

IEC 61850 通訊協定 GOOSE 功能性研究探討

施耐德電機股份有限公司 柯侑寬

摘要

目前台灣電網正逐漸往智慧電網方向發展，並以變電所自動化之方向並結合分散式電源及再生能源之技術朝向智慧化變電所努力。智慧電網是有賴於通訊技術之結合並利用變電所自動化技術之演進使其在微電網之架構下更加強化之電網之供電性能及穩定性。智慧電子裝置 IED 保護電驛在變電所自動化過程中扮演著重要角色，主要是以保護為其性能，並結合通訊功能將變電所之資料自動傳送至監控系統，而各變電所因使用到不同廠牌之保護電驛，在變電所自動化整合各廠牌之保護電驛就面臨困境，主要是各廠牌保護電驛之通訊協定不一致，因此，運用通訊系統達成資料互傳之能力就有賴於標準化之通訊協定 IEC 61850 (Communication Networks and Systems in Substations)，利用物件導向變電所事件 GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) 功能性達到整合各變電所之保護電驛資料互通性，透過量測功能及遠方控制功能，將各變電所自動化架構形成串接式微電網之方向演進，並朝向發展智慧電網邁進。

本論文研究各大廠牌之保護電驛，計畫以 SCHNEIDER 公司 SepamT87 保護電驛、VAMP 公司 V52 保護電驛及 AREVA P143 保護電驛做為電力系統試驗平台，以 IEC 61850 標準之通訊協定發展出 GOOSE 功能，以通訊方式將各電驛之資料互相傳送，使其達到各家保護電驛之保護整合方案及應用於控制系統之功能，帶動智慧電網之保護系統、量測系統及控制系統之健全性。

I. 前言

IEC 61850 (Communication networks

and systems in substations) 通訊協定為整合變電所內各種自動化設備之通訊協定 [1]，主要是監控系統可以連接並讀取不同廠家之設備資料，目前以保護電驛為主要推廣 IEC 61850 之設備為主，陸續會在電錶設備上推廣 IEC 61850 之通訊協定。本論文將各廠家之 IED 保護電驛利用分析及編輯軟體進行資料庫建置，進一步將各保護電驛之資料庫在網域架構下做資料互相連結傳送，並利用監控系統取得各廠家保護電驛資料傳送之訊息，達成整合各廠家保護電驛之資料健全電網之保護方案，並輔助控制系統及量測系統使其做到健全微電網之方向，並朝向智慧電網之目標邁進。

本論文逐次分析各家智慧電子裝置 IED 並以 IEC 61850 通訊協定之 GOOSE 功能做為整合各家 IED 之作法，使其達成智慧電網之保護系統及控制方案，研究步驟為先蒐集各廠家保護電驛及編輯軟體等相關設備及資料，依據 IEC 61850 通訊協定之架構下建置各資料庫並做通訊連結傳送，確認各廠牌之資料庫互通並以監控系統做資料事件整合，依據研究結果提出程式編輯語法與相關之程式編寫步驟，實現各保護電驛 GOOSE 功能性之傳輸及接收訊號無誤，達到整合各保護電驛通訊介面並使其擴展到控制連鎖等多樣化之保護機制應用，使其結合智慧電網之電網機制做多元化之整合目的。

II. 內容

(1) IEC 61850 變電站之分層架構

變電站通訊網路和系統協定 IEC 61850 標準草案提出了變電站內資訊分層的概念，將變電站的通信體系分為3個層次[2]，即變電站層 (Station Level)、間隔層 (Bay Level) 和過程層 (Process Level)，如下圖1所示。

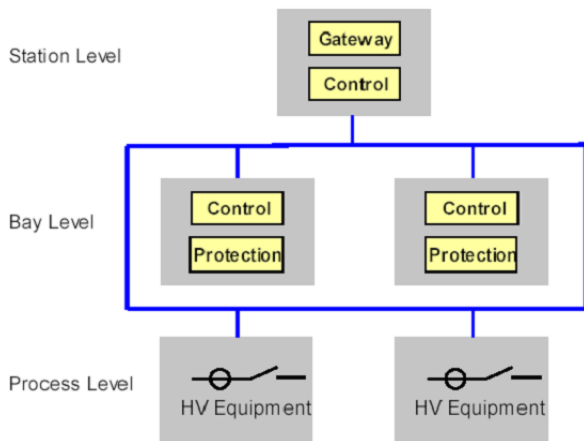


圖 1 IEC 61850 變電站之分層架構

IEC 61850 對網路上可訪問的資訊進行標準化，為實現互操作，必須對資訊交換的機制進行標準化，IEC 61850 中的這一套標準資訊交換機制就是 ACSI。ACSI 是概念性的介面，獨立於實際使用的網路與應用通訊協定，包含資訊模型的通信服務、通信物件及參數設定，這些通信服務、通信物件和參數通過 SCSM 映射到底層應用程式[3]。ACSI 提供以下幾種模型：伺服器模型、應用關連、資料庫模型、設置控制組模型、報告和記錄模型、變電站事件模型、採樣值傳輸模型、控制模型、時間同步模型、文件傳輸模型。這些模型定義了通訊對象以及如何對物件進行請求 (request)、響應 (response)、產生訊息 (event)。ACSI 為變電站設備定義了標準的通用服務，工作模式可分為：(1) 採用客戶/伺服器 (Client/Server-C/S) 模式，主要用於設備資料查詢、讀寫資料以及產生訊息等。(2) 資料物件實際時間點對點 (peer-to-peer) 傳送模式的服務，應用於 GOOSE 訊息傳送、採樣值傳輸等，改變了傳統硬體線路之複雜性。

IEC 61850 採用 SCSM 來實現 ACSI 映射至 MMS，具有不同的複雜性，SCSM 將抽象通信服務、物件和參數映射到特定的應用層，這些應用層提供了具體的編碼。

製造訊息規約 (MMS) 是國際標準化組織 (International Organization for Standardization) 制定的一套用於工業控制

系統的通信協定，用於網路環境下電腦與智慧型電子設備之間交換實時數據和監控訊息。國際標準化組織制定 MMS 的目的是為了規範領域內具有通信能力的感應器、智慧型電子設備 (IED)、智慧型控制設備 (RTU-Remote Terminal Unit) 等智能設備的通訊行為，使不同製造商的設備之間具有互相可操作性及資料訊息互通，以利系統結構變成單純簡單及方便。MMS 規範了許多的訊息模型及其服務模式，以因應不同的訊息場合。IEC 61850 在映射到 MMS 時，只採用了其中一部分的模型及服務模式，MMS 是網路上即時資訊交換的國際標準，適合在不同的設備、應用領域內提供通用資訊服務。由於 MMS 採用了面向物件技術，同時其核心規範也沒有具體應用相關的內容，因此使 IEC 61850 的抽象介面映射到 MMS 非常方便。MMS 的協定傳輸單元描述語言採用 ASN.1 (abstract syntax notation one)。ASN.1 是一種標準的抽象語法定義描述語言，提供了定義複雜數據類型以及資料類型值的方法。許多應用協定標準都採用 ASN.1 來定義應用協定資料單元的結構，因此 ASN.1 是 MMS 應用中關鍵的技術。

在變電站層和間隔層之間採用抽象通信服務介面 (Abstract Communication Service Interface-ACSI) 映射到製造訊息規範 (Manufacturing Message Specification-MMS)、TCP/IP 協定以及乙太網路。在間隔層和過程層之間的網路採用單點對多點的單向傳輸乙太網路。

IEC 61850 標準採用分層分散式架構、面向物件建模、抽象服務介面、製造訊息規範和基於可擴展標示語言 (XML - Extensible Mark Language) 由資料庫取得資料的變電站配置描述語言 (SCL) 等新構想與新技術，是整合變電站到監控系統的通信協定，目前具有 IEC 61850 通訊協定功能主要以保護電驛及多功能電表為主。

IEC 61850 是變電站配置的標準通訊格式，變電站配置描述語言 (SCL) 是製定於 IEC 61850-6 中，連結於邏輯節點、通訊網

域及可規劃編輯之能力，具有傳輸通用訊息和功能通用通訊特性。因應 IEC 61850 整合各智慧化設備及系統之通訊協定，設備及系統需滿足一致性測試要求，相互操作性不僅依賴設備性能和系統設計，與所製定之準則有關，一致性測試把設備做為系統的一個元件，驗證其通信性能與 IEC 61850 準則相互的一致性；一致性測試規定了設備的測試方法，以驗證相應的設備能正確完成通訊功能，一致性測試包括使用各種模擬器，模擬變電站和通訊網路數據使其通過相關試驗，因此，設備具有 IEC 61850 通訊協定均需提出第三公正單位，比如 KEMA 或是 UCA 等試驗機構進行相關試驗程序才能具有資格符合 IEC 61850 標準 [4]。

變電站的通信體系分為 3 個層次，即變電站層(Station Level)、間隔層(Bay Level)和過程層(Process Level)：

1. 變電站層 Station Level：彙整即時數據訊息，不斷更新數據庫，並依協定將有關數據訊息送往控制中心。
2. 間隔層 Bay Level：彙整間隔層即時數據訊息，對於數據、運算、控制命令具有優先級別的控制，同時快速完成與過程層及變電層網路通訊功能。
3. 過程層(Process Level)：即 IED 與變電站之設備，如比壓器、比流器、斷路器開關等之訊號取樣部份。
 - [1] 偵測電流、電壓、馬達線圈繞組溫度等之類比訊號。
 - [2] 運轉及維護中對設備狀態參數進行檢測與計算統計。
 - [3] 對各開關進行控制操作及判斷控制命令之執行與動作。

(2) IED 的分層物件模型

IEC 61850 為目前智慧電子裝置新的通訊協定，系統可對各不同設備廠牌之電子裝置進行資料整合，以往系統需要整合各設備需要利用 PLC 或是 RTU 等做資料轉換格式使其符合通訊界面之結合，因應 IEC 61850 新的通訊協定產生，可克服以往系統

之介面整合之複雜性。IEC 61850 定義了設備名稱、邏輯節點名稱、物件編號和資料類名建立物件名稱的命名規則，定義了物件之間的通信服務，比如，設定物件值的通信服務、取得物件名列表的通信服務、獲得資料物件值列表等的服務，此模式中大大改變以往之通訊協定取樣之方式，不再透過取樣位址(registers)進行資料各點之建置及取樣，可節省系統資料建置時間，在傳輸速度上以可達到 100Mbps，傳輸速度快，快速反應系統端所收到設備端之訊息。

IEC 61850 定義了真實設備中與資訊交換有關的所有方面。建立模型的第一步，是找出用於交換資訊的最小功能單元，即邏輯節點(Logical Node, LN)。功能是變電站自動化系統所要執行的任務，為了滿足其自由分佈和分配，所有功能被分解成邏輯節點，這些節點可分佈在一個或多個物理裝置(Physical Device, PD)上，也就是說把 LN 分配給了功能和物理裝置，LN 之間透過邏輯連接(Logical Connection, LC)相連，專用於 LN 之間的資料交換，物理裝置通過物理連接(Physical Connection, PC)實現互聯。

根據功能的不同，每個邏輯節點都包含有一組資料物件(Data Object, DO)，資料物件是最小的資訊單元。每個資料物件又包含 1 組特定的資料屬性(Data Attribute, DA)。資料和資料屬性所表示的資訊可以通過抽象服務進行交換。資訊模型中的邏輯設備(Logical Device, LD)包含一些邏輯節點和一些邏輯節點之外的資訊。伺服器(Server)包含了所有通信網路可見的資訊，1 個伺服器用來表示 1 個設備外部可見的行為。IEC 61850 資料格式，定義出物件物體、邏輯物體、邏輯節點、資料物件及資料屬性，如圖 2 所示，將 IEDs 保護，量測及控制等功能模組建置在資料格式中，而保護功能之跳脫訊息編輯在資料物件及資料屬性中，因此具有貼上時間標置之功能。

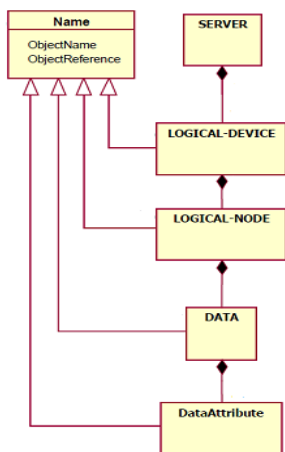


圖2 IEC 61850資料格式

對於IEC 61850在各廠牌IED保護電驛資料庫之功能原則上會依保護功能性、量測功能性、控制功能性等之命名，例如，保護元件過電流保護在IEC 61850準則中 (Logic Node)命名為PTOC(Phase Time Over Current)，A廠家命名過電流保護全名為A51_PTOC，B廠家命名過電流保護全名為OC_PTOC，斷路器開關物件監視(XCBR)等之物件命名，如圖3所示。

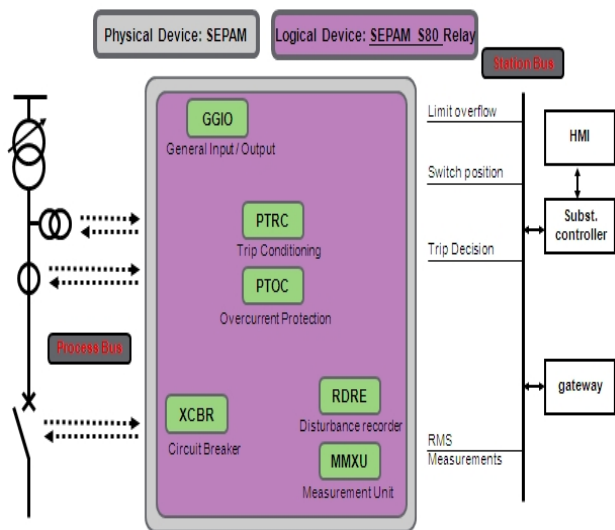


圖3 IEC 61850 Relay 物件對應

而保護功能物件之跳脫訊號或是始動訊號及狀態監視物件之斷路器狀態開關位置等物件都貼有時間標置，各IED保護電驛廠家命名方式雖全名不一樣，但還是都是依IEC 61850準則進行命名物件編輯。

一般變電站的資料在傳輸時，設備先與監控系統的資料庫進行對應(mapping)，稱為面向點的資料描述方法。而 IEC 61850 提出了面向物件的資料描述方法。該標準定義了採用設備名、邏輯節點名、實例編號和資料類名建立物件名的命名規則，採用面向物件的方法，定義了物件之間的通訊服務。面向物件的資料自描述在資料源就對資料本身進行自我描述，傳輸到接收方的資料都帶有自我說明，不需要再對資料進行額外對應及程式化編輯、刻度轉換等工作，由於資料本身帶有說明，所以傳輸時可以不受預先定義限制，簡化了對資料的管理和維護工作。

(3)GOOSE功能性

GOOSE 主要是以Peer-to-Peer 傳輸為基礎，可做到傳輸到多個保護電驛之功能性 [5-6]。GOOSE傳輸目前以100Mbs之速度進行傳送，具有快速之優點。GOOSE特點如下所示：

1. IEC 61850 基本方法是將各種應用分解為最小的單元，然後利用單元間的通信協調完成整體應用。
2. GOOSE 服務是以快速通訊為基礎，可代替傳統硬體接線的方式。
3. 任一個 IED 與其他 IED 通過乙太網路相連，可以傳輸及接收其他 IED 數據。
4. GOOSE 訊息其數據，具有有效性檢查和訊號中斷遺失、重發機制(buffer/unbuffer)，以保證接收的 IED 能夠收到 GOOSE 訊號。
5. IEC 61850 標準提供了 GOOSE 快速傳輸並可應用於保護電驛領域。保護電驛採用 GOOSE 機制後可利用通訊來減少硬線工程並可結合監控系統使其具有可靠性、快速性以及運行檢修機制。

(4) GOOSE 功能試驗平台、遠方量測功能及遠方控制功能成效

IED 具有GOOSE 功能性，能達到訊號互傳之屬性，但對於如何整合各家IED，特別是保護電驛設備，是一大挑戰。因與各保護電驛廠家IEC 61850規劃軟體有關，因

此，規劃者需對各廠家之保護電驛之功能性，特別是IEC 61850規劃軟體具有充份之了解，才能對GOOSE對應之接收或是送出之虛擬訊號進行規劃，使用者也必須對各廠家之保護電驛IEC 61850 物件屬性進行充份了解，使之能掌握取樣點之資料屬性。一致性測試把設備做為系統的一個元件，驗證其通訊功能與IEC 61850規範相互操作的一致性，規定了設備的測試方法，以驗證相應的設備能正確完成通訊功能，一致性測試包括使用各種模擬器，模擬變電站和通訊網路數據。

本論文研究各大廠牌之保護電驛，試驗平台以SCHNEIDER公司SepamT87 x2 保護電驛、VAMP公司V52保護電驛及Micom (AREVA) P143 保護電驛[7-9]，並搭配MOXA IEC 61850 Switch及GPS做為IEC 61850 GOOSE功能性試驗平台及遠方(SCADA)控制斷路器之功能試驗試驗平台，如圖4所示，以IEC 61850標準之通訊協定發展出GOOSE功能，以通訊方式將各電驛之資料互相傳送，使其達到各家保護電驛之保護整合方案及應用於控制系統之功能性，進而朝向智慧電網之保護系統、量測系統及控制系統之方向邁進。



圖 4 GOOSE 及遠方控制功能性試驗平台

多種不同保護電驛要做到 GOOSE 訊號互通是極具挑戰性，研究中首先必須先將第一種保護電驛所要送出之 GOOSE 訊號選定其發送之保護元件，在 DATASET 資料模式中要對 GOOSE 物件進行建置 DATASET 選項，而 DATASET 物件就是 GOOSE 所要傳送之訊號，例如當選定之保護元件動作時，動作元件之 DATASET 物件就會指入到 GOOSE Id 路徑傳送封包中送出，第一種保護電驛透過 GOOSE Id 送出至第二種保護電驛，同理，第二種保護電驛透過 GOOSE Id 送出至第三種保護電驛，第二種保護電驛可以利用同一 GOOSE Id 將 DATASET 物件分別透過不同路徑傳送至第三種保護電驛，相同訊號分別要傳送到不同保護電驛時是可以利用一個 GOOSE Id 來傳送，不同訊號要分別傳送到同保護電驛時就需要分別使用不同之 GOOSE Id，以免路徑碰撞產生無法傳遞之現象。

圖5中列出不同保護電驛之GOOSE訊號傳送及接收之流程圖，此種試驗模式是以星型(STAR)通訊架構為主。

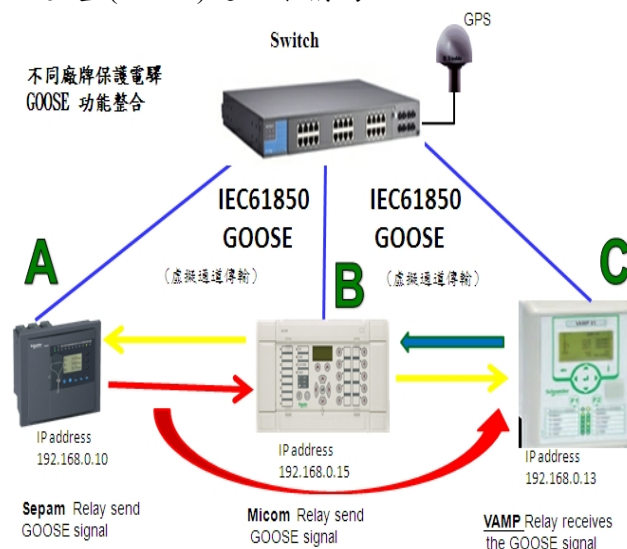


圖 5 各保護電驛 GOOSE 訊號通訊路徑流程圖

進行分析各家之智慧電子裝置 IED 並以 IEC 61850 通訊協定之 GOOSE 功能做為整合各家 IED 之作法，使用者必須熟悉各保護電驛 IEC 61850 規劃軟體，不同廠家規劃軟體不同，因此建立 DATASET 資料

及所要 GOOSE 傳送之訊號都需依賴規劃軟體進行編輯，GOOSE 訊號所送出之通道如果與接收端所接收之通道不同時就會產生接收端無法收到傳送端之 GOOSE 訊號，因此，各保護電驛在 IEC61580 規劃中需要特別注意到點對點之通訊概念。各廠家保護電驛雖具有 IEC 61850 通訊協定，試驗中仍發現 GOOSE 訊號接收端無法收到傳送端訊號，經研究後，必須利用 SCL 程式語言進行修改程式，使其接收端物件屬性同於傳送端物件屬性方可 GOOSE 接收及傳送互通，此模式中已對各保護電驛 GOOSE 互通功能中具有突破性進展並克服 GOOSE 訊號無法接收之問題。

試驗平台中，各保護電驛 GOOSE 訊號傳送之時間成果如下圖 6、圖 7、圖 8、圖 9 及圖 10 所示。下圖 6 中顯示 P143 (B Relay) 保護電驛送出 GOOSE 訊號至 Sepam T87 (A Relay) 保護電驛之時間為 5ms，透過事件列表中可得知保護電驛 GOOSE 訊號送出之時間及接收之時間 S.O.E。

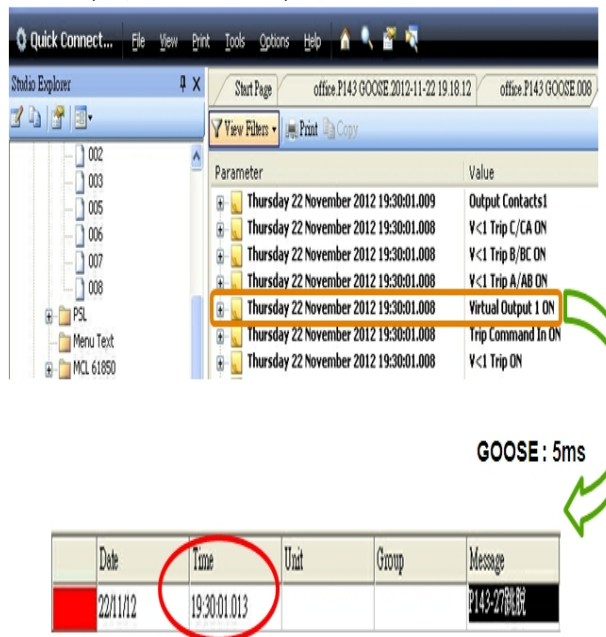


圖 6 A Relay 接收 B Relay GOOSE 訊號之時間

下圖 7 中顯示 P143 (B Relay) 保護電驛送出 GOOSE 訊號至 VAMP52 (C Relay) 保護電驛之時間為 12ms。

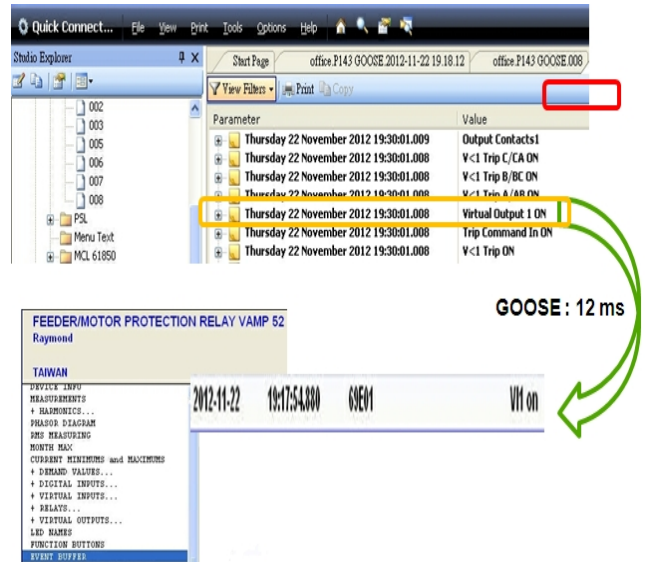


圖 7 C Relay 接收 B Relay GOOSE 訊號之時間

下圖 8 中顯示 Sepam T87 (A Relay) 保護電驛送出 GOOSE 訊號至 VAMP52 (C Relay) 保護電驛之時間為 18ms。

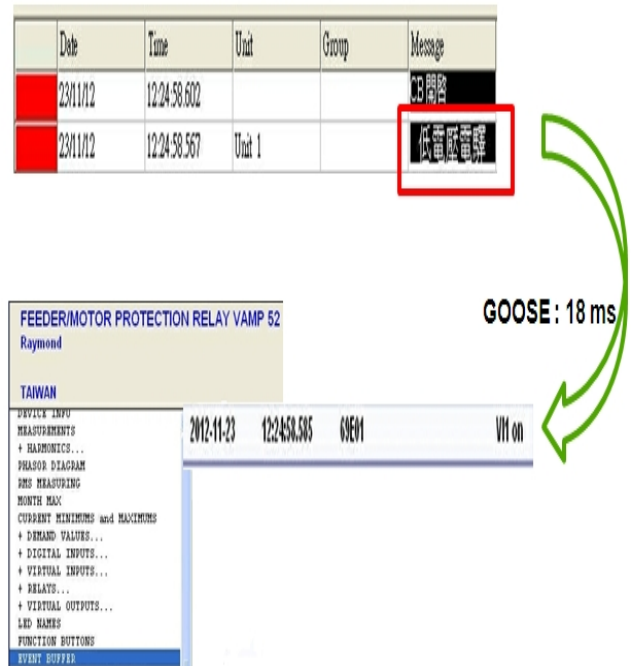


圖 8 C Relay 接收 A Relay GOOSE 訊號之時間

下圖 9 中顯示 Sepam T87 (A Relay) 保護電驛送出 GOOSE 訊號至 P143 (B Relay) 保護電驛之時間為 18ms。

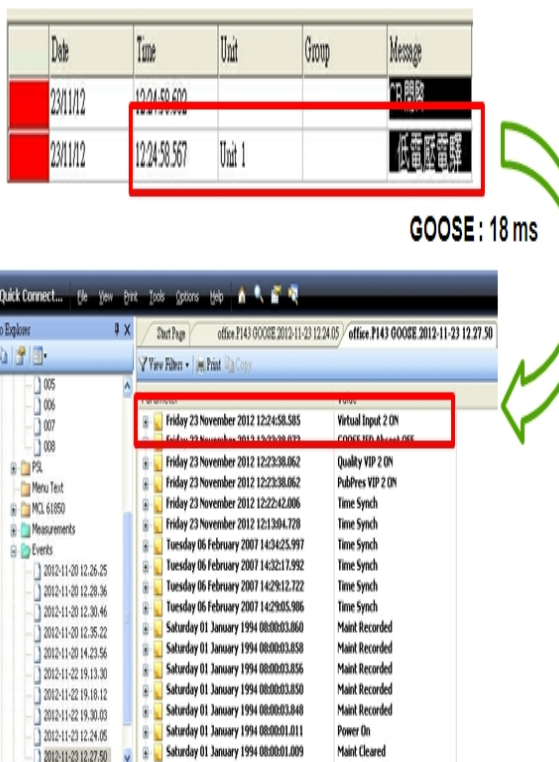


圖 9 B Relay 接收 A Relay GOOSE 訊號之時間

下圖 10 中顯示 VAMP52 (C Relay)保護電驛送出 GOOSE 訊號至 P143 (B Relay)保護電驛之時間為 11ms。

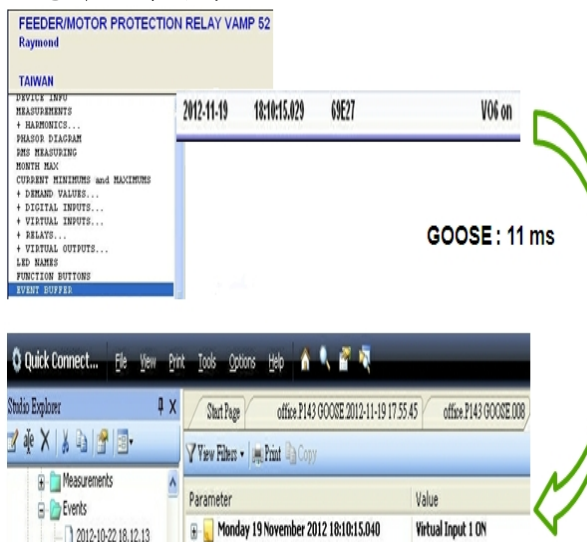


圖 10 B Relay 接收 C Relay GOOSE 訊號之時間

經上述各模式之 GOOSE 傳送及接收之樣化後做出整理圖，如圖 11 所示各保護電驛 GOOSE 傳送到接收之時間流程，研究後發現 GOOSE 訊號流程時間會因各保護電驛協會會刊 37 期

護電驛通訊及通訊路徑等之因素而有不同之流程時間。

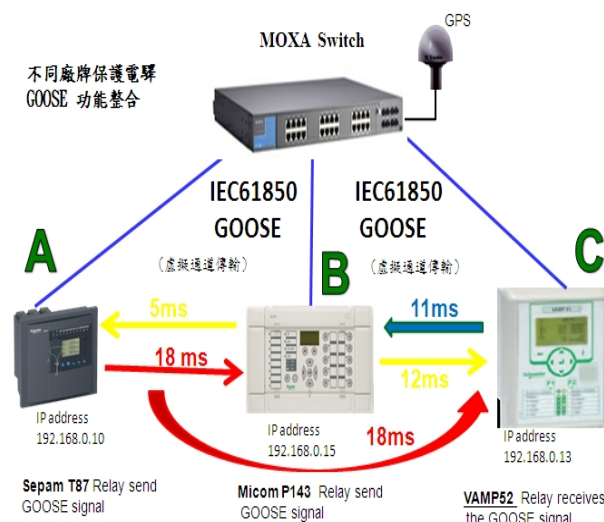


圖 11 各保護電驛 GOOSE 訊號流程時間圖

保護電驛透過 IEC 61850 通訊協定中依照保護電驛 IEC 61850 所建置之 CID 規劃檔案，監控系統可以直接對應保護電驛相關類比及數位數值之變化量，如圖 12 及圖 13 所示為保護電驛電流類比量之數值監測，監控系統中可以直接將保護電驛之數值直接反射到監控系統數據中，不需要再做比例刻度之調整，使監控系統能直接讀取保護電驛之立即類比相關用電數據。以保護電驛電流 100/5 之比率設定電流通過之數值，並對照二次側電流之比率值，當加注在保護電驛為 2A 之情況下，透過 SISCO (Simulator for Integrated Supply Chain Operations) [10] 監控系統模擬軟體，以現有之反應數值顯示三相電流讀值約 1.99A，如圖 12 所示。保護電驛所應反應出一次側之實際數值為 40A，透過 SISCO 模擬軟體，以現有之反應數值顯示三相電流讀值約 39.8A，圖 13 所示，監控系統中保護電驛所讀取之類比數值接近讀表值，反應出一次側之實際電流數據，SISCO 取的數值依 IEC 61850 準則所取的訊號或是數值方式，驗證監控系統與保護電驛之間通訊在 IEC 61850 通訊協定下，數值資料都可獲獲取，不需要再透過通訊轉接之模式即可直接取得物件資料，對整

脫、連鎖機制、斷路器失靈及閉鎖機制等廣泛應用面及量測功能及遠方控制斷路器功能做為參考。

參考文獻

- [1] <http://www.iec.ch>
- [2] S. J. Zhang, M. Sun, and G. F. Ge, "The Research Based on IEC 61850 Intelligent Terminal of Substation," in *Proc. of the 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks*, pp. 304-307, 2011.
- [3] H. Wang, Z. Cai, Z. Su, and Z. Zhu, "Analysis of realtime performances of process-level networks based on IEC 61850 SCSM Model," in *Proc. of the 2011 4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies*, pp. 1820-1824, 2011.
- [4] <http://www.dnvkema.com>
- [5] A. Apostolov and B. Vandiver, "IEC 61850 GOOSE Applications to Distribution Protection Schemes," in *Proc. of the 64th Annual Conference on Protective Relay Engineers*, pp. 178-184, 2011.
- [6] E. Atienza, "Testing and Troubleshooting IEC 61850 GOOSE-Based Control and Protection Schemes," in *Proc. of the 63th Annual Conference on Protective Relay Engineers*, pp. 1-7, 2010.
- [7] <http://www.schneider-electric.com>
- [8] <http://www.vamp.fi>
- [9] <http://www.areva.com>
- [10] D. C. Chatfield and T. P. Harrison, "SISCO: A Supply Chain Simulation Tool Utilizing Silk™ and XML," in *Proc. of the Winter Simulation Conference*, pp. 614-622, 2001.