修改完成之 PLC 邏輯，當 BI14 無電壓輸入時在 Group1 保護，當 BI14 加入電壓時，強制切換至 Group2 保護



圖六 修改完成之 PLC 邏輯

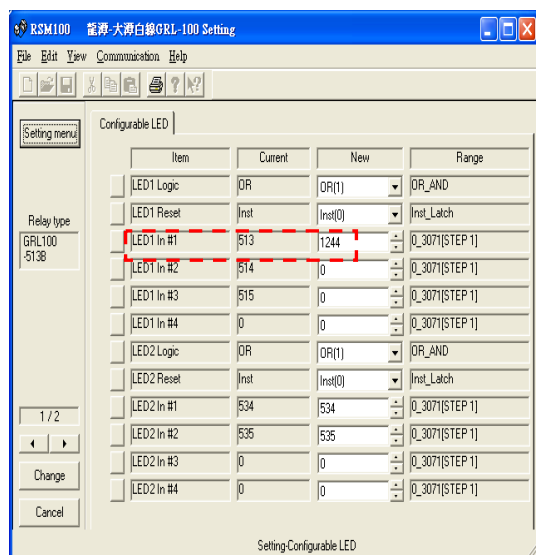
5. 電驛面板 LED 燈規劃

電驛面板 LED 燈規劃目的是讓操作切換人員清楚知道電驛目前的復閉模式。TOSHIBA 電驛面板 LED 燈共有 4 組可供使用者自行規劃，此次使用 LED1 及 LED3 燈：

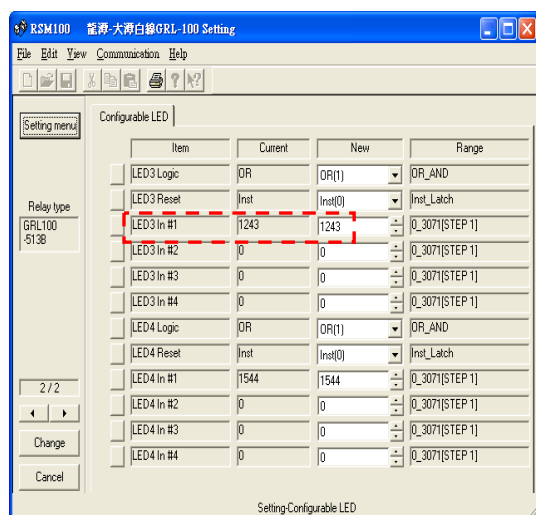
LED 1 規劃為 GROUP 2 ACTIVE (Signal

Number為1244) 圖七

LED 3規劃為GROUP 1 ACTIVE(Signal Number為1243) 圖八



圖七 LED1 規劃為 GROUP 2 ACTIVE(M2)



圖八 LED3 規劃為 GROUP 1 ACTIVE(M3)

6. 外部控制迴路圖

以一只三菱SRLD-K100 5a4b接點電驛配合按鈕開關同時控制兩回線(四盤電驛)之切換，其控制回路如圖九所示。

使用此型接點電驛之目的是為了達

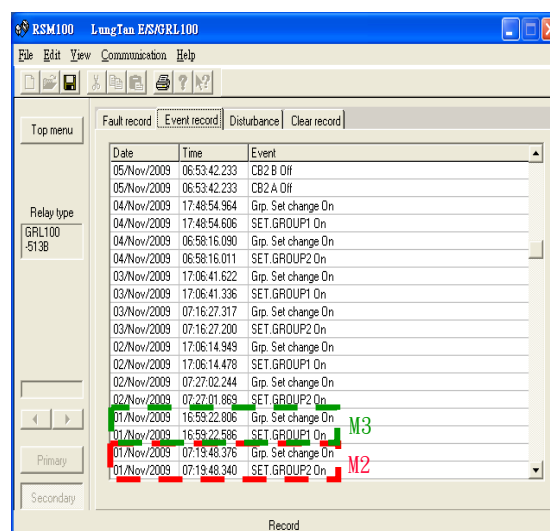
電譯協會會刊 31 期

到可RTU遠端遙控切換之目的(目前為值班人員現場操作)，另外，設計一只接點電驛控制兩回線之目的是為了降低操作的困難度，避免現場人員操作錯誤。

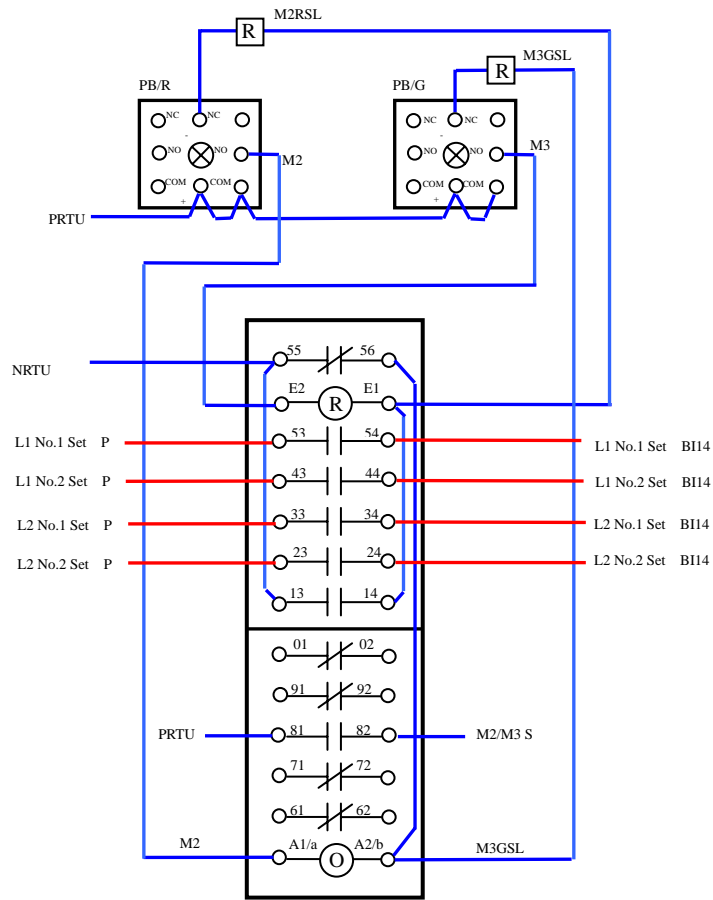
圖十為完成後之照片，兩回線送電時M2/M3復閉模式切換開關綠燈亮(M3)，同時面板Group1使用中紅燈亮(M3)；當按壓切換開關紅燈(M2)按鈕後，除了切換開關紅燈亮(M2)以外，同時面板Group2使用中紅燈亮(M2)。

三、實績

2009/11/1~2009/11/4連續當日早上07:00停電下午17:00復電(圖十一)



大潭-龍潭紅白線 M2/M3 模式切換開關設計



圖九 外部控制回路



圖十 成果照

四、結論

目前切換開關未設計可遠端遙控切換，主要是要讓現場人員確認復閉模式確實切換，未來可在電驛邏輯上規劃出 Binary Output 狀態點，並將四盤電驛狀態點串聯並規劃至 SCADA 監控，如此就可以安全地達到遠端遙控切換之目的，且更

能縮短切換時間。

綜合以上，雖然 M2/M3 模式切換開關是一個簡單的設計，但是卻解決了電驛人員需假日排班待命的小小困擾，最主要的是大大縮短了模式切換的時程，降低系統上的風險，對系統穩定提昇上有不小助益。

輸電線路數位式差電流保護電驛 SEL-311L

邏輯規劃說明

台電供電處 劉昆詠

壹、前言

輸電線路是傳輸電力之重要設備，由於暴露於外，分佈範圍廣泛，其故障機率也遠較其他設備高、影響範圍也較大，故輸電線路保護必須採用可靠度高、事故發生時可快速隔離故障。由於光纖通信網路建構成本降低，故能夠100%完全保護線路及快速動作隔離故障的差電流電驛廣泛運用於輸電線路保護。

因目前保護電驛皆為多功能數位式保護電驛，單一數位式保護電驛可內含差電流功能、測距功能、過電流功能、復閉功能...等，雖然保護功能廣泛，但對於使用者而言保護規劃的複雜程度不可言喻，保護電驛能否符合被保護系統的需求取決於數位式保護電驛的邏輯規劃，而數位式保護電驛邏輯的編寫是依據使用者自身的需求，使用者不只要了解被保護設備的特性，也必須了解該數位式保護電驛的邏輯編寫原則，才能使該保護電驛的保護功能符合需求。

貳、保護電驛 SEL-311L 差電流原理及邏輯設定說明：

一、SEL-311L 差電流元件簡介：

SEL-311L保護電驛包含5個差電流元件：3個相差電流元件(87LA、87LB、87LC)、1個負序成分差電流元件(87L2)及1個接地差電流元件(87LG)。相差電流元件提供高電流故障之快速保護，負序及接地差電流元件則提供不平衡故障極靈敏的保護。

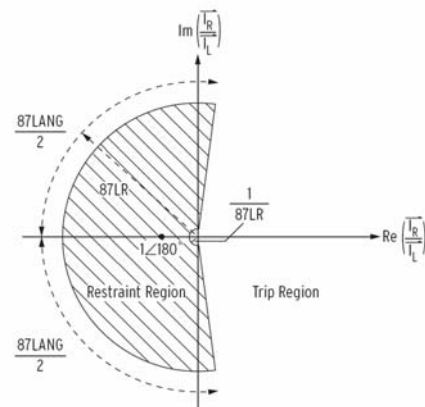
二、SEL-311L 差電流動作原理：

SEL公司開發出"Alpha plane"，將遠端電流(I_R)與本端電流(I_L)之相量(或稱複數)比值繪於平面圖上，其為僅有大小及角度

的平面，每個差電流元件各有其獨立之Alpha plane，如圖一。

SEL-311L保護電驛將流入被保護線路之電流角度設為0°，流出被保護線路之電流角度設為180°，因此現若有一5安培之負載電流由本端流至遠端，則本端保護電驛A相將產生5∠0°之電流，遠端保護電驛A相將產生5∠180°之電流，其遠端電流(I_{AR})與本端電流(I_{AL})之比值將為：

$$\frac{\bar{I}_{AR}}{\bar{I}_{AL}} = \frac{5\angle 180^\circ}{5\angle 0^\circ} = 1\angle 180^\circ$$

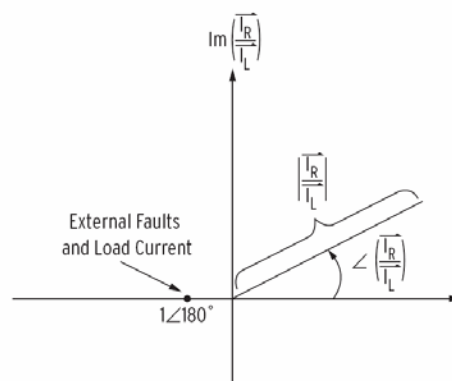


圖一 SEL-311L 保護電驛 Alpha plane 圖

SEL-311L保護電驛在Alpha plane 上 1∠180° 的位置圍繞一個扇形之抑制區 (Restraint Region)，如圖一。當保護電驛遠端電流(I_R)與本端電流(I_L)之比值落於抑制區外，且其差電流值亦大於設定值時，保護電驛即動作跳脫；當保護電驛遠端電流(I_R)與本端電流(I_L)之比值落於抑制區內，或雖其比值落於抑制區外，但其差電流值小於設定值時，保護電驛均不會動作。

在Alpha plane圖面上，可繪出負載電

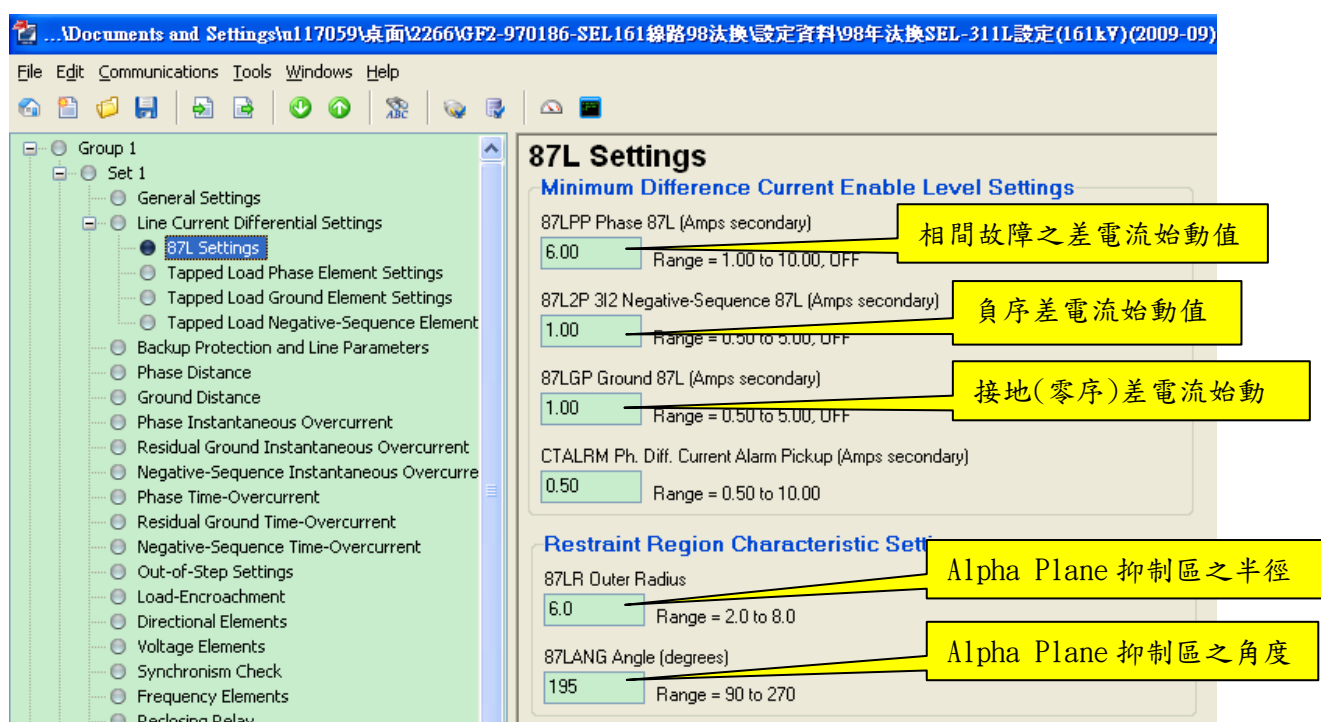
流位於原點左方1單位處，如圖二所示。事實上，當系統正常供電時，所有兩端線路之負載電流不論其電流大小、角度均會在Alpha plane上得到一接近 $1 \angle 180^\circ$ 的點。相同地，一個外部故障亦會對兩端保護電驛產生大小相等、角度相反的故障電流，因此外部故障亦會在Alpha plane上得到一接近 $1 \angle 180^\circ$ 的點，如圖二。



圖二 SEL-311L 保護電驛於負載電流及外部故障之 Alpha plane 圖

三、保護電驛 SEL-311L 差電流邏輯設定說明：

(一)差電流標置之設定：



圖三 SEL-311L 差電流邏輯設定畫面

(1)相間差電流87LPP之設定：

87LPP設定值須大於線路充電電流及預期之最大負載電流，以避免當輸電線路正常供電時因一端CT失效造成差電流元件誤動作。通常設定為額定電流的1.2倍(5Ax1.2=6A)。

(2)負序差電流87L2P及接地差電流87LGP之設定：

87L2P 必須能有效地偵測被保護輸電線內所有的不平衡故障，但設定值至少須大於穩態時最大線路不平衡充電電流，通常線路不平衡充電電流很小，因此可設定

87L2P 為額定電流的 0.2 倍 ($5A \times 0.2 = 1A$)，此值提供極佳之動作速度與靈敏度。87LGP 之設定同 87L2P 為額定電流的 0.2 倍 ($5A \times 0.2 = 1A$)。

(二)抑制區標置之設定：

(1)抑制區角度87LANG 設定：

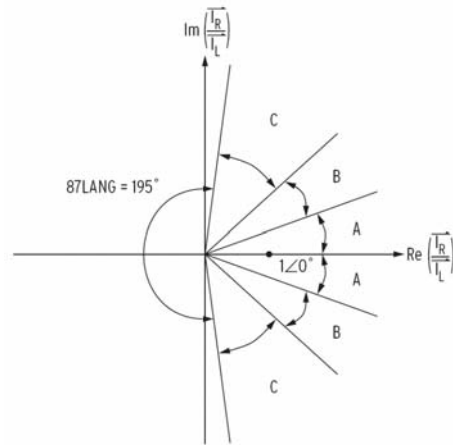
設定87LANG時須考量兩端電源角度差、通信頻道的非對稱時間延遲及CT飽和等因素。

若此系統非齊次系統 (non-homogenous system)，則兩端之故障電流相位將不同，此時Alpha plane上之值不會是 $1 \angle 0^\circ$ 。系統的電源兩端角度相差 10° ，電源等效阻抗亦相差 10° ，則兩端之故障電流角度可能相差 20° ，如圖四之A部分。

SEL-311L保護電驛兩端均會以1ms以前取得之本端電流資料與接收到之遠端電流資料比較，因此兩端保護電驛均會有1ms的資料比較誤差在60Hz系統將造成 $(1ms/16.67ms) \times 360^\circ = 21.6^\circ$ 的誤差，如圖四之B部分，即一端保護電驛的誤差為正(在Alpha plane的逆時針方向)，另一端的誤差為負(在Alpha plane的順時針方向)。

另考慮CT飽和問題，則在較嚴重的CT飽和情況下，可能使得二次側電流的基本波領先一次側電流達 40° ，如圖四之C部分。因

此在考慮上述，對於內部三相故障時其差電流元件的Alpha plane角度，可能須有 $\pm(40^\circ + 22^\circ + 20^\circ) = \pm 82^\circ$ ，可設定 $87LANG = 360^\circ - 82^\circ \times 2 = 196^\circ$ (預設值為 195°)，可有較佳之安全性與可靠性。

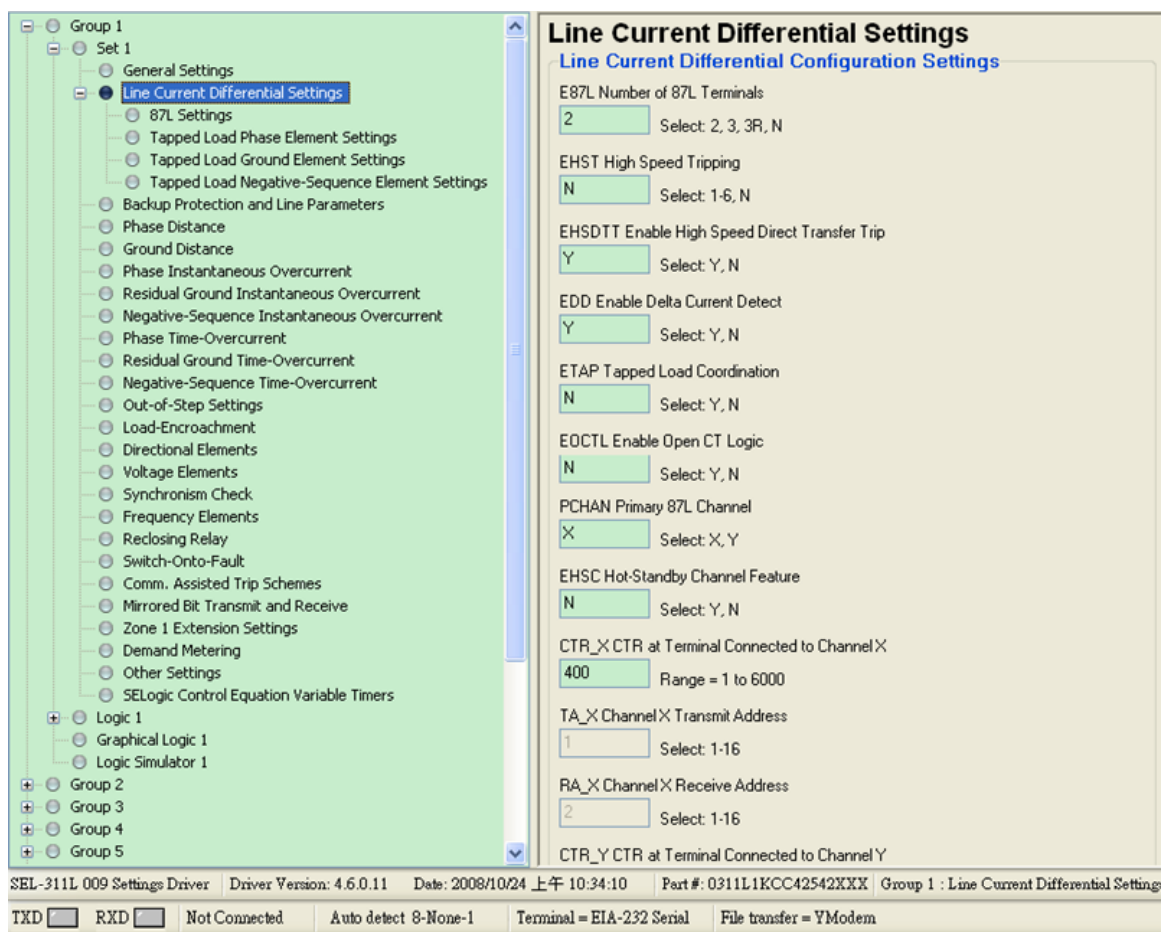


圖四 考慮所需因素之 Alpha plane 圖

(2)抑制區半徑87LR之設定：

87LR之設定值至少須使得發生所有內部故障時，均不會落在抑制區內，通常可設定87LR之設定值為6，即抑制區之外徑為6、內徑為 $1/6$ ，可使得即使有一端為弱電源端時，發生內部故障亦不會落在抑制區內(在有一端為弱電源端，發生內部高阻抗接地故障時，其電流比值有可能為零或為負值)。

(三)線路差電流元件之設定：



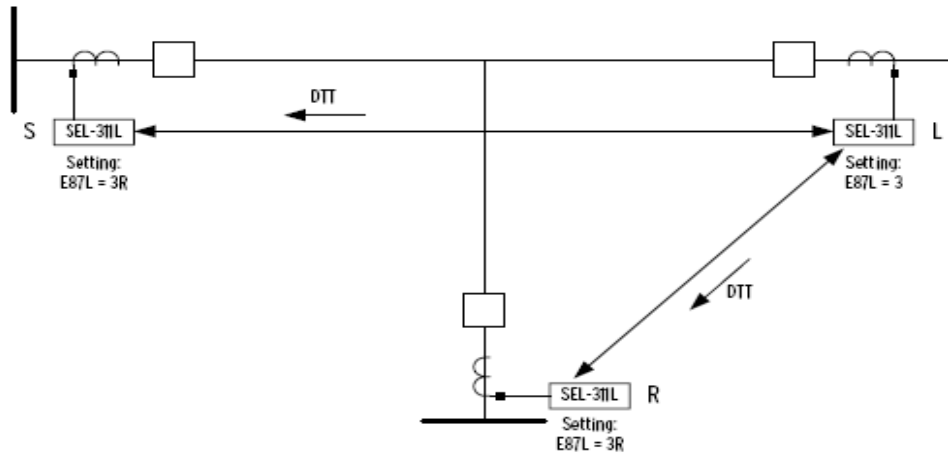
圖五 線路差電流邏輯設定畫面

(1)保護電驛端子數量 E87 之設定：

保護端子設定數值須依保護電驛及通信頻道數目；若 E87=2 時，表示為兩端子保護且有二具 SEL-311L 保護電驛及至少一組通信頻道；若 E87=3 時，表示為三端子保護且有三具 SEL-311L 保護電驛及三組通信頻道(每具保護電驛都能直接與其他兩具保護電驛通信)。

E87=3R 時，表示為三端子保護

且有三具 SEL-311L 保護電驛但僅有二組通信頻道，如圖六所示，R、S、L 三端子皆有 SEL-311L 保護電驛，但僅有二組通信頻道，其中 L 端保護電驛可直接與 R、S 端保護電驛通信，故 L 端 E87 設定為 3，而 R、S 端保護電驛無法直接通信，須透過 L 端保護電驛才可互傳信號，故 E87 須設定為 3R。

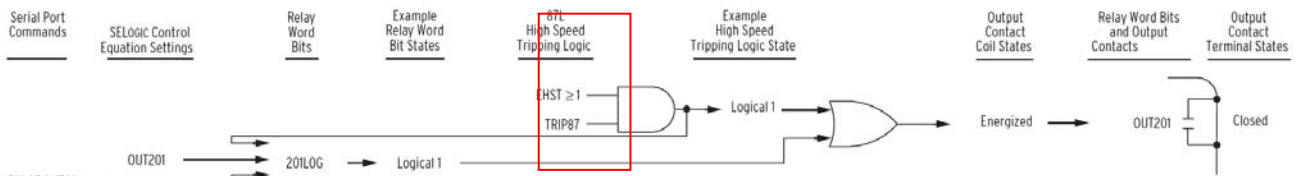


圖六 E87=3R 說明圖面

(2)SEL-311L 內部快速跳脫 EHST 之設定：

當 SEL-311L 保護電驛差電流保護元件(87LA、87LB、87LC、87L2、87LG)偵測出故障發生時，若 EHST \neq N 即不經使用人員編寫之邏輯方程，立即將跳脫信號至輸出接點

(OUT201~OUT206)快速清除故障，如圖七所示，表示使用各種邏輯設定所需之邏輯判斷程序(表示經過的邏輯判斷越多花費的時間也越多)，使用 EHST 時所經之邏輯判斷最少，故動作越快速。

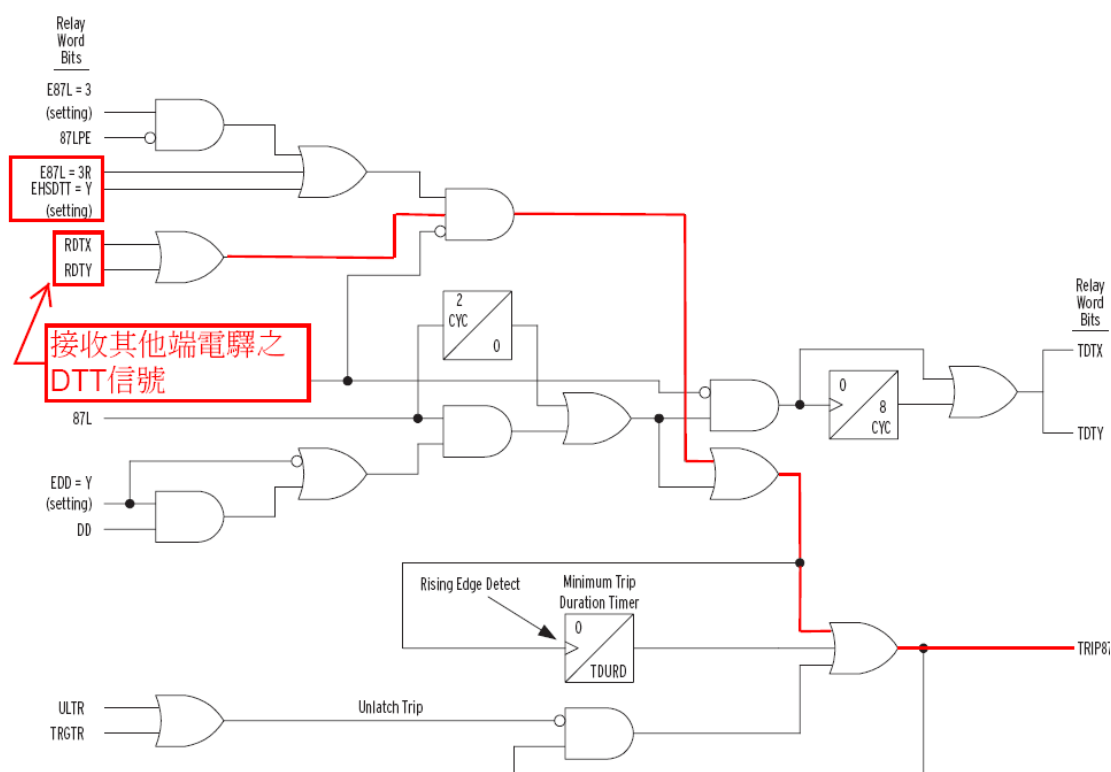


圖七 EHST 說明圖面

(3)SEL-311L 外部快速跳脫 EHS DTT 之設定：

EHS DTT=Y，即本端SEL-311L保護電驛可由遠端SEL-311L保護電驛之 DTT 通信訊號觸發 TRIP87(Relay

Word bit)跳脫本端斷路器。當E87=3R或E87=3發生一回路通信頻道錯誤時，SEL-311L保護電驛將自動啟用 EHS DTT 之功能，以確保SEL-311L保護電驛能維持其差電流功能。

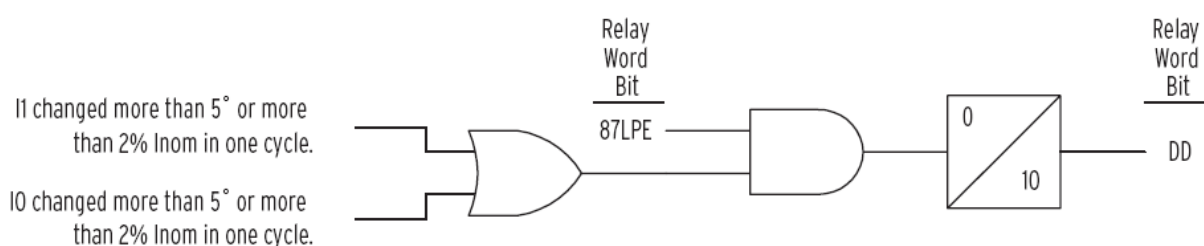


圖七 EHSDDT 邏輯說明圖面

(4) 系統擾動偵測 EDD(Disturbance Detector)之設定：

EDD 為監測本端之系統電流擾動，避免因為遠端信號失誤造成差電流元件誤動作；監測的基準為 I_1 (正序

電流)及 I_0 (負序電流)每週波變化超過 2%的正常電流或角度 5° 時，擾動值未達上述基準時 87L 延時 2 週波，以增加保護電驛的可靠度。



圖八 EDD 邏輯說明圖面

(5) CT 開路偵測邏輯 EOCTL(enable the open-CT detection logic)之設定：

EOCTL=Y, 當相差電流偵測值大於 CTALRM(Phase difference current alarm pickup)設定值，且遠端斷路器為非切離狀態時，避免因 CT 的不平衡電流造成差電流元件誤動作。若 CT 開路偵測邏輯為致能狀態，SEL-311L 保護電驛將閉鎖負序差電流元件

(87L2)及零序差電流元件(87LG)，避免誤動作發生。

(6)SEL-311L 保護電驛通信之設定：

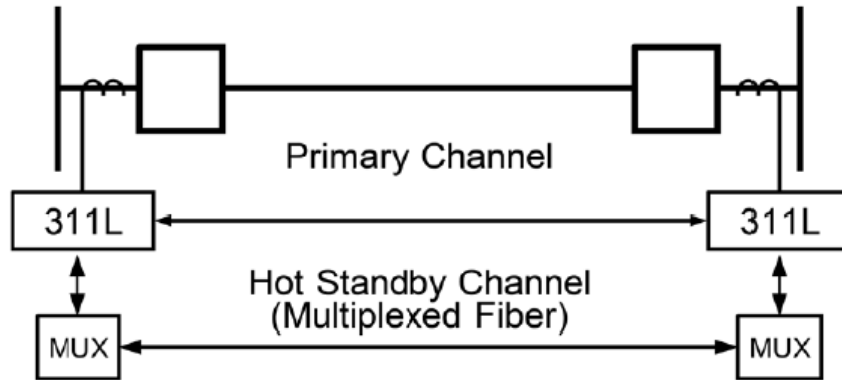
SEL-311L 保護電驛提供二組通信頻道(X、Y Channel)選用，其相關參數設定如下所示：

PCHAN(Primary 87 Channel)：選擇通信頻道優先權，以確保差電流元件可取得正確的傳輸資料供計算用，不會因不同通信頻道及資料造成錯誤

發生，但線路保護為三端子(E87=3)時二組通信頻道與不同保護電驛相連接，無通信頻道優先權問題，故該值無法設定。

EHSC(Hot-Standby Channel)：當線路保護為二端子(E87=2)且同時具

備二組通信頻道時，二組通信頻道將同步傳輸資料，但僅有一組通信頻道之資料會被保護電驛採用，當其中一組通信頻道故障時，將立即轉換至另一組通信頻道，且傳輸之資料不會因此有差異，以增加可靠度。



圖九 EHSC(Hot-Standby Channel)示意圖

CTR_X、CTR_Y：Channel X、Y 遠端 SEL-311L 保護電驛所使用之 CTR，作為保護電驛內部電流計算轉換用。

TA_X、TA_Y(Channel X、Y Transmit Address) 及 RA_X、RA_Y(Channel X、Y Receive Address)：該設定值作為

SEL-311L 保護電驛傳送資料之檢查碼，以避免接收到非對應遠端傳送的資料。圖十說明設定規則，1530 端之 TA-X 設定為 1 時，對應端 1510 之 RA-X 也必須設定為 1，始可正確的傳送及接收資料。



圖十 TA_X 及 RA_X 設定說明

參、SEL-311L 保護電驛之復閉功能運用：

輸電線路因暴露於室外，且綿延數十或數百公里，常會因外物碰觸(樹木、動物、空飄物或吊車...等)或自然現象(雷擊、鹽害、霧害...等)的影響，造成保護電驛動作而使線路停電，但大多數的事故皆非永久性故障，因此採用復閉電驛執行自動復電的工作，以減少停電時間，提高輸

電系統的穩定度。

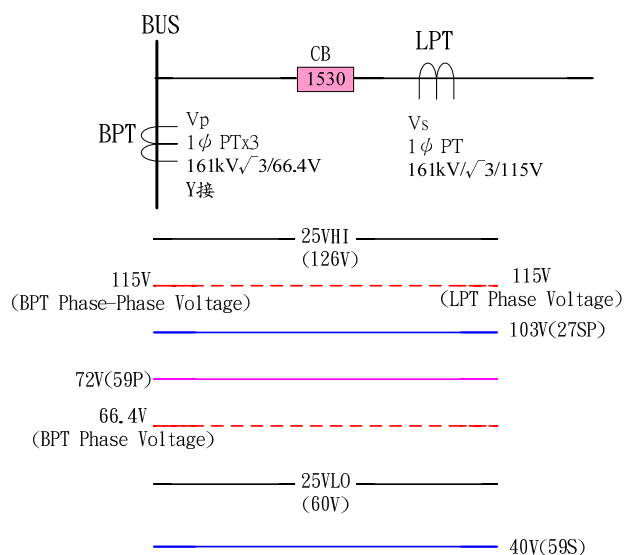
輸電系統於併聯時須考慮兩端系統之電壓大小、相角位移、頻率差、相序是否相符，但執復閉時另需設定時間間隔(保護電驛隔離事故後至執行復閉功能的時間)，其必需考量線路事故點之絕緣恢復及斷路器啟斷能力來決定。

SEL-311L 復閉元件運用於匯流排比壓器(BPT)與線路比壓器(LPT)二次側電壓不同，因 SEL-311L 內部並無法自動調整

電壓準位因應此情況，故須由使用者自行編輯邏輯方程來實現復閉功能。

SEL-311 保護電驛採用“電壓視窗”方式來因應兩端比壓器(LPT)二次側電壓不

同，輸電線兩端斷路器因事故跳脫後一端為試送端、另一端為併聯端，兩端斷路器皆成功投入送電後，即為復閉執行成功。



圖十一 電壓視窗

一、試送端保護電驛設定：

試送端採用“Hot Bus Dead Line”的方式來判斷是否執行試送功能，使用圖十一來說明，斷路器因故跳脫後匯流排側電壓健全(BPT=115V Phase-Phase Voltage)，線路端為無電壓狀態(LPT=0V)，以此概念來設定 SEL-311L 之電壓元件，如下說明：

59PP(Phase-Phase OverVoltage Pickup)=103V(115Vx90%，若 BPT 高於 90%健全電壓，視為 Hot Bus)。

59SP(Channel Vs OverVoltage Pickup)=40V(若 LPT 不高於設定值 40V，視為 Dead Line)。

79CLS(Reclose

Supervision)=59AB*59BC*59BC*!59S(59AB*59BC*59BC表示匯流排端A、B、C線電壓皆高於59PP，且!59S表示LPT之相電壓不高於59SP)，當符合條件後即執行“試送”功能。

BSYNCH(Blocks Synchronism Check)=59A+27S(59A表示匯流排端A相“相電壓”高於設定值59P，即為匯流排端電壓過高；27S表示線路端相電壓低於設定值27SP，即線路端電壓過低，當有上述情形表示系統非正常，故SEL-311L保護電驛立即閉鎖復閉功能)。

圖十二 SEL-311L 電壓元件設定

簡單來說試送功能僅須確認匯流排端處於系統正常電壓狀態，而線路端為無電壓狀態，即可將斷路器投入，使該線路呈現加壓情況。

二、併聯端保護電驛設定：

併聯端須考慮兩端(匯流排端及線路端)之電壓大小、相角位移、頻率差三個因素，當三個因素經 SEL-311L 同步元件(Synchronism Check Element)決定是否執行併聯，SEL-311L 保護電驛執行同步時由電壓、頻率、相角位移依序判斷，SEL-311L 同步元件設定如下說明：

25VLO、25VHI：決定“電壓視窗”的範圍(25VLO=66.4Vx90%=60V；25VHI = 115x110%=126V)

25SF：決定兩端之頻率差(25SF = 0.5 HZ)

25ANG1、25ANG2：決定兩端可容許最大相角差，可採用兩段式設定(25ANG1=20°、25ANG2=40°)

SYNCP：“電壓視窗”的電壓取決那一相來決定(VA、VB、VC、VAB、VBC、VCA)

TCLOSD：輸入斷路器投入所需之時間，以作為相角差補償的依據

79CLS(Reclose Supervision)=25A1(表示匯流排端與線路端之電源皆符合同步設定要求，可執行“併聯”功能)

BSYNCH(Blocks Synchronism Check) = 59A+27S。

Synchronism Check Elements
E25 Enable Synchronism Check Elements

Y Select: Y, N

Synchronism Check Elements

25VLO Voltage Window - Low Threshold (Volts secondary)
 Range = 0.00 to 150.00

25VHI Voltage Window - High Threshold (Volts secondary)
 Range = 0.00 to 150.00

25SF Maximum Slip Frequency (Hz)
 Range = 0.005 to 0.500

25ANG1 Maximum Angle 1 (degrees)
 Range = 0.00 to 80.00

25ANG2 Maximum Angle 2 (degrees)
 Range = 0.00 to 80.00

SYNCP Synchronizing Phase
 Select: VA, VB, VC, VAB, VBC, VCA

TCLDSD Breaker Close Time for Angle Comp. (cycles)
 Range = 1.00 to 60.00, OFF

圖十三 SEL-311L 同步元件設定

肆、結論：

SEL-311L 保護電驛包含差電流保護元件、測距保護元件、相間/接地/負序過電流保護元件、頻率保護元件、電壓保護元件、Out-Of-Step 保護元件、Switch Onto-Fault 保護元件、復閉功能元件、同步檢測功能元件...等，保護電驛設定工程師須對使用的保護電驛有完整的了解，才能編輯出符合系統需求的保護邏輯。因目前數位式保護電驛的功能越來越多樣化，但其不同廠牌保護電驛的邏輯編寫原則也不盡相同，本章僅就筆者工作常用的 SEL-311L 保護電驛來說明其邏輯編寫原

則。

伍、參考資料

- 一、SEL公司之SEL-311L LINE CURRENT DIFFERENTIAL PROTECTION AND AUTOMATION SYSTEM INSTRUCTION MANUAL。
- 二、陳順斌，電驛輸電線路的最佳守護神-差電流保護電驛，電驛協會會刊第 17 期 (92.07)。
- 三、台電公司線路保護電驛標置原則。

利用目測法判定示波器波形紀錄有無「次諧波」 (Subharmonic)成份

台電供電處 張家熙

一、前言：

所謂「諧波」(Harmonic)係指頻率為額定頻率 n 倍(n 為大於 1 之正整數)之弦波，例如：額定頻率為 60Hz 之基本波，其 2 次諧波頻率為 120Hz、3 次諧波頻率為 180Hz；而所謂「次諧波」(Subharmonic)係指頻率為額定頻率 $1/n$ 倍(n 為大於 1 之正整數)之弦波，例如：額定頻率為 60Hz 之基本波，其 $1/2$ 次諧波頻率為 30Hz、 $1/3$ 次諧波頻率為 20Hz。

當變壓器加壓瞬間，其激磁湧流(Inrush Current)會有很高成份的 2 次諧波；三相同步發電機正常運轉時，其電壓會有成份不小的 3 次諧波；當變壓器過激磁時，其電流會有很高成份的 5 次諧波；當 CCVT 或 PD 發生鐵磁共振時，其電壓波形會有很高成份的 $1/2$ 或 $1/3$ 次諧波。

但一般事故波形紀錄器(或稱示波器)雖具有「諧波」成分分析功能，卻無「次

諧波」成分分析功能。若事故波形紀錄檔可轉存成純文字格式，尚可利用 Excel 或 Matlab 自行做傅立葉轉換，分析其次諧波成份。惟若無法轉存成純文字格式時，只能利用人工離線取樣(使用示波器廠家提供之分析軟體，以手工方式將各取樣點逐點抄錄下來，再鍵入電腦，製成表格，存成純文字檔)，再利用 Excel 或 Matlab 做傅立葉轉換，分析其次諧波成份，如此一來，不但曠日費時，且誤差較大。

本文嘗試在基本波分別加入少量(10%)的各種諧波成份，建立波形資料庫，藉由觀察各種波形之特徵，試圖以反推的方式，建立以目測波形直接判定有無「次諧波」成份之方法。

二、各種不同次諧波及諧波之波形觀察：

1. $1/2$ 次諧波：

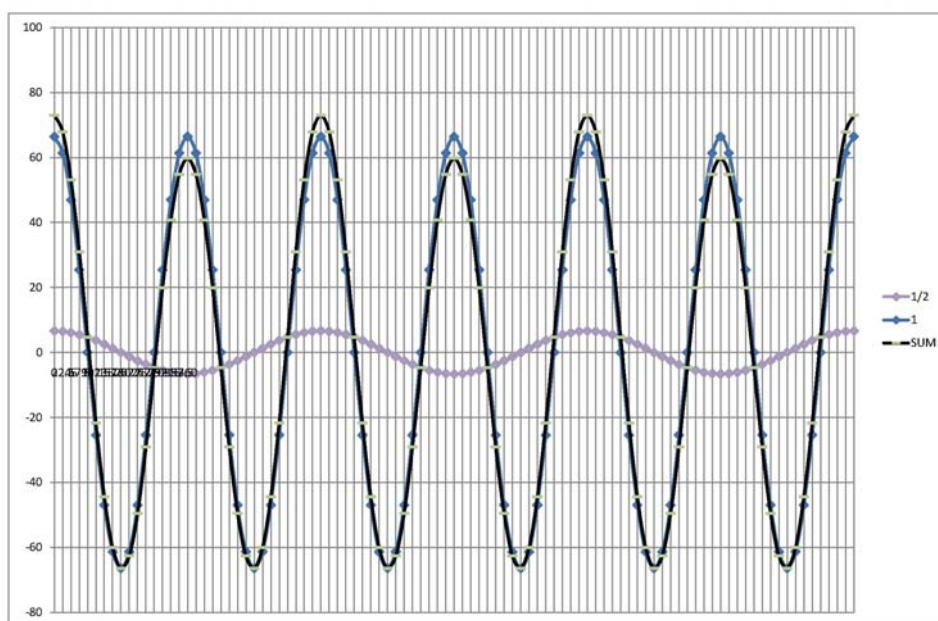


圖 1：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其合成波形(黑色)之相鄰波峯會一高一低、週期變化。

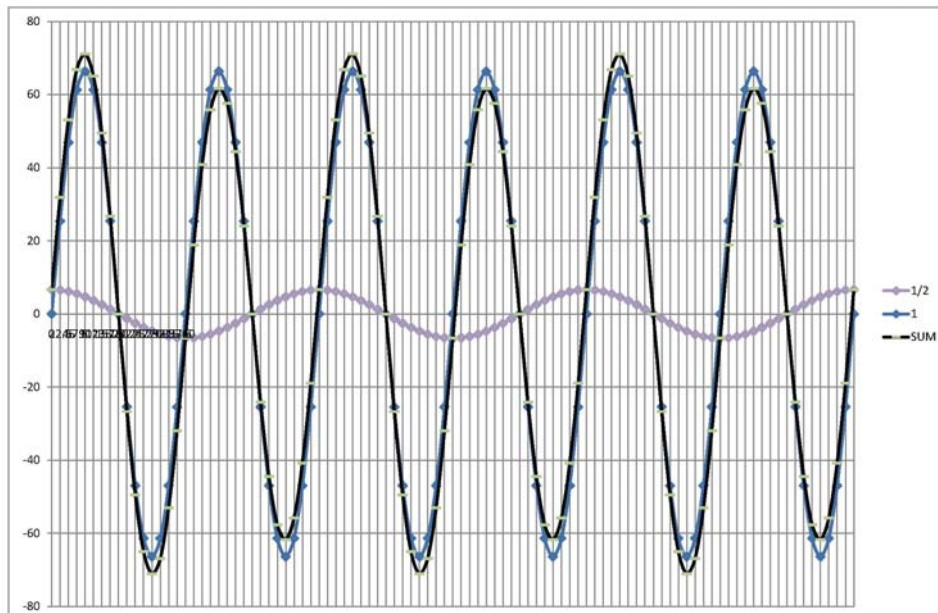


圖 2：100%基本波(60Hz)(初始角 0°)+10% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會一高一低、週期變化。

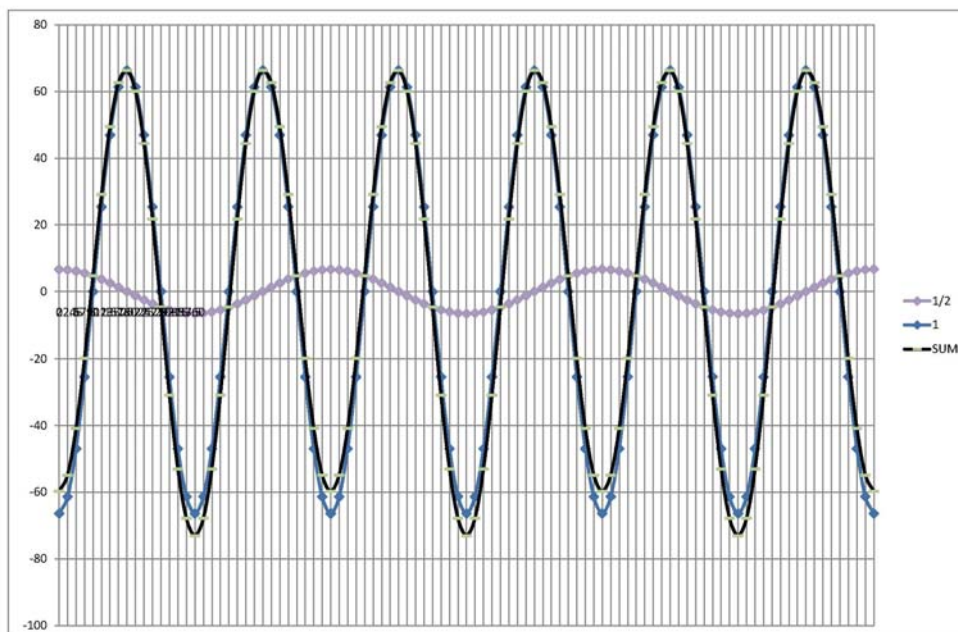


圖 3：100%基本波(60Hz)(初始角 -90°) +10% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波谷會一高一低、週期變化。

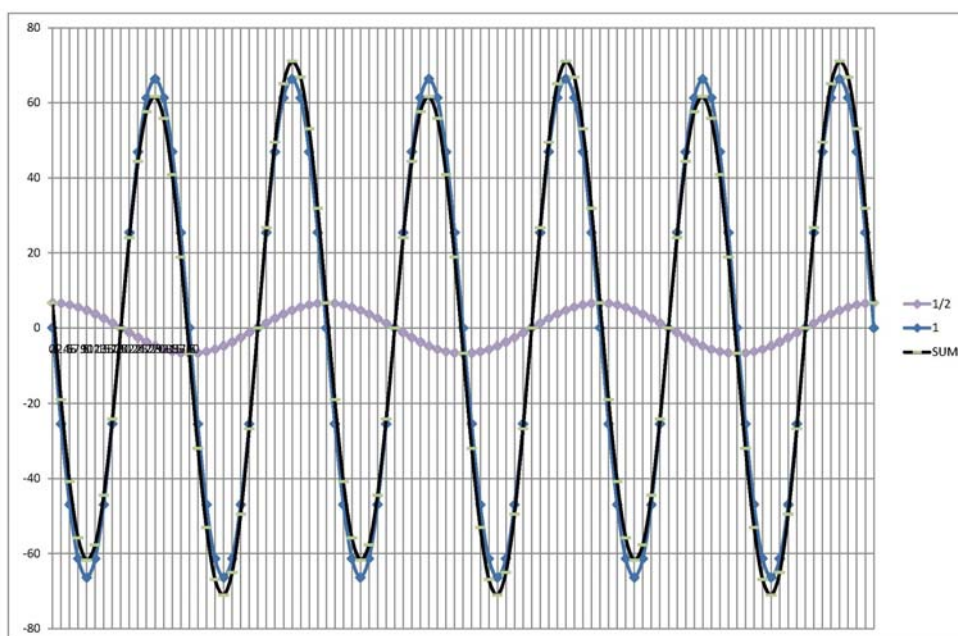


圖 4：100%基本波(60Hz)(初始角 180°) +10% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會一高一低、週期變化。

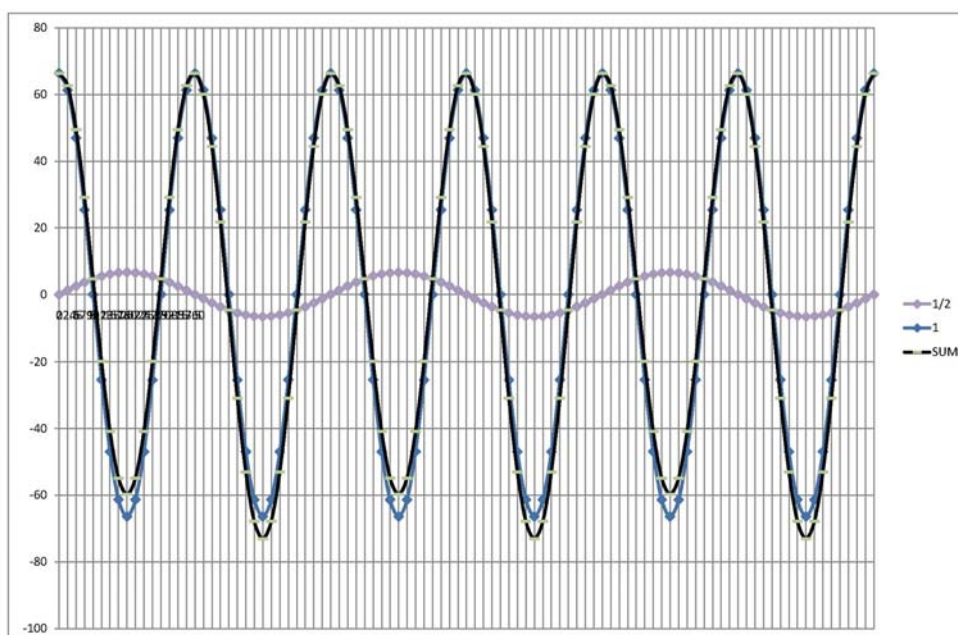


圖 5：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 0°)
 觀察重點：其波形之相鄰波谷會一高一低、週期變化。

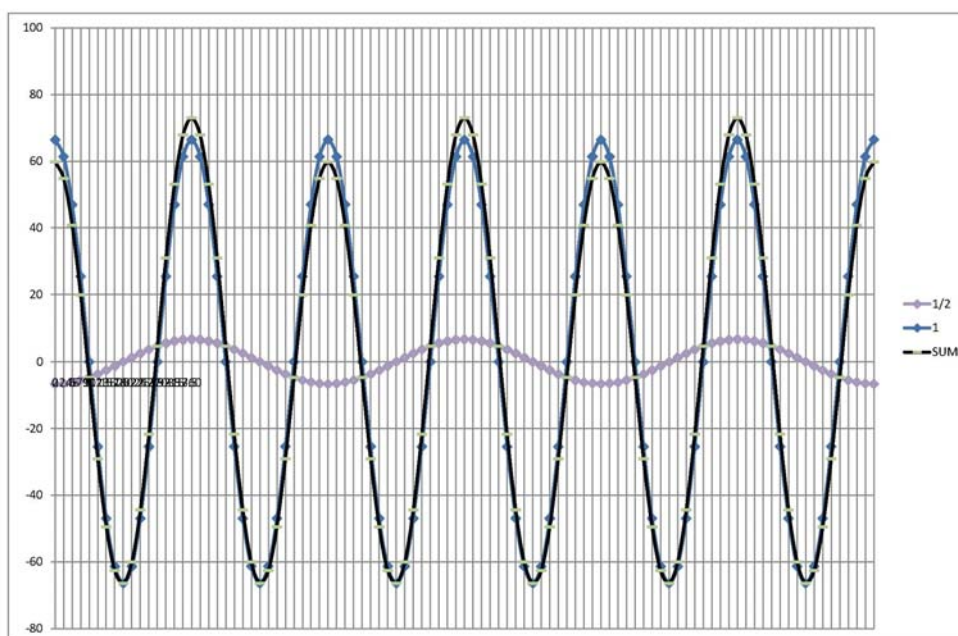


圖 6：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 -90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯會一高一低、週期變化。

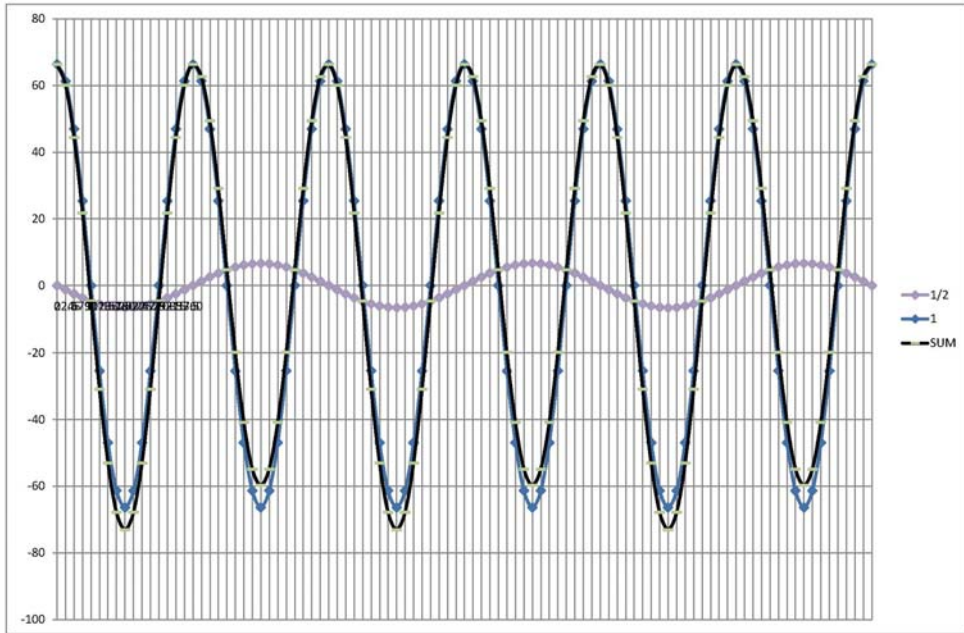


圖 7：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 180°)
 觀察重點：其波形之相鄰波谷會一高一低、週期變化。

2. 1/3 次諧波：

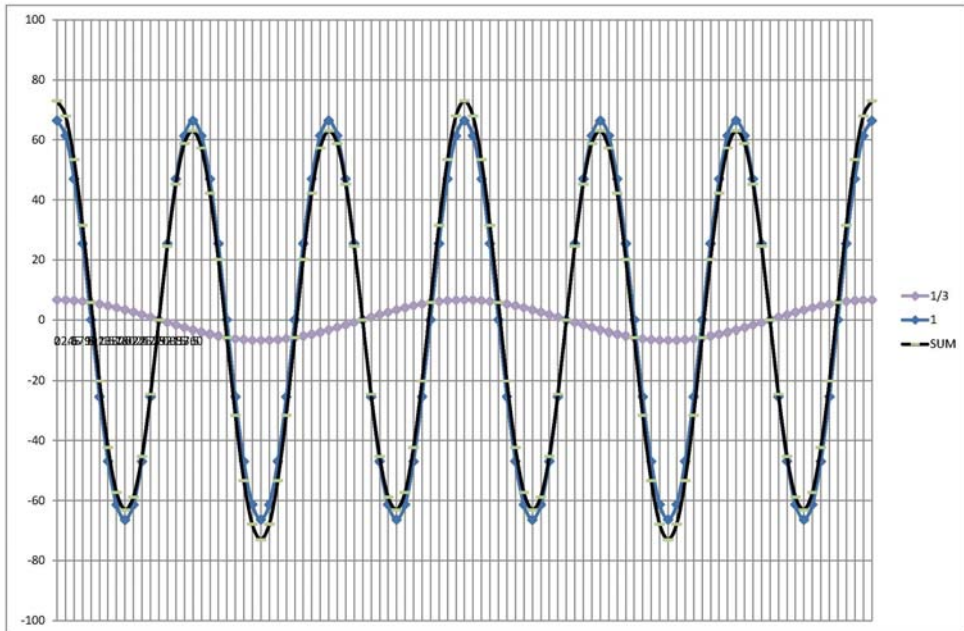


圖 8：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/3 次諧波(20Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會高-低-低、週期變化。

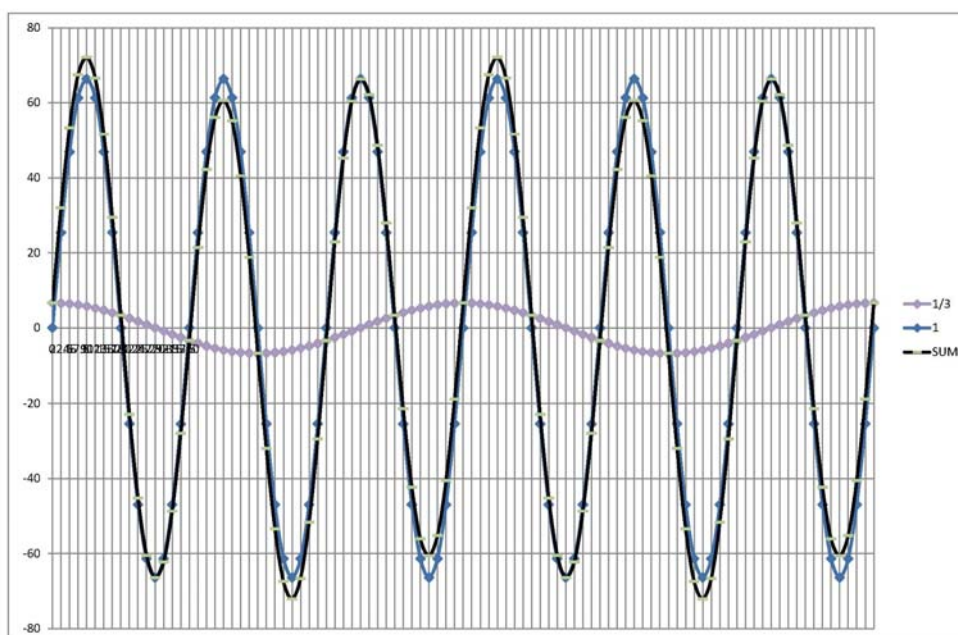


圖 9：100%基本波(60Hz)(初始角 0°)+10% 1/3 次諧波(20Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會低-中-高、週期變化。

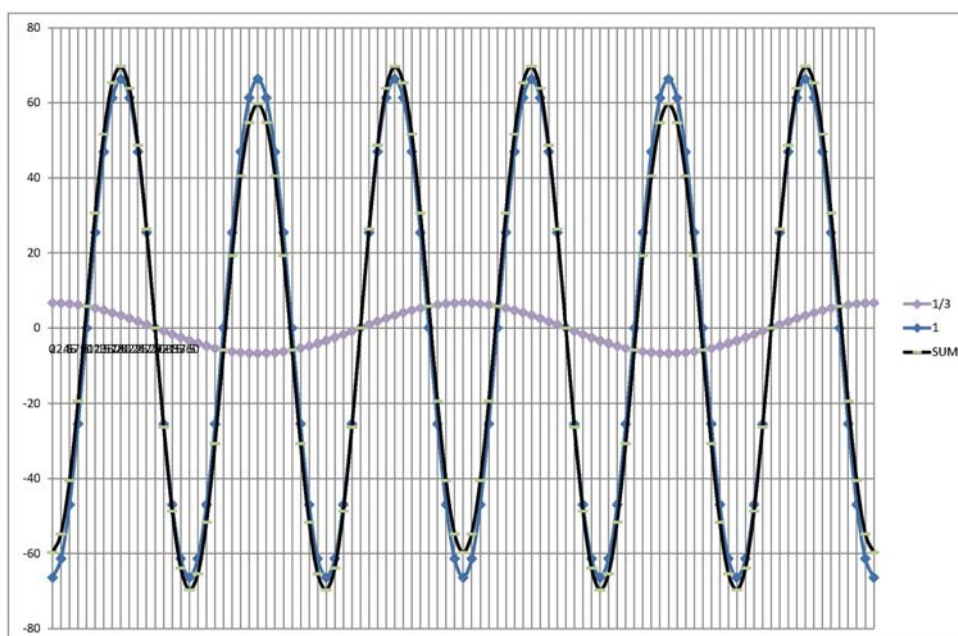


圖 10：100%基本波(60Hz)(初始角 270°)+10% 1/3 次諧波(20Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會高-高-低、週期變化。

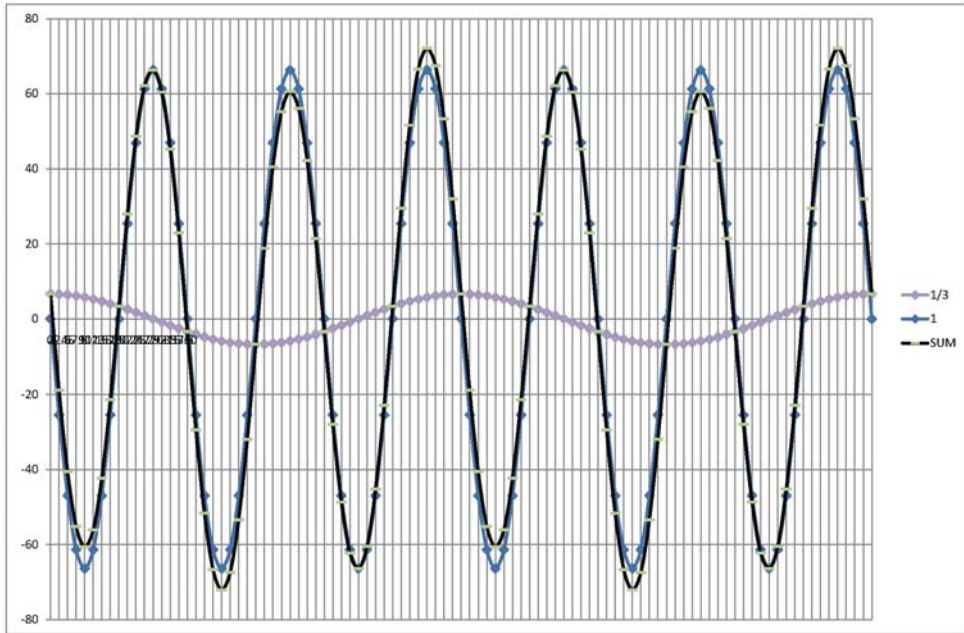


圖 11：100%基本波(60Hz)(初始角 180°)+10% 1/3 次諧波(20Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會高-中-低、週期變化。

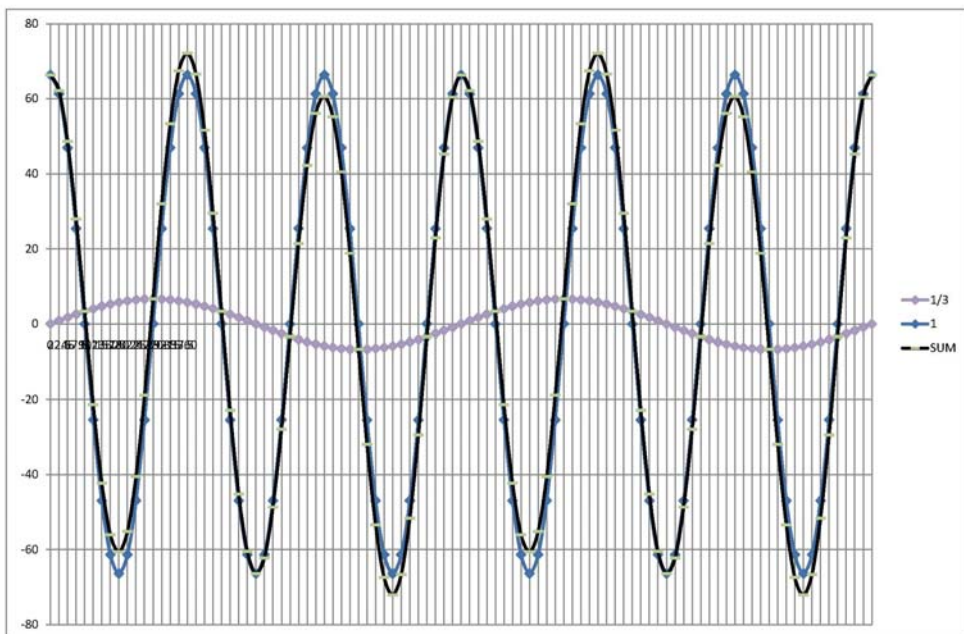


圖 12：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/3 次諧波(20Hz)(初始角 0°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會低-中-高、週期變化。

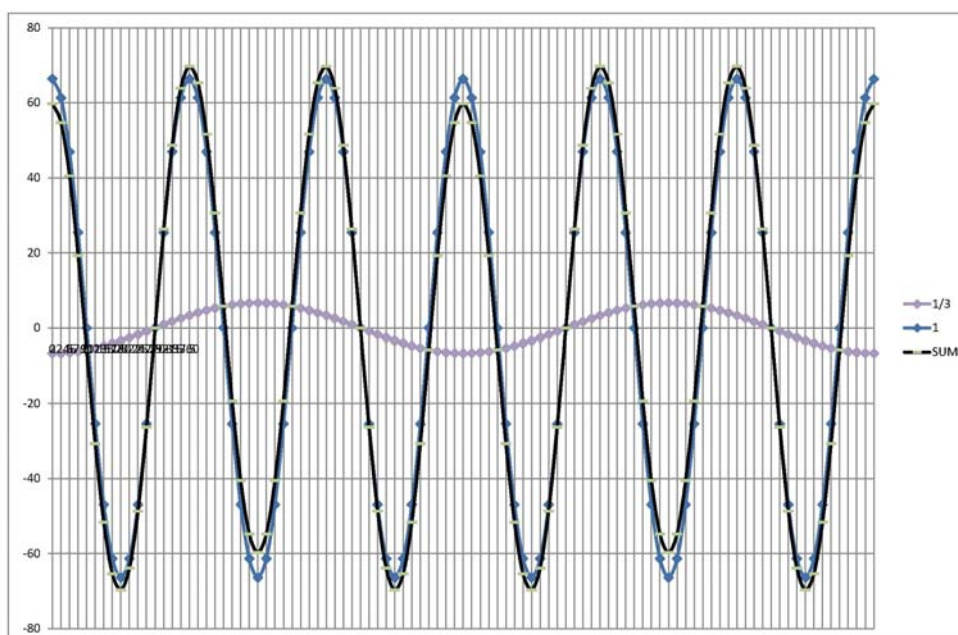


圖 13：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/3 次諧波(20Hz)(初始角 -90°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會高-高-低、週期變化。

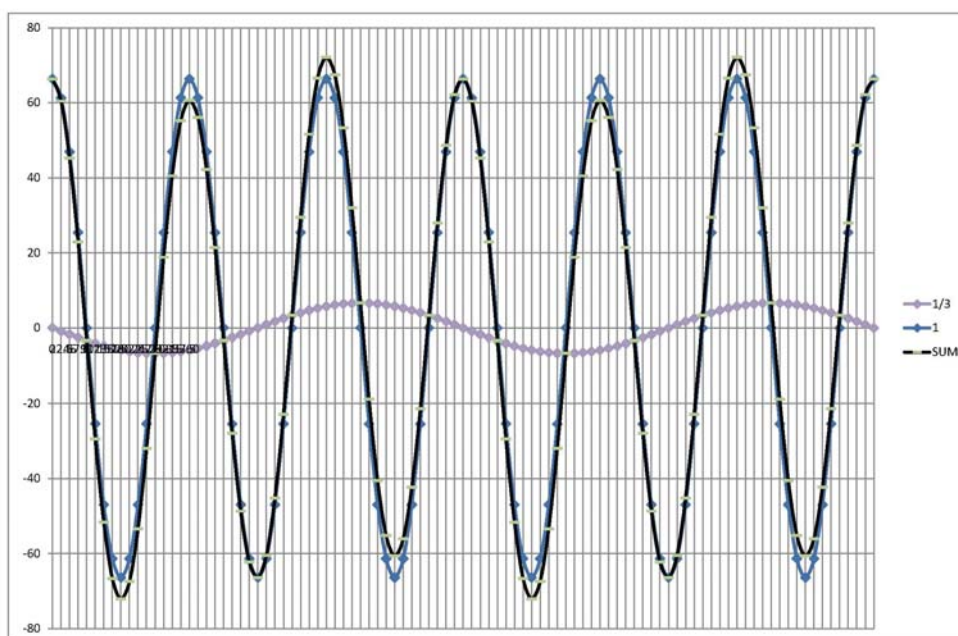


圖 14：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 1/3 次諧波(20Hz)(初始角 180°)
 觀察重點：其波形之相鄰波峯及相鄰波谷會高-中-低、週期變化。

3.2 次諧波：

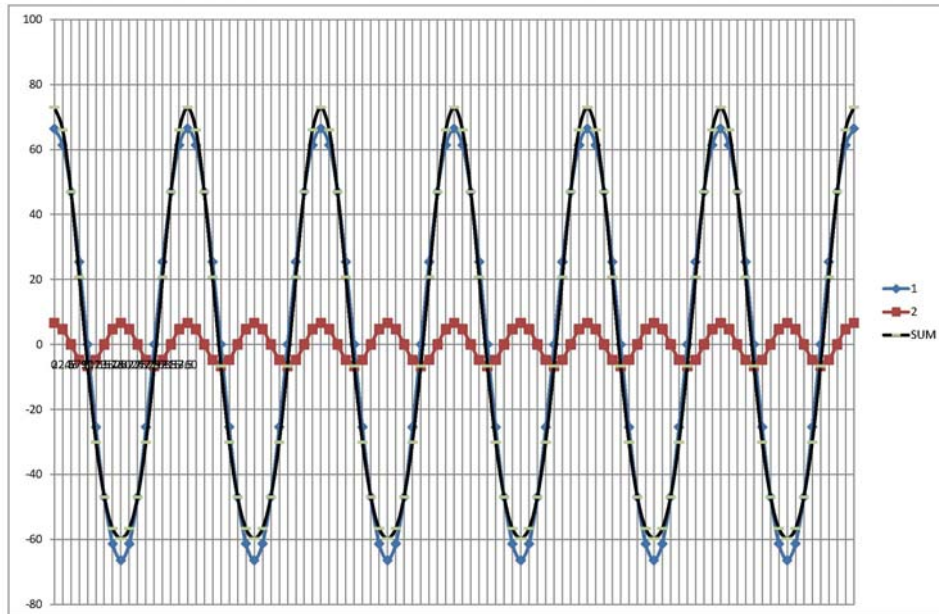


圖 15：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 2 次諧波(120Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高(雖然波峯較原基本波大，波谷較原基本波小，看起來有點像直流位移)。

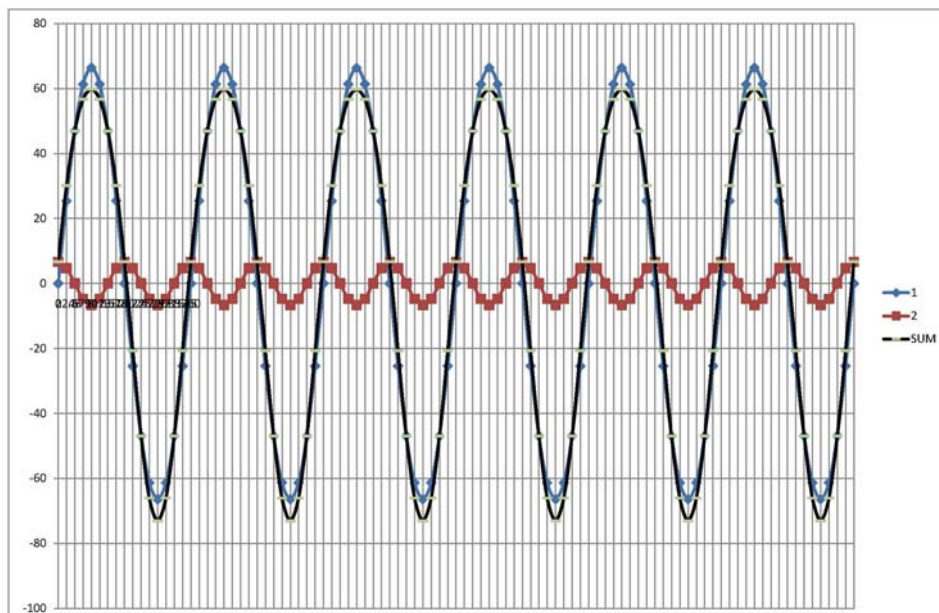


圖 16：100% 基本波(60Hz)(初始角 0°)+10% 2 次諧波(120Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

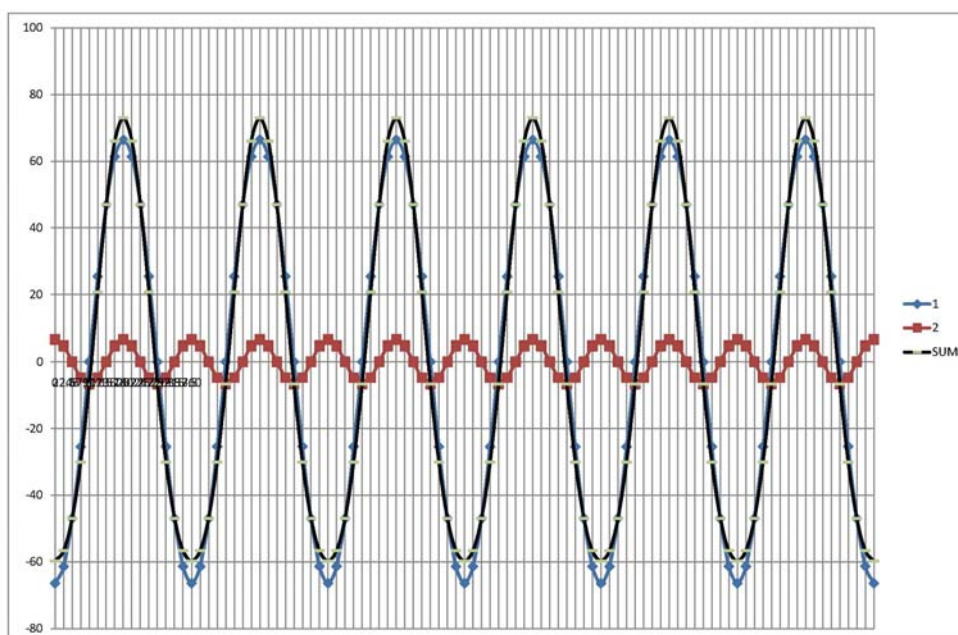


圖 17：100%基本波(60Hz)(初始角 -90°) + 10% 2次諧波(120Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

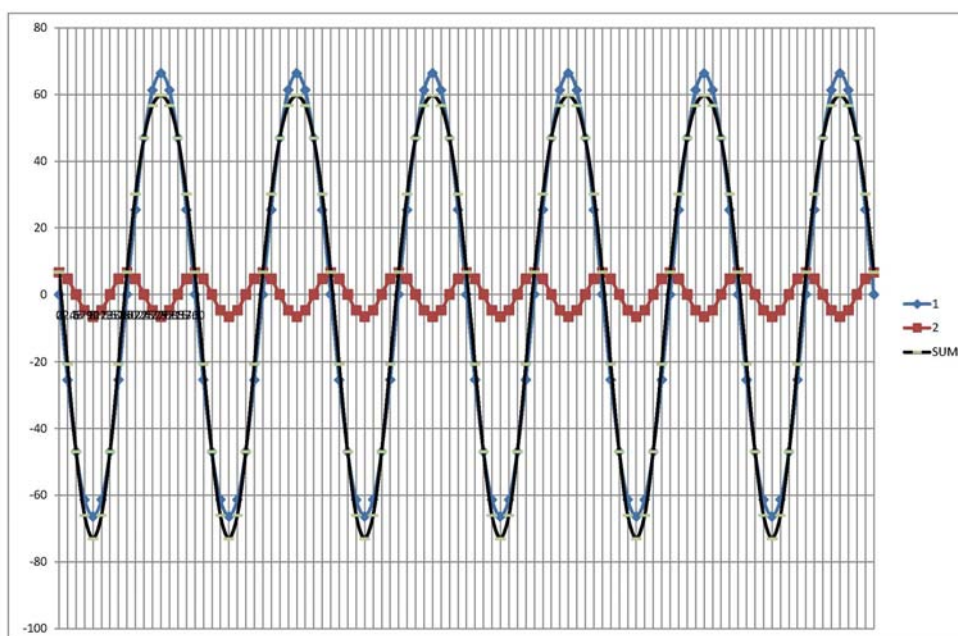


圖 18：100%基本波(60Hz)(初始角 180°) + 10% 2次諧波(120Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

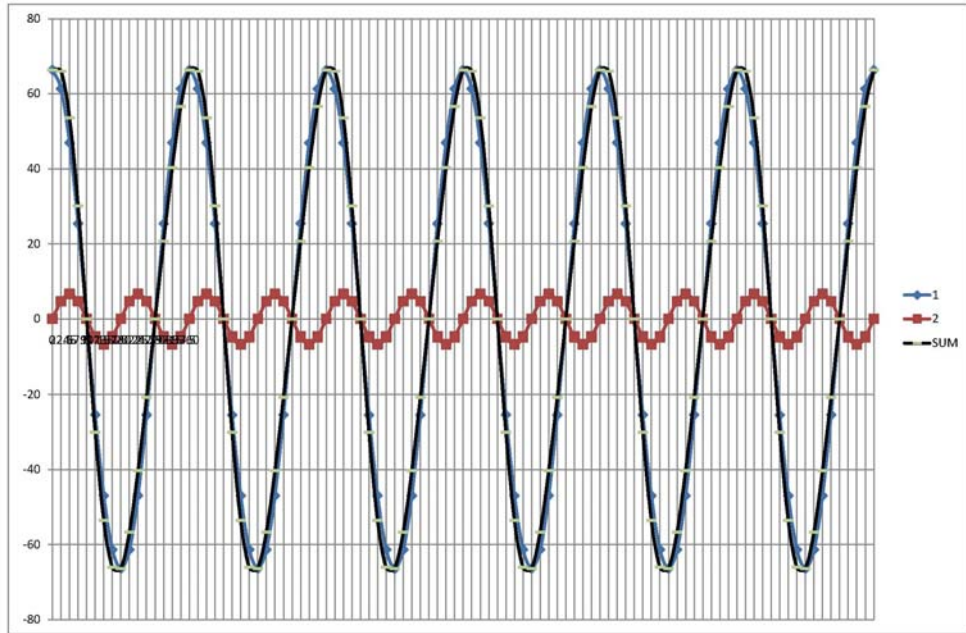


圖 19：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 2 次諧波(120Hz)(初始角 0°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

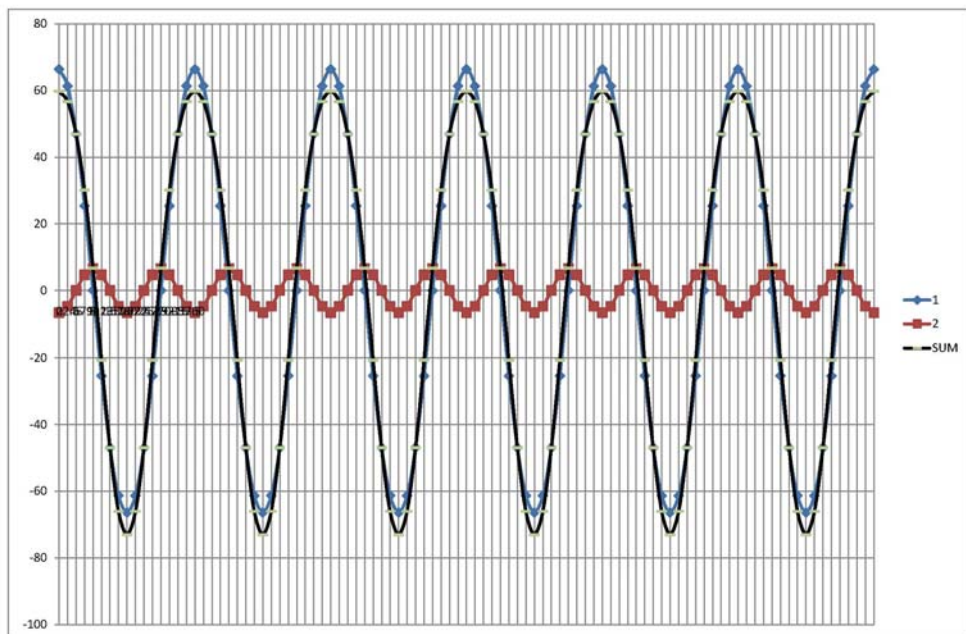


圖 20：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 2 次諧波(120Hz)(初始角 -90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

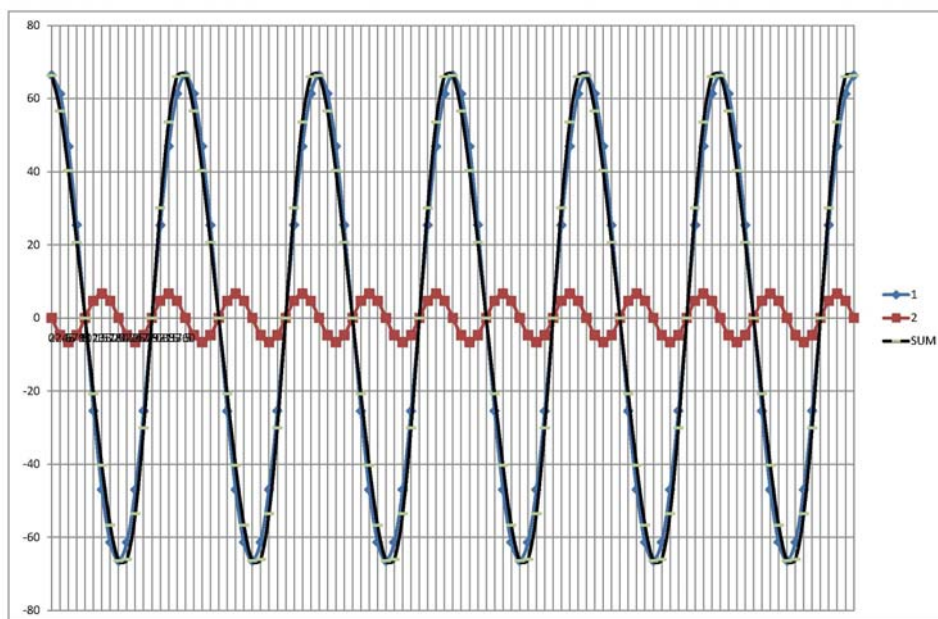


圖 21：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 2 次諧波(120Hz)(初始角 180°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

4. 3 次諧波：

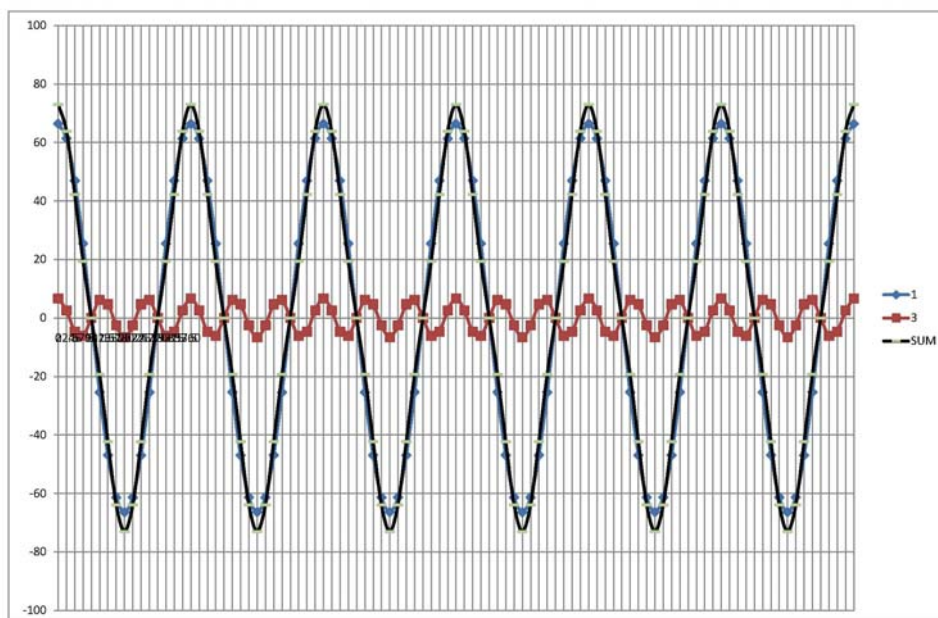


圖 22：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 3 次諧波(180Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高(雖然波峯、波谷均變大)。

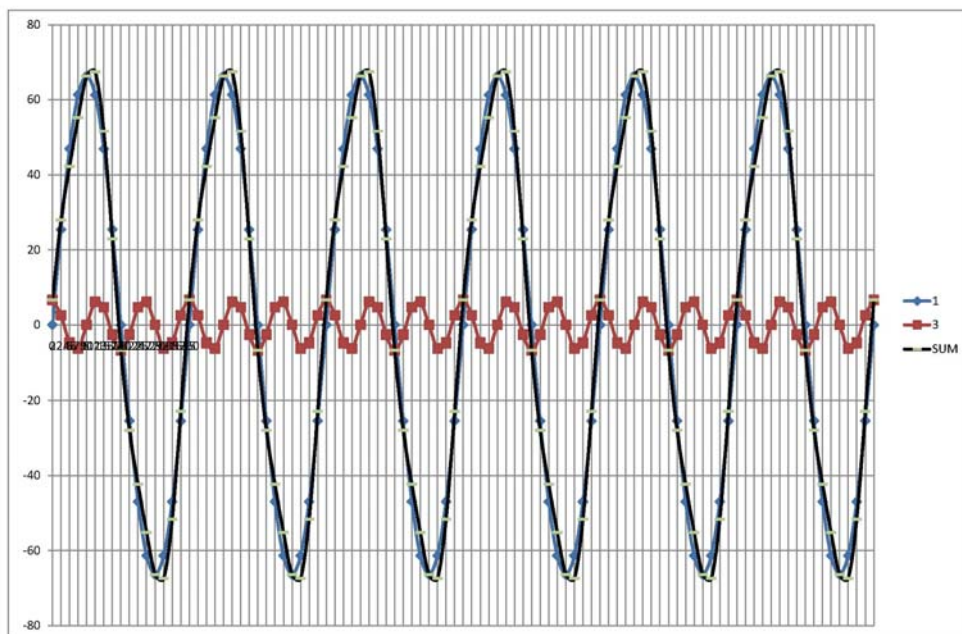


圖 23：100% 基本波(60Hz)(初始角 0°)+10% 3 次諧波(180Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

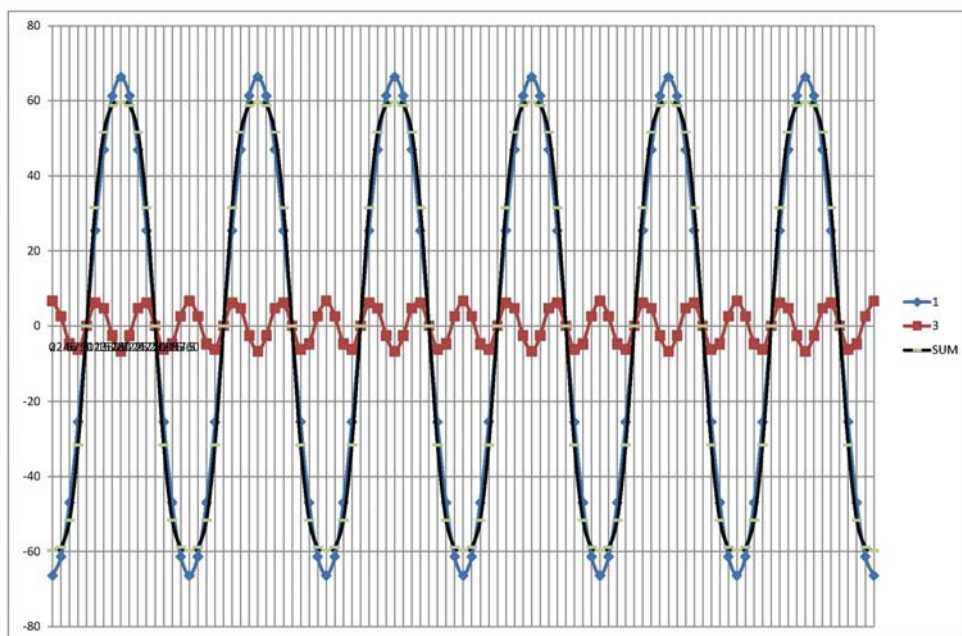


圖 24：100% 基本波(60Hz)(初始角 -90°)+10% 3 次諧波(180Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

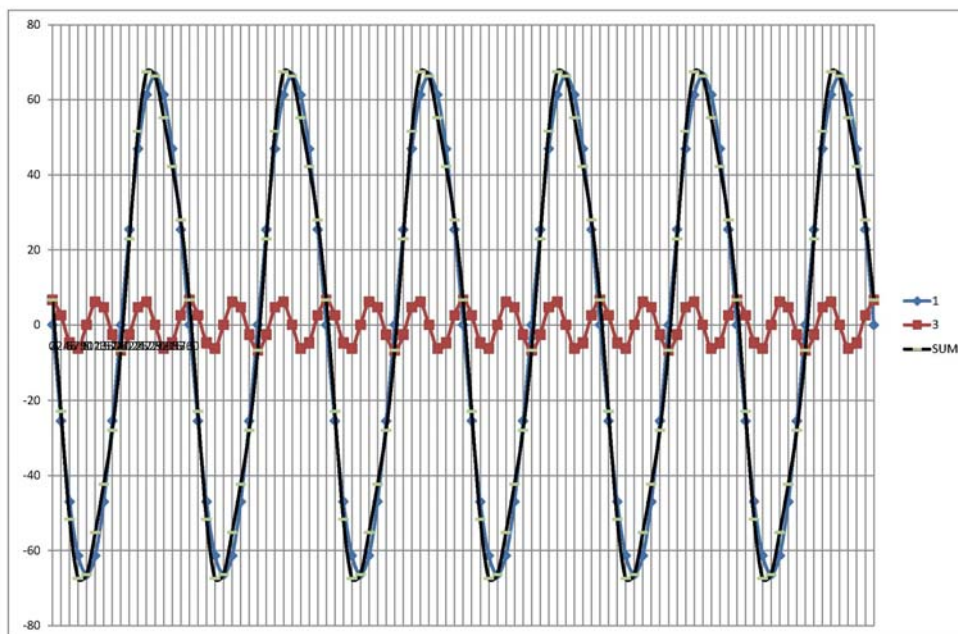


圖 25：100% 基本波(60Hz)(初始角 180°)+10% 3 次諧波(180Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

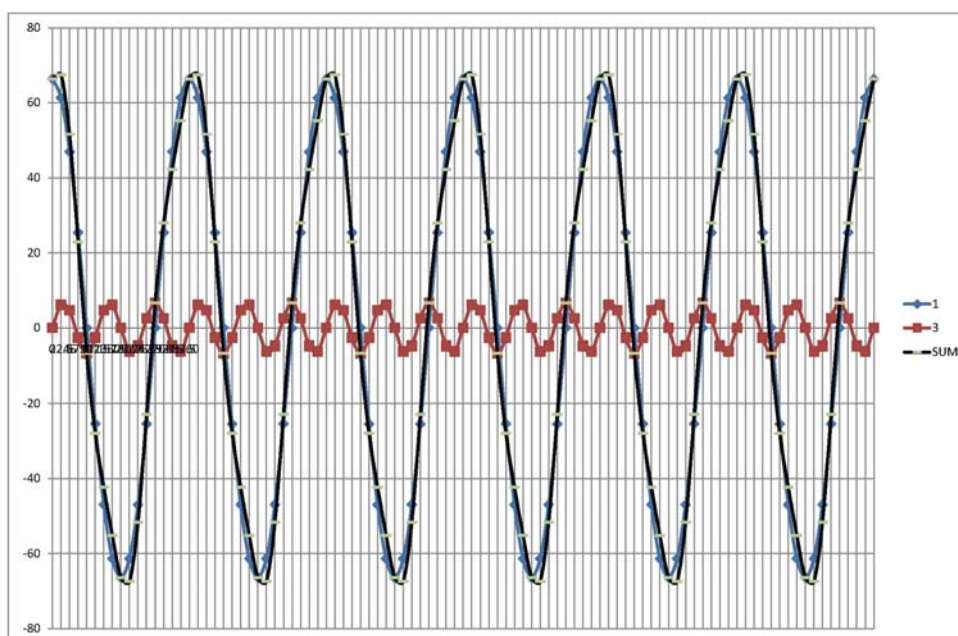


圖 26：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 3 次諧波(180Hz)(初始角 0°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

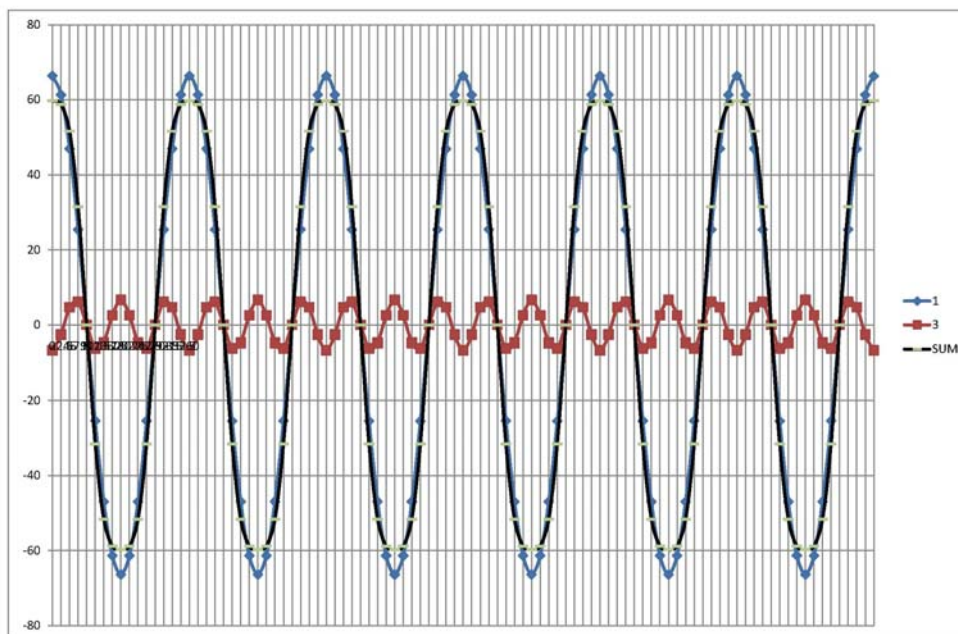


圖 27：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 3 次諧波(180Hz)(初始角 -90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

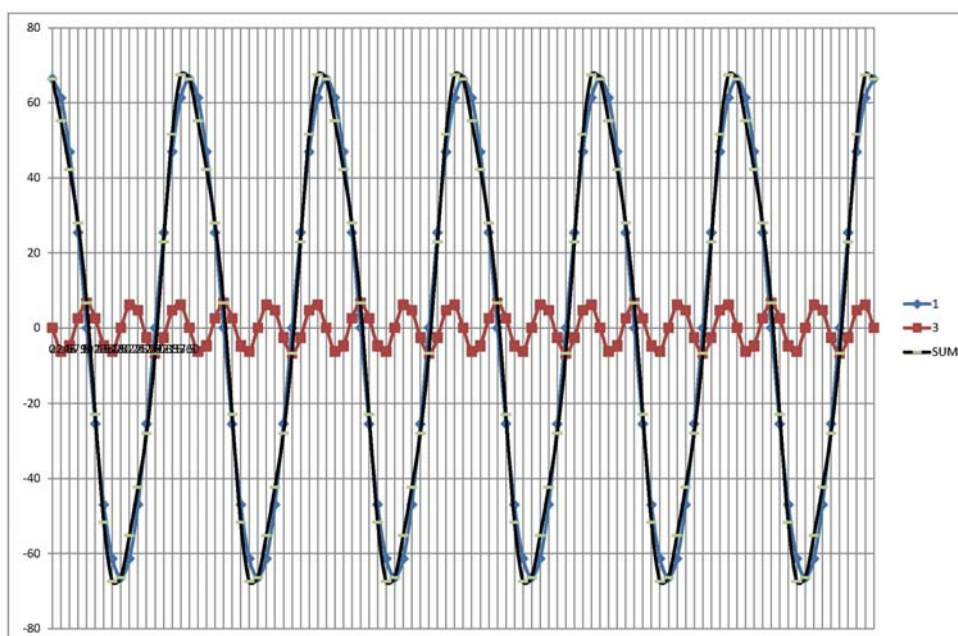


圖 28：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 3 次諧波(180Hz)(初始角 180°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

5.5 次諧波：

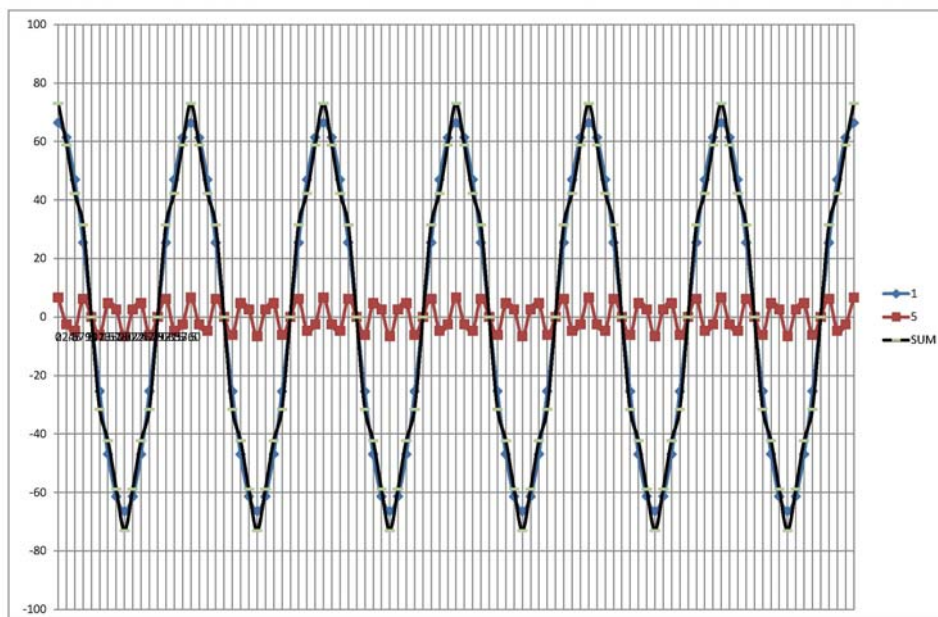


圖 29：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 5 次諧波(300Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高(雖然波峯、波谷均變大)。

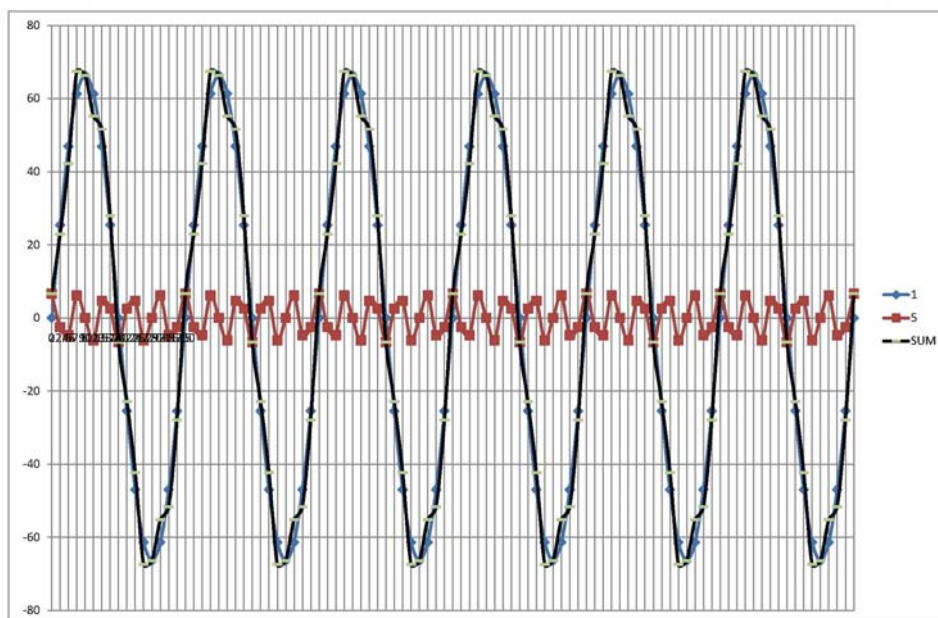


圖 30：100%基本波(60Hz)(初始角 0°)+10% 5 次諧波(300Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

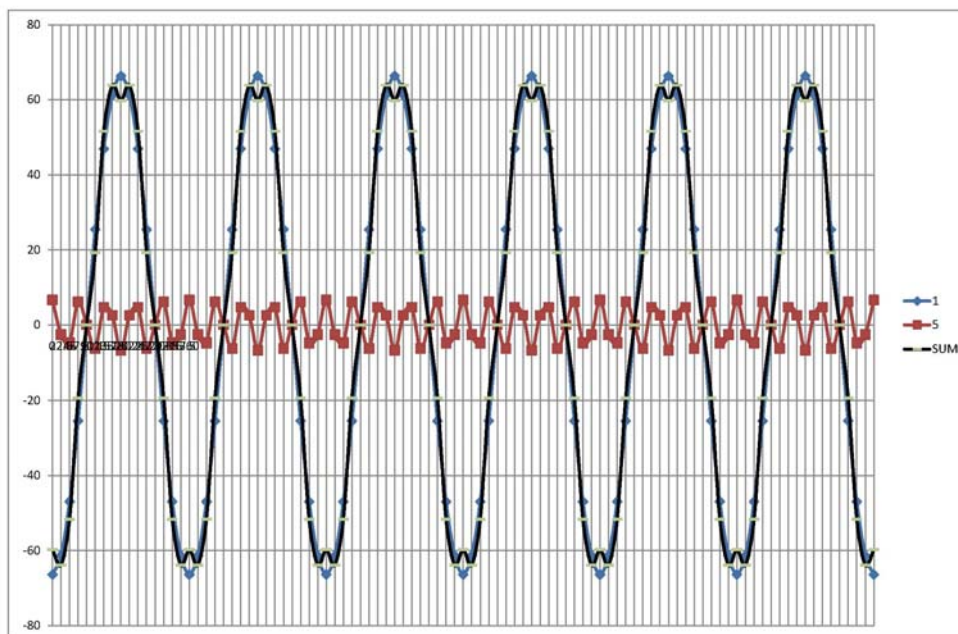


圖 31：100%基本波(60Hz)(初始角 -90°) + 10% 5次諧波(300Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

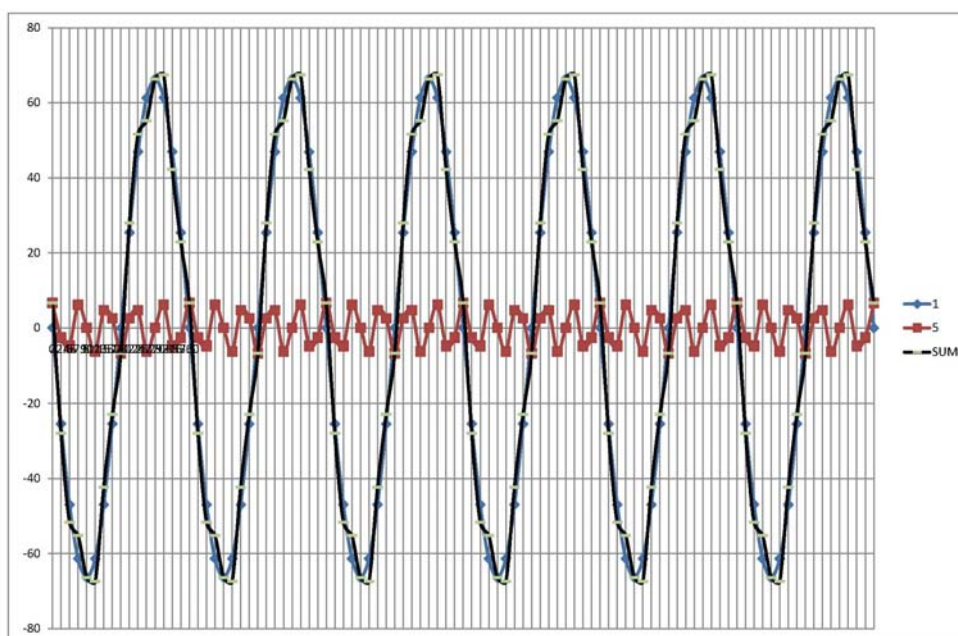


圖 32：100%基本波(60Hz)(初始角 180°) + 10% 5次諧波(300Hz)(初始角 90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

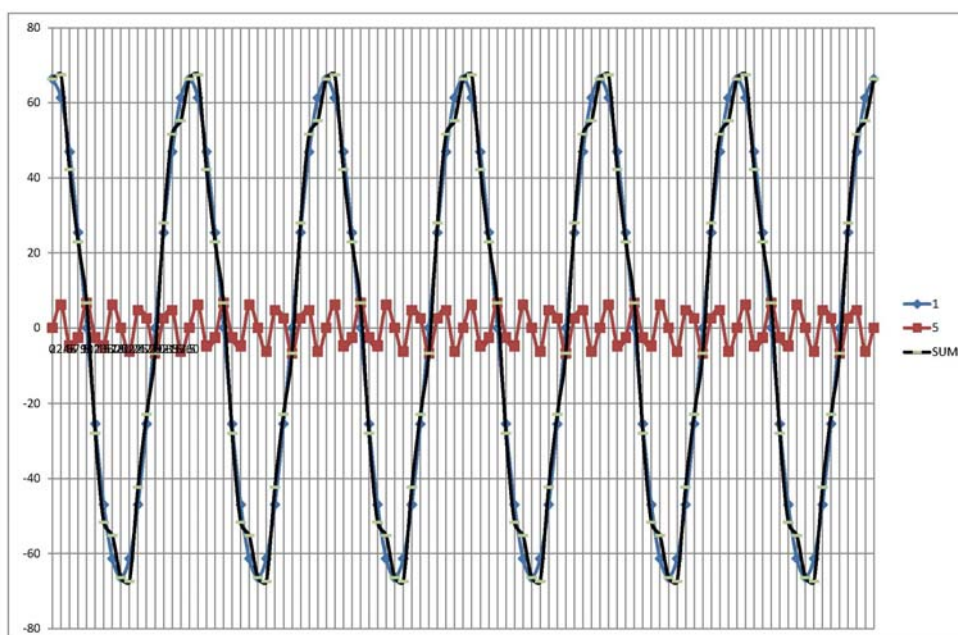


圖 33：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 5 次諧波(300Hz)(初始角 0°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

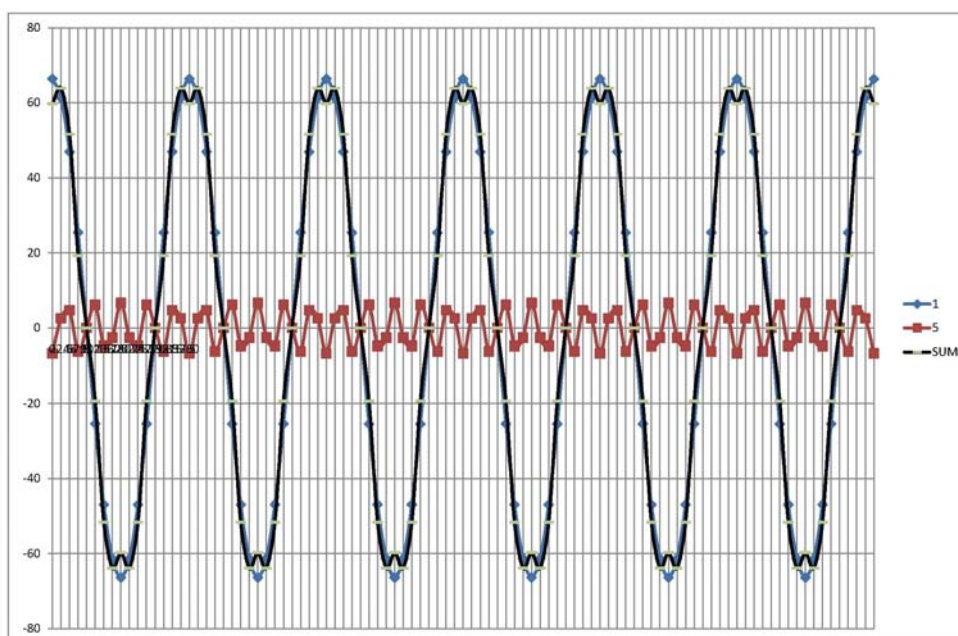


圖 34：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 5 次諧波(300Hz)(初始角 -90°)
 觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

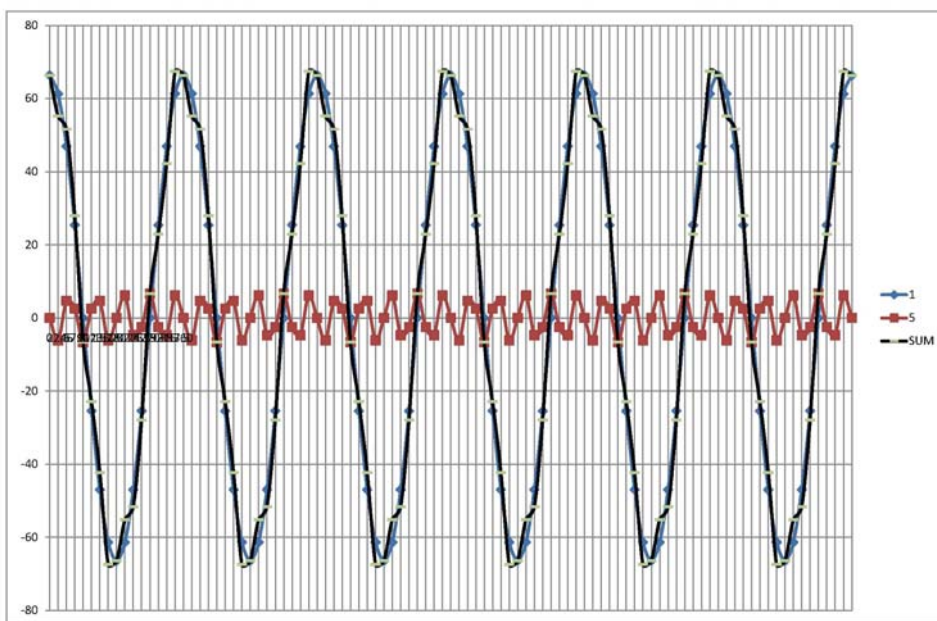


圖 35：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+10% 5 次諧波(300Hz)(初始角 180°)

觀察重點：其波形之所有波峯及波谷均等高。

6. 指數衰減直流波：

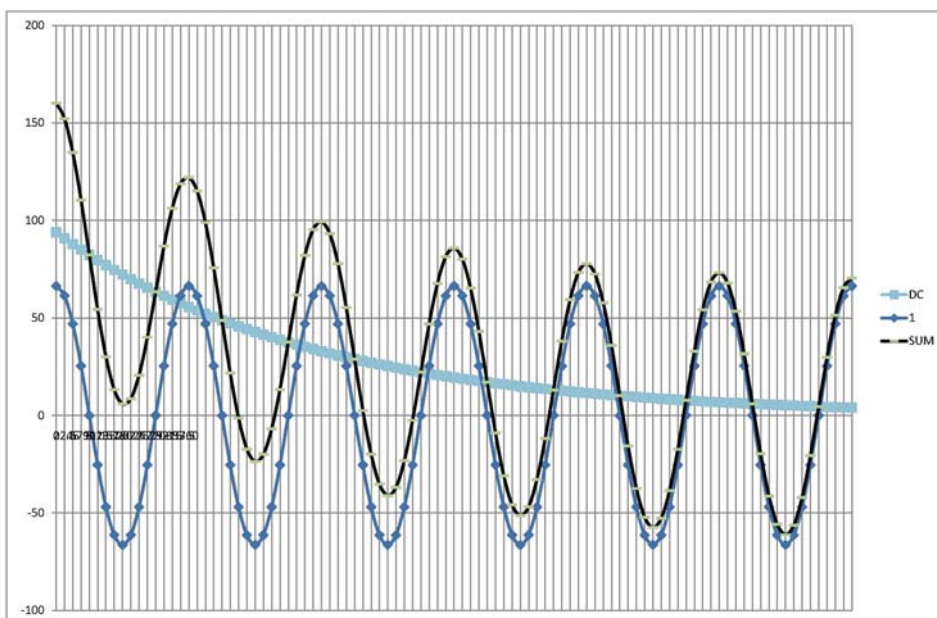


圖 36：100%基本波(60Hz)(初始角 90°)+衰減直流波(初始值 141%)($L/R=0.0318$)

觀察重點：其波形之波峯及波谷雖然高低不一，但均朝同一方向變化，不會忽高忽低，且無週期變化。

7. 各種諧波混合波：

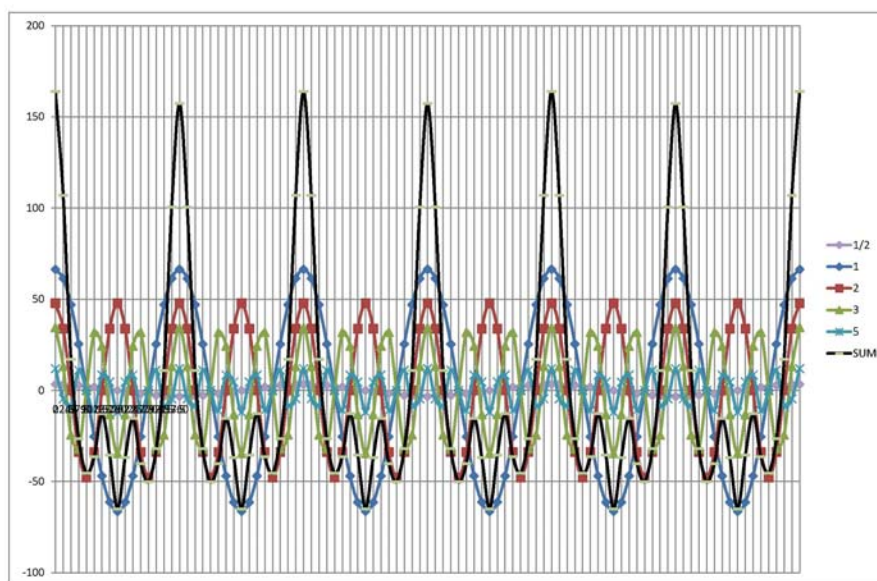


圖 37：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°) + 72% 2 次諧波(120Hz)(初始角 90°) + 52% 3 次諧波(180Hz)(初始角 90°) + 18% 5 次諧波(300Hz)(初始角 90°) + **5% 1/2 次諧波(30Hz)(初始角 90°)**

觀察重點：其波形雖然畸變，但相鄰波峯仍會一高一低、週期變化。

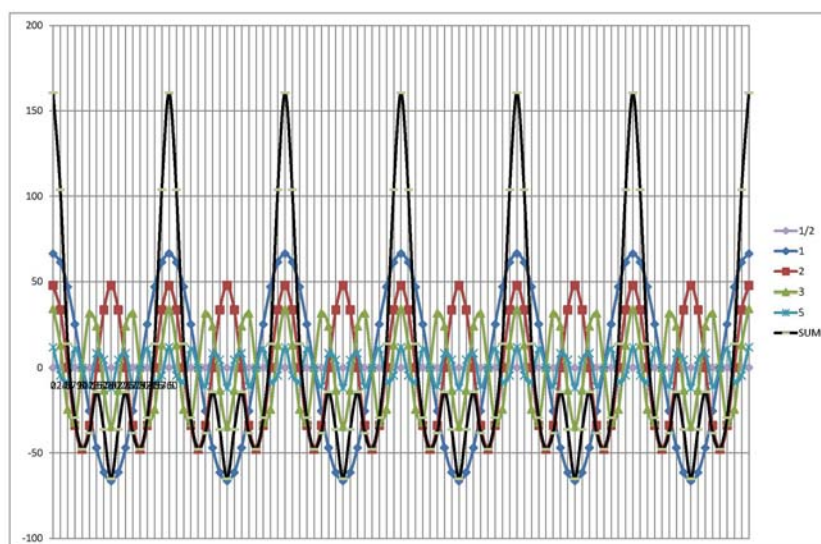


圖 38：100% 基本波(60Hz)(初始角 90°) + 72% 2 次諧波(120Hz)(初始角 90°) + 52% 3 次諧波(180Hz)(初始角 90°) + 18% 5 次諧波(300Hz)(初始角 90°)，**不含 1/2 次諧波(30Hz)**

觀察重點：其波形之所有波峯均等高，且所有波谷均等高。

三、結論：

不管波形如何複雜、畸變，若其含有任何 1/2 或 1/3「次諧波」成份，則其相鄰

波峯或相鄰波谷會忽高忽低週期變化；反之，若波形之所有波峯等高，且所有波谷亦等高，則該波形不會含有任何 1/2 或 1/3「次諧波」成份。

東芝製數位電驛加入乙太網路系統概說

台電高屏供電區營運處 周南焜、蔡政達、王坤展

壹、前言

近幾年來，台電電驛系統由傳統(EM)電驛逐年汰換成數位電驛，95 年供電處已經著有先見並開始規劃建立電驛乙太網路系統，於 98 年度全省各供電處區營運處建立乙太網路工程皆達 90% 以上的完成率，唯獨東芝製數位電驛無法加入電驛乙太網路系統，尚有遺珠之憾。

有鑑於此，本處電驛組同仁於 97 年 02 月就開始研究並尋找相關的可行方案與通訊轉換設備，至 98 年 10 月即已完成公告採購相關作業，讓目前系統上得保護電驛皆可加入乙太網路系統。待此工程完成後，其全面數位電驛將可以透過網路系統來完成各電驛資料的設定與事故資料讀取，即可大幅提高數位電驛資料即得的便利性，以及即時標置設定與變更所提的系統可靠度。

貳、東芝製數位電驛提供的通訊介面

目前台電的保護電驛系統上所使用的東芝製數位電驛版本甚多，大抵可分為線路測距電驛(21S)、線路差動電驛(87L)及復閉電驛(79)等，其各類保護電驛型號繁多，依功能分類如下表：

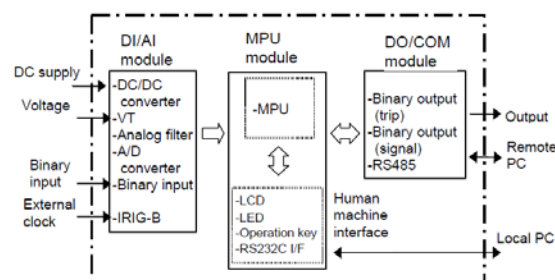
Driver	GRZ100 (21S)	GRL100 (87L)	GRR100 (79)
Kinds	101A	102A	101A
	102A	211A	201A
	201A	211B	
	201B		

上表所示各類型號當中，線路測距電驛(21S)201B 與線路差動電驛(87L)211B 本身已經具備乙太網路介面功能，故不在此次介紹與研究範圍內。

目前所使用的電驛，皆有兩種通訊介面可以提供接入，其一為人機械介面 (Human Machine Interface ,HMI) 所提供的 RS232C 介面;另一為 Binary I/O Module 提供的 RS485 Transceiver 介面。

其中有相關乙太網路介面有乙太網路 RJ45 (Ethernet LAN I/F) 元件與通訊光纖介面 (Opt. I/F) 的選項元件可以選購，但是因為非所有型號皆有提供此兩種介面的選購元件可以供選擇，故放棄此選項元件的解決方案。

因此，研究解決可行性方案將往東芝製數位電驛有提供通訊介面的人機介面



(Human Machine Interface ,HMI) 所提供的 RS232C 以及 Binary I/O Module 提供的 RS485 Transceiver 介面方向研究。

GRR 硬體通訊邏輯圖

參、相關技術說明與測試

3.1 EIA RS-232

RS-232 是由美國電子工業協會 (Electronic Industry Association, EIA) 所制定的串列(Serial)數據通信標準，其被廣泛應用於 IBM PC 非同步通訊介面卡，其目前版本有 RS-232A、RS-232B、RS-232C，目前所使用的版本皆為 RS-232C(1969 年制定)，其規定了通訊時的電纜接線、電氣規格、信號功能、

邏輯電路及傳輸方式。

優點：因為控制迴路以及電氣規格較為簡單，並且通訊介面的成本低廉，加上通訊晶片的工作電壓低，適合移動式或簡易的電子通訊介面，所以在工業界已行之多年，故已成為一標準通訊規格。

缺點：因為通訊資料的傳送電壓，採用較低電壓，故其通訊距離較短、抗環境雜訊訊的能力較低。

名稱	9 pin 腳位	25pin 腳位	全名
CD	1	8	Carrier Detector
RXD	2	3	Received Data
TXD	3	2	Transmitted Data
DTR	4	20	Data Terminal Ready
GND	5	7	Signal Ground
DSR	6	6	Data Set Ready
RTS	7	4	Request To Send
CTS	8	5	Clear To Send
RI	9	22	Ring Indicator

一般情況下，設備會利用 RS-232 介面來傳輸 ASCII 的資料，並且採用非同步化 (Asynchronous Serial) 方式作為資料的接收與傳送，透過三條傳輸線來完成通訊，這三條通訊分別為：接地線 (Ground)、傳送線 (Transmit) 與接收線 (Receive)，而其他通道則可以應用於交握通訊。

交握式通訊，則是一種通訊封包確認與驗證方式，確認彼此所傳送的資料與接收資料正確，並驗證資料是否於傳送途中遭受雜訊干擾或破壞，而出現資料錯誤而不知，但是缺點則是會因此增加資料傳送的時間，而目前常見的交握方式則有硬體交握與軟體交握。

RS232 voltage values

Level	Transmitter capable (V)	Receiver capable (V)
Space state (0)	+5 ... +15	+3 ... -25
Mark state (1)	-5 ... -15	-3 ... -25
Undefined	-	-3 ... +3

資料傳送時需定義相關參數：

◎資料位元 (Data bit)：表示傳輸作業中實際的資料位元，當電腦傳送資訊封包時，實際資料傳送總數可能不為

完整的 8 位元。例如：傳送標準 ASCII 具有 0~127 的數值(7 bit)、延伸 ASCII 則具有 0~255 的數值 (8 bit)。

◎奇偶同位(Parity bit)：此為序列通訊錯誤檢查碼，其型態共有四種：Even、Odd、Marked 與 Spaced。針對 Even 與 Odd 同位，將設定同位位元為 1 數值 (Parity bit, 為資料位元最後一個位元)，已確認傳輸作業具有邏輯高位元 (Logic-High) 的 Event、Odd 數;Marked 與 Spaced 同位將不會檢查資料位元，但是會根據 Marked 同位設定高同位位元，或根據 Spaced 同位設定低同位位元。如此將可以讓接收設備瞭解資料位元狀態，進一步判斷雜訊是否中斷資料，或是傳送與接收裝置是否未同步化。

◎停止位元(Stop bit)：是用於針對單一封包的通訊末端發出訊號。由於傳輸資料受到跨通道的時脈所影響，設備皆有自己的傳輸時脈，因此，停止位元 (Stop bit) 亦可提供設備時脈的錯誤空間。

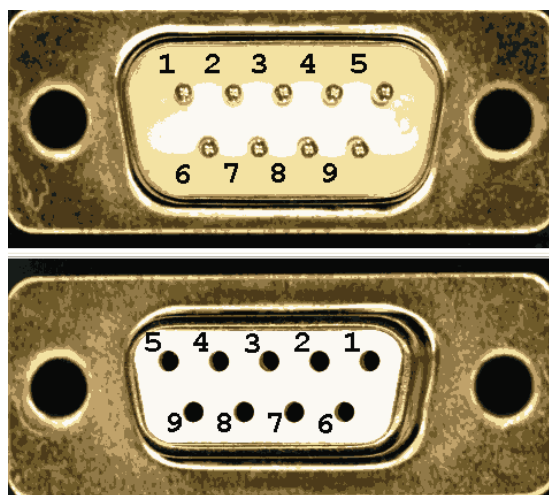
◎鮑率(Baud rate)：為通訊的速度，顯示每秒所傳輸的位元數，此速率將與傳輸距離有關，如下表：

RS232 cable length according to Texas Instruments

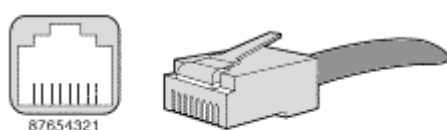
Baud rate	Maximum cable length (ft)
19200	50
9600	500
4800	1000
2400	3000

常見的 RS-232 端口型態有三種：

- DB-9: D 型接口，常為 IBM PC 所使用 9 PIN，其接頭有公母之分。
- DB-25：D 型接口 25 PIN，常用於比較老舊的設備。可利用轉換接頭與 DB-9 作轉換
- RJ-45：類網路的接頭，其有分為 6、8、10 等三種接頭。



DB-9 接口端



RJ-45 connector
RJ45 Phone Jack

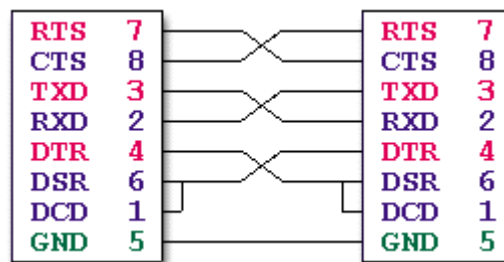
各型式接口轉換時，需注意其接腳對應轉換，其各接腳對應如下表：

DB9, DTE		RJ45		DB9, DCE	
Pin	Signal	Pin	Signal	Pin	Signal
7	RTS	1	DCD	1	DCD
8	CTS	2	RTS	7	RTS
Shell	GND	3	GND	Shell	GND
3	RxD	4	TxD	3	TxD
2	TxD	5	RxD	2	RxD
5	GND	6	GND	5	GND
4	DTR	7	CTS	8	CTS
6	DSR	8	DTR	4	DTR
RJ45 to DTE, DB9				N/A	
N/A		RJ45 to DCE, DB9			
@ 8 wire 8 pin RJ45					

DB25		RJ45		DB9	
Pin	Signal	Pin	Signal	Pin	Signal
4	RTS	1	DCD	7	RTS
N/A	N/A	2	N/A	N/A	N/A
Shell	GND	3	GND	Shell	GND
3	RxD	4	TxD	2	RxD
2	TxD	5	RxD	3	TxD
7	GND	6	GND	5	GND
N/A	N/A	7	N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	8	N/A	N/A	N/A
RJ45 to DB25				N/A	
N/A		RJ45 to DB9			
@ 4 wire 8 pin RJ45					

Null modem: 主要是將同為傳送端的接口，利用此轉換頭可以輕易轉換成一端

為接收端。其接腳如下圖所示：



3.2 EIA RS-485

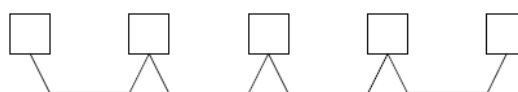
是由美國電子工業協會 (Electronic Industry Association, EIA) 所制定的序列數據通信標準，其由 EIA RS-422 演化而成，一樣是採用 RS422 差動電子訊號，亦可提高抗環境的雜訊與增加傳輸距離。其傳輸設備連接限定 32 組設備，並定義電子特性已確保最大負載下的訊號電壓，RS485 規範如下表：

RS485 亦可在全雙工模式運行，採用雙絞線分別進行傳送與接收的模式，並由控制

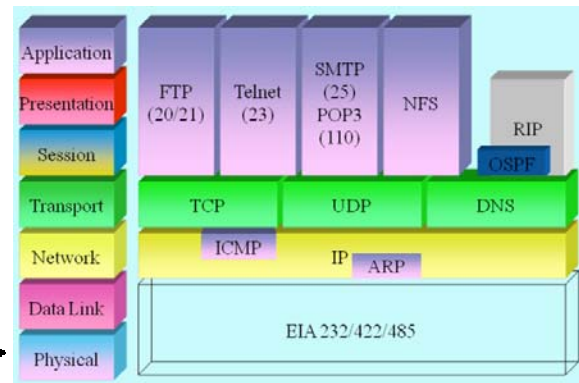
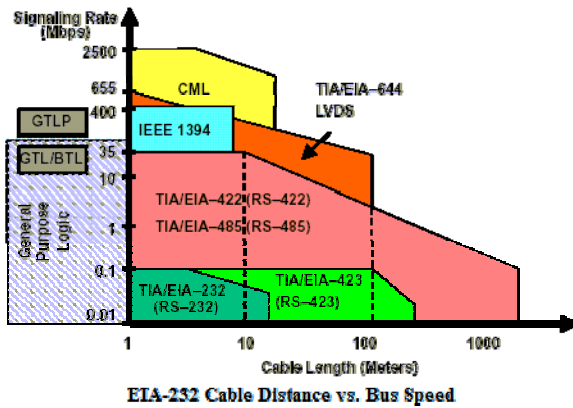
PARAMETER	
Mode of Operation	Differential
Number of Drivers and Receivers	32 Drivers, 32 Receivers
Maximum cable length (metres)	1200
Maximum data rate (baud)	10 M
Maximum common mode voltage (Volts)	12 to -7
Minimum Driver Output Levels (Loaded)	+/- 1.5
Minimum Driver Output Levels (Unloaded)	+/- 6
Drive Load (Ohms)	60 (min)
Driver Output short circuit current Limit (mA)	150 to Gnd, 250 to -7 or 12 V
Minimum receiver input Resistance (kohms)	12
Receiver sensitivity	+/- 200mv

訊號來切換模式，其接線方式採用串接線網路，並於兩端接上終端電阻（如下圖）。其最遠的傳數距離可達 1.2KM，在工業運用上極為方便，加上佈線簡單、抗環境雜訊能力高、多設備端接能力(32 設備)，在工業上級應運廣泛。

Daisy Chained Connection (Correct)



常見的 RS485 接口端型態為裸線與 DB-25 兩種方式，其裸線接腳為 4PIN 即可完成。



依照此架構亦可將 RS232/485 的封包資料不變更下進行在一次封裝 TCP/IP。

3.3 測試

奇異 (GE) 與 SEL (Schweitzer Engineering Laboratories) 所提供的網路介面方式，皆可透過網頁瀏覽器 (Internet Explorer) 讀取事故資料及相關資料查閱，在這方面我們將需從東芝製電驛與其設定軟體 (RSM100) 之間的傳輸封包進行分析，其資料解碼方式：

- 邏輯加密
- Bit Jump
- MD5
- Key Words

但是此資料解碼牽扯是否侵犯到東芝自身版權的問題，故放棄此方向的研究。改以不變更其資料封包的方式，於既有資料封包外加上 TCP/IP 封包的方式進行網路傳輸。

3.4 TCP/IP

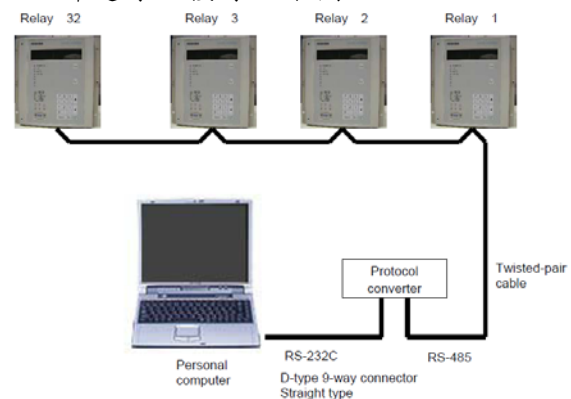
此為傳輸控制協定 (Transmission Control Protocol, TCP) 和網際協定 (Internet Protocol, IP) 的簡稱，這些協定最早發源於美國國防部的 ARPA 網項目，是構成網際網路基礎的網路協定。

其對應於國際標準化組織 (International Standards Organization, ISO) 制定的開放系統連接界面七層標準 (Open System Interconnection, OSI) 的 3~4 層，而 RS232/422/485 皆為 1~2 層。

肆、目前既有的解決方案

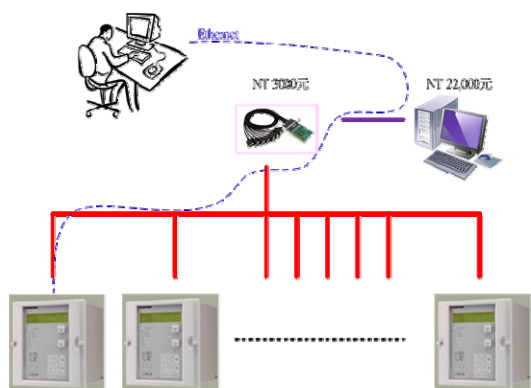
目前根據東芝原廠建議連線方式及遠端桌面連線等兩個方案，分別為：

- 一、東芝提供的方案則是需採購該公司所提供的協定轉換器 (Protocol Converter, G1IF4-101A-10-L0) 作為架構，並接用其電驛後端 RS485 端口，因為端口傳輸的資料格式為 IEC 60870-5-103，故需採用此通訊協定轉換器方可取得該資料，其後端為 RS232 連接個人電腦 (PC) 或筆記型電腦 (NB) 端口，使用者利用網路線在於乙太網路系統下使用遠端桌面連線程式進入該電腦，再啟用該電腦內的東芝製電驛連線軟體 (RSM100) 作電驛連線。接線如下圖。



- 二、另一個遠端桌面連線方式，則是利用 PCI 介面多端 RS232 裝置安裝於現場所放置的個人電腦 (PC)，其不可為筆記型電腦，因為需可以安裝 PCI 介面卡的電腦，並透過遠端桌面連線程式

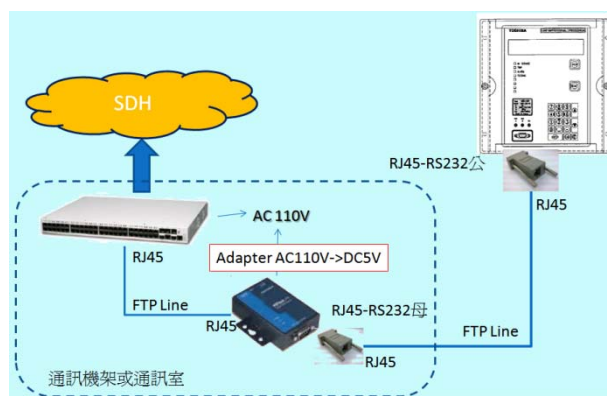
進入該電腦，再利用安裝於該電腦的東芝製電驛連線軟體(RSM100)作電驛進行連線。



以上兩種方式皆是於現場安裝乙台個人電腦作為轉譯站，其連線速度上會比較慢，且又需定期維護該個人電腦，並有造成資安漏洞的疑慮。

伍、最佳解決方案

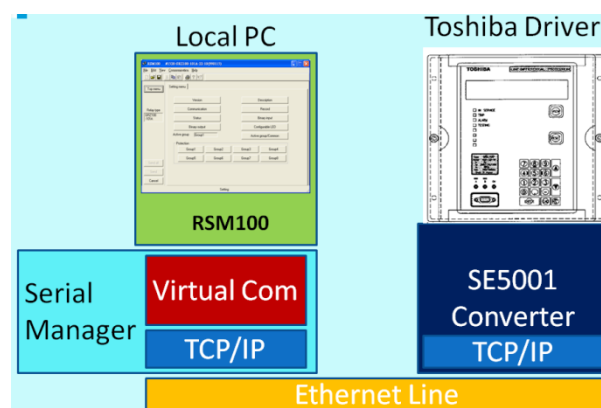
在此我們建議採用 RS232-RJ45 轉換器的方式，來達成資料經過不同通訊協定轉換，達到遠距離的資料傳送與接收。其接線如下圖所示：



東芝製電驛設備連線採用 RS232 轉 RJ45 接頭，再由乙太網路線接至 Atop SE5001 RS232 端口，此線段所傳輸的資料格式還是 RS232 的通訊格式，只是借用 RJ45 的 Cat.5e STP 網路線提高 RS232 的傳輸距離與抗雜訊能力。然後 SE5001 另一端口 RJ45 則是接至乙太網路交換器 (Switch)，此時的封包已經有加上 TCP/IP 的封包檔頭，然後再由電驛乙太網路系統回至辦公室專用電腦上得虛擬連接端口，由 Atop SE5001 的 Serial Manager 管理軟體

將 TCP/IP 封包檔頭拆解還原封包給東芝製數位電驛連線軟體(RSM100)。

圖中 SDH 乃為電驛乙太網路系統，利用此轉換器可以輕易於既有的封包傳送加上或是拆解 TCP/IP 封包檔頭。本端欲連線電腦，原以安裝東芝製數位電驛連線軟體 (RSM100) 進行連線即可，再連線前需作虛擬 com 端口的設定，利用此虛擬 com 端口來欺騙 RSM100 軟體，而虛擬 com 端口唯一軟體，由 Atop SE5001 的 Serial Manager 管理軟體提供，其邏輯架構如下圖。



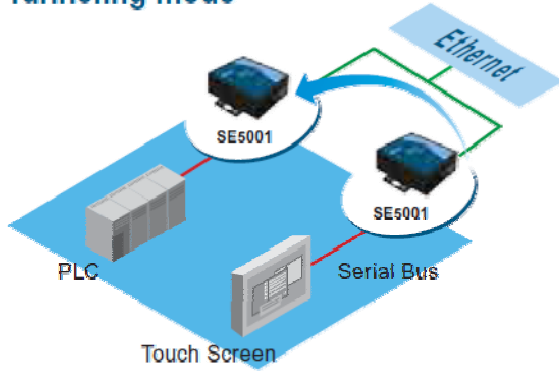
一般市面上的 RS232 轉換器皆會提供伺服器模式 (Server mode)、連線端模式 (Client mode)，但因為該電驛的資料傳送模式採用一問一答，並無法用伺服器或是連線端的方式取得資料，故需採用穿透模式 (Tunneling) 來作溝通，如此將不會對封包作任何變更，並只添加 TCP/IP 封包檔頭，待封包傳送至 SE5001 轉換器時，轉換器將會只拆解 TCP/IP 封包檔頭，並還原資料給東芝製數位電驛。

此設備 Atop SE5001 提供了四種模式讓使用者選擇，分別為：

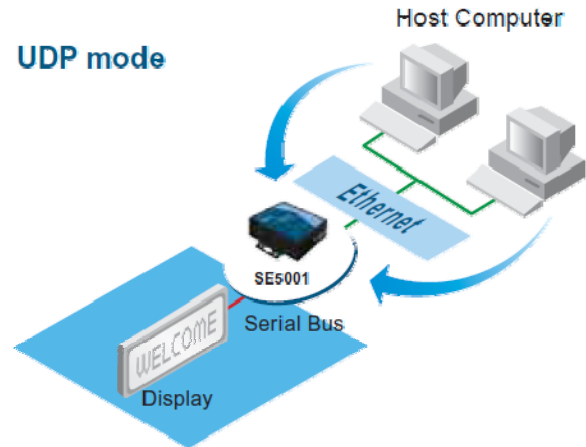
A. TCP Server mode

此模式應用於網路上的設備與自動控制設備連線時使用，有一端的設備為主動端，另一端為被控制端設備。例如：RTU 系統、工廠設備監控、儀器生產狀況監控等。

Tunneling mode



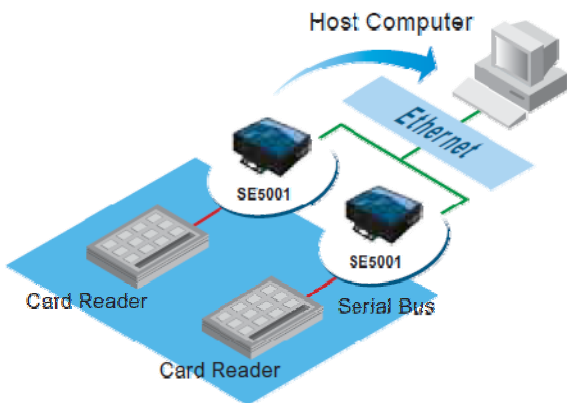
UDP mode



B. TCP Client mode

此模式常應用於網路末端設備為偵測設備，例如讀卡機或是條碼掃描機，因為往往這些設備會自動將資料回傳另一端伺服器，所以需採用 Client mode 的方式將資料回傳到伺服器。

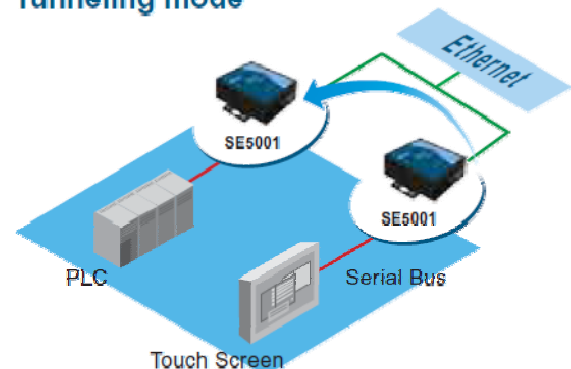
TCP Client mode



D. Tunneling mode

此模式應用於比較特別的設備上，該設備往往已經有自己的連線程式，在不變動該設備的連線程式的狀況下採用，並利用設備的虛擬連接端口 (Virtual COM) 的方式作橋接兩端設備，此方式可以不變更原有設備與程式下完成。

Tunneling mode



C. UDP mode

此模式則是應用於多端控制，有多端的主動控制端，同時控制網路末端設備，此末端設備一般多為顯示設備，只接受資料傳入而無資料回傳支需求。

陸、結語

根據上述三種架構方式，我們可以發現，不管是系統的建制費用、人力維護成本、佈線成本...等相關比較，亦可發現採用 Atop SE5001 作為此次的建制方案，將擁有較高的效益，而且日後的維護既可輕鬆很多，設備安裝於現場也有比較美觀，並且 SE5001 有提供簡易的訊號燈，可以一目了然的瞭解設備目前通訊狀況，提供了方便又低成本的建制方案的選擇。

	東芝	花東	SE5001
設備採購	高	中	低
佈線成本	低	中	中
安裝成本	低	低	低
連線速度	中	中	快
人力維護	高	中	低
設備維護	高	中	低

柒、參考文件

[1] TOSHIBA,6F2S0835 GRL100
INSTRUCTION MANUAL、6F2S0716
GRL100 INSTRUCTION MANUAL。

- [2] TOSHIBA,6F2S0742 GRZ100
INSTRUCTION MANUAL、6F2S0833
GRZ100 INSTRUCTION MANUAL。
- [3] TOSHIBA, PCEK-TW3064 GRR100
INSTRUCTION MANUAL。
- [4] NATIONAL INSTRUMENTS 序列通
訊概觀。
- [5] 鄭集集, 儒林, RS232/網路喚醒/GPIB
儀器控制/遠端遙控和監控。
- [6] 陳祥輝,博碩,TCP/IP 通訊協定。

中華民國電驛協會第六屆第二次理監事聯席會議、
第六屆第二次會員代表大會會議剪影



主席羅理事長隆和主持第六屆第二次理監事聯席會議開場致詞



頒發獎狀感謝台電公司嘉南供電區營運處提供本次會議場地及協助籌劃活動



頒發獎狀感謝祥正電機(股)公司贊助會刊封面廣告及會務活動



頒發獎狀感謝全城電業顧問公司熱心公益贊助會務活動



頒發紀念品感謝第五屆理事長許萬寶先生對本協會之貢獻



頒發紀念品感謝第五屆秘書長李國楨先生對本協會之貢獻



頒發本協會 98 年度大專校院獎學金-研究所組得獎人唐培春先生



頒發本協會 98 年度大專校院獎學金-研究所組得獎人劉憲宗先生



頒發本協會 98 年度大專校院獎學金-研究所組得獎人丁肇勤先生



頒發本協會 98 年度大專校院獎學金-研究所組得獎人林沛吟小姐



頒發本協會 98 年度大專校院獎學金-研究所組得獎人李政益先生



羅理事長與所有得獎人合影



黃監事會召集人慶林為籌措本協會預算而發言



開飯囉



眷屬齊聚一桌



乾啦



南元休閒農場導覽圖



專屬導覽員解說



粉彩玫瑰



遛鳥俠



傳說中的「ㄗㄟ」魚