

出國報告（出國類別：實習）

分散式控制暨資料收集系統  
(DCDAS)設備更新研習

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：廖志憲 儀電工程師

派赴國家/地區：美國/休士頓

出國期間：113年7月7日至113年8月4日

報告日期：113年9月12日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：分散式控制暨資料收集系統(DCDAS)設備更新研習

頁數 37 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/翁玉靜/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

廖志憲/台灣電力公司/核能火力發電工程處中部施工處/儀電工程師/04-26396002

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：113 年 7 月 7 日至 113 年 8 月 4 日

派赴國家/地區：美國/休士頓

報告日期：113 年 9 月 12 日

關鍵詞：DCDAS、DCS、Mark VIe、controller、I/O Pack、I/O Network、UDH/PDH、CIMPLICITY、ToolboxST、時間同步。

內容摘要：(二百至三百字)

GE Mark VIe 控制系統是一種用於電廠的分散式控制系統 (DCS)，由硬體、軟體和通訊網路組成，以監控和控制電廠重要設備，確保電廠安全可靠地運行。系統架構分為現場設備、I/O 模組、I/O 網路、控制器、UDH/PDH 網路和 HMI 伺服器等幾個層級。現場設備包含感測器、致動器和馬達等，負責收集電廠數據和執行控制命令、I/O 模組負責將現場設備的訊號轉換為控制器可以理解的格式、控制器執行控制邏輯、處理 I/O 訊號並與系統的其他設備進行通訊、HMI 伺服器提供圖形化操作介面，讓操作員可以監控和控制電廠，Mark VIe 控制系統採用冗餘設計，包括控制器、網路和電源等，在發生單一故障時，系統可以繼續運作，提高了系統的可靠性和可用性。控制系統的網路架構分為四層，包含企業層、監控層、控制層及輸入輸出網路層 (I/O net)。此外，系統還使用網路時間伺服器來確保所有設備的時間同步。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網 (<https://report.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目錄

行政院及所屬各機關出國報告提要 .....	P.1
一、 研習目的與過程.....	P.3
二、 研習內容本文(含心得及建議).....	P.4
1.0 GE Mark VIe DCS 控制系統架構.....	P.4
2.0 GE Mark VIe DCS 控制系統硬體.....	P.5
2.1 現場設備.....	P.5
2.2 I/O 模組.....	P.5
2.3 I/O Net .....	P.8
2.4 Controllers .....	P.10
2.5 UDH/PDH Network .....	P.13
2.6 HMI Server & Thin Client .....	P.14
3.0 GE Mark VIe DCS 控制系統軟體.....	P.15
3.1 CIMPLICITY .....	P.15
3.2 ToolboxST .....	P.17
3.3 Workstation Alarm Viewer .....	P.28
4.0 GE Mark VIe DCS 控制系統通訊與時間同步.....	P.30
4.1 匯流排類型(Bus Types) .....	P.30
4.2 網路架構 .....	P.33
4.3 時間同步 .....	P.34
5.0 心得與建議.....	P.35

## 一、研習目的與過程：

### 研習目的：

本次研習是依據台中電廠新建燃氣機組計畫 1 至 2 號機複循環發電機組設備及其廠房與相關設施採購帶安裝案合約技術規範第 16.4.1 節之 Overseas Training 規定，並由台電公司派員赴 GE Houston Learning Center(HCL)參加分散式控制暨資料收集系統(DCDAS)設備研習，藉由此次研習可實際參訪 HCL 並了解廠商規劃控制系統之設計理念並習得以下下列技能：

1. GE Mark VIe DCS 控制系統架構：由下而上分別介紹 GE 控制系統之現場設備、網路通訊、程式功能等，藉此可了解控制系統之全貌。
2. GE Mark VIe DCS 控制系統軟硬體及通訊架構：深入了解軟硬體細節，如圖控 CIMPLICITY 軟體監控功能、控制系統 ToolboxST 程式邏輯功能、Workstation Alarm Viewer 程式警報功能、現場 I/O 控制模組、主控制器、工作站與伺服器、網路通訊介面與時間同步等。

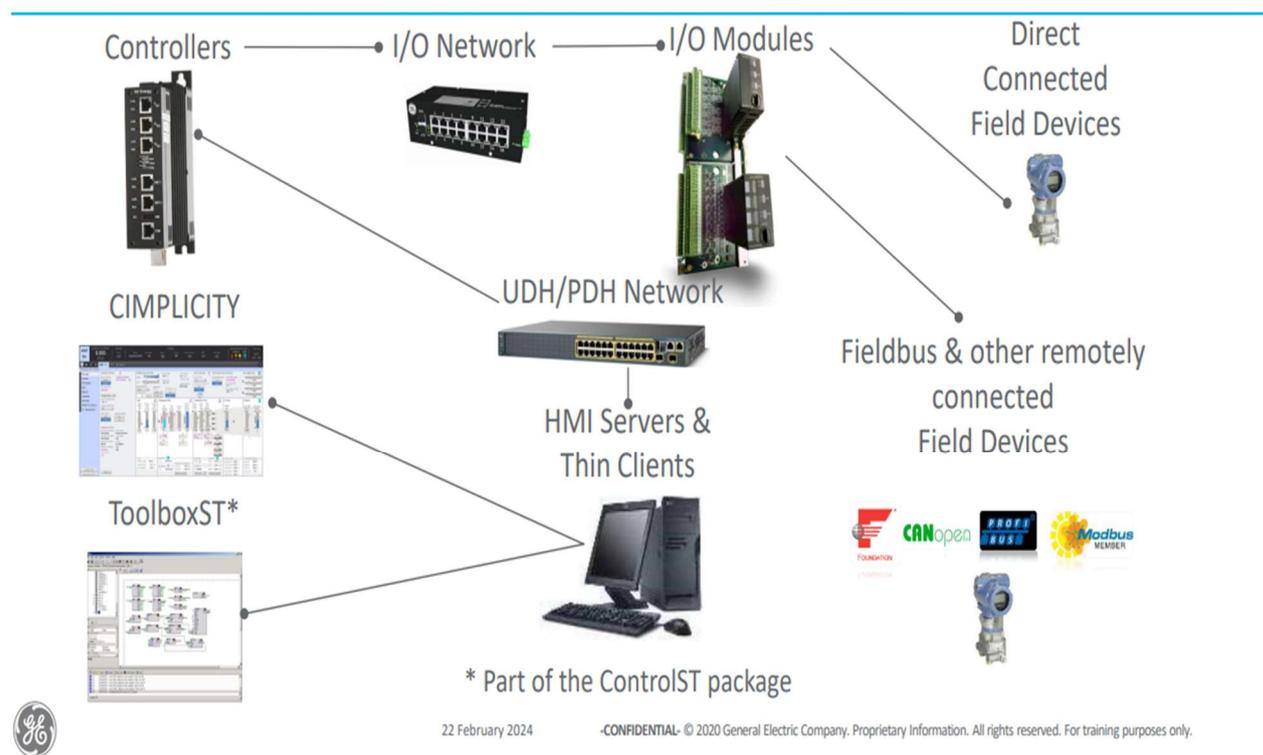
### 研習過程（日期、內容及地點）：

日期	內容	地點
113.7.7	台灣(TPE) -> 美國休士頓(IAH)	桃園機場->喬治布希機場
113.7.8~7.16	Beryl 颶風來襲，休士頓超過 200 萬人無電可用，GE 訓練中心亦停電，暫停授課	NA
113.7.17~7.24	Control System-Mark VIe Maintenance	GE 休士頓訓練中心
113.7.25~8.2	Mark VIe Distributed Control System Operation	GE 休士頓訓練中心
113.8.3~8.4	美國休士頓(IAH) -> 台灣(TPE)	喬治布希機場->桃園機場

## 二、研習內容(含心得及建議)：

### 1.0 GE Mark VIe DCS 控制系統架構

#### Overview Components



圖(1)

GE Mark VIe 控制系統由下(設備端)而上(控制端)的整體架構為：

Field devices (including direct & others) -> I/O Modules (IO pack & terminal board) ->

I/O network -> Controllers -> UDH/PDH network -> Cimplicity (圖控軟體) &

ToolboxST (系統邏輯軟體) on HMI server & Thin clients，如圖(1)，以下將以硬體、軟體及通訊依序說明。

## 2.0 GE Mark VIe DCS 控制系統硬體

2.1 現場設備 (Field devices, including direct & others)：這些設備透過與控制系統的連接，實現對電廠的監控和控制。

2.1.1 種類：包含感測器、致動器、馬達等。

(1) 溫度、壓力、流量、速度、振動感測器等：負責測量發電機組的各項參數，如溫度、壓力、流量、轉速、振動等。這些參數的測量值會傳送給控制器，作為控制決策的依據。

(2) 電磁閥、液壓致動器、氣壓致動器等：根據控制器的指令，對現場設備進行調整，如開關閥門、調節燃料流量、控制馬達轉速等。

(3) 鍋爐伺水馬達、循環水泵馬達等：驅動發電機、泵、風扇等設備運轉。

2.1.2 訊號類型：現場設備產生的訊號可以是類比訊號或數位訊號。

(1) 類比訊號：連續變化的電壓或電流訊號，如溫度、壓力、流量等。

(2) 數位訊號：離散的開關訊號，如開關狀態、開關指令、警報觸發等。

2.1.3 供電方式：現場設備的供電方式可以是外部供電或匯流排供電。

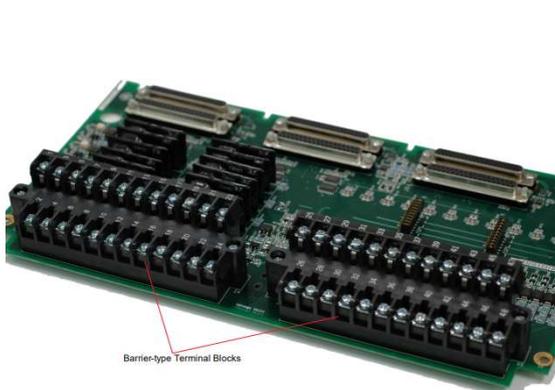
(1) 外部供電：現場設備有獨立的電源供應，通常為 24VDC 或 120VAC。

(2) 匯流排供電：現場設備從匯流排獲取電源，減少了佈線需求。

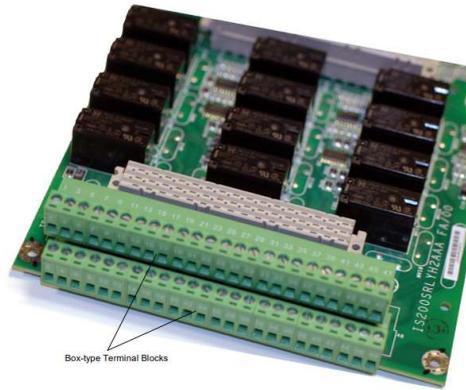
2.2 I/O 模組：這些 I/O 模組將來自感測器的類比訊號轉換為控制器可以理解的數位訊號，並將來自控制器的命令轉換為控制現場設備 (如致動器和馬達) 的訊號，I/O 模組可以透過 IONet 與控制器通訊，也可以透過 Foundation Fieldbus、PROFIBUS 或 Modbus 等現場匯流排與現場設備通訊。I/O 模組包含處理器(I/O Pack)如圖(2)及端子板(Terminal Board)如圖(3)圖(4)，兩者組合而成 I/O 模組如圖(5)，以下依序介紹 I/O Pack 及 Terminal Board。



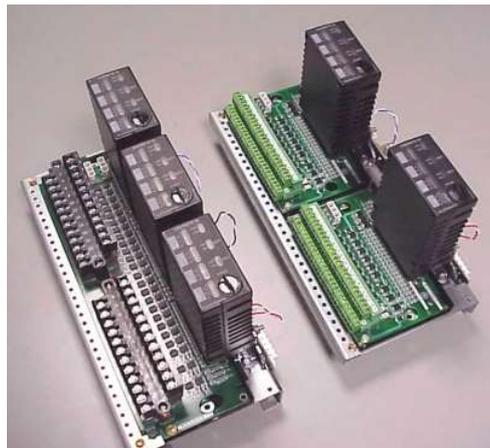
圖(2)



圖(3)



圖(4)



圖(5)

### 2.2.1 I/O Pack 的主要功能

(1) 數位轉換：將來自感測器的類比訊號轉換為數位訊號，或將控制器的

輸出訊號轉換為控制現場設備的訊號。

- (2) 訊號處理：對輸入訊號進行濾波、縮放、線性化等處理，以提高訊號品質和準確性。
- (3) 通訊：透過 IONet 與控制器進行通訊，交換資料和控制命令。
- (4) 故障檢測：監控 I/O 模組和現場設備的健康狀態，並在發生故障時發出警報。

2.2.2 I/O Pack 的類型：Mark VIe 控制系統提供多種 I/O Pack，以滿足不同的應用需求，以下介紹常用之 I/O Pack。

- (1) PAIC (類比輸入/輸出模組)：接受 10 個類比輸入和 2 個類比輸出，可用於監控和控制溫度、壓力、流量等參數。
- (2) PAMB/PAMC (聲音監測輸入模組)：支援燃氣渦輪的燃燒動態監測，可監測燃燒室內的壓力脈動，並將資料傳送給控制器進行分析和處理。
- (3) PCAA (核心類比模組)：提供多個類比訊號輸入/輸出，可用於連接熱電偶、RTD、LVDT、伺服驅動器等設備。
- (4) PDIA (數位輸入模組)：控制多達 24 個接觸器輸入，可用於監控開關、閥門、繼電器等設備的狀態。
- (5) PDOA (數位輸出模組)：控制多達 12 個繼電器輸出，可用於控制開關、閥門、指示燈等設備。
- (6) PDIO (數位輸入/輸出模組)：結合 PDIA 和 PDOA 的功能，具有 12 個繼電器輸出和 24 個接觸器輸入。
- (7) PGEN (渦輪發電機監測模組)：用於監測發電機的電流和電壓，並在發生異常時發出警報或跳脫信號。
- (8) PRPF (PROFIBUS 主閘道模組)：將從 PROFIBUS 來的設備的 I/O Mapping 至 Mark VIe 控制器上(透過 IO NET)。
- (9) PHRA (HART 遠端感測器模組)：接受 10 個類比輸入和 2 個類比輸出，所有 I/O 皆支援 HART 協定，可用於與智慧型現場設備通訊。
- (10) PRTD (RTD 輸入模組)：接受多達 16 個 RTD 輸入，可用於測量溫度。
- (11) PTCC (熱電偶輸入模組)：接受多達 24 個熱電偶輸入，可用於測量溫度。
- (12) PSVO (伺服控制 I/O 模組)：控制 2 個伺服控制迴路，可用於控

制閥門或其他需要精確定位的設備。

- (13) PVIB (振動監測模組)：感測振動或接近資訊，可用於監控設備的振動狀態。
- (14) PTUR (渦輪機特定主跳脫模組)：監測速度感測器、發電機和匯流排電壓、軸電壓和電流，並輸出至主斷路器 (52G) 和 TRPX (跳脫繼電器、火焰檢測器)。
- (15) PPRO(Backup Turbine Protection)：速度、發電機與匯流排電壓、緊急停止、跳脫繼電器狀態之保護模組，用於驅動跳脫電磁閥或斷路器，若安裝在 SPRO 或 TPRO 上，Mark VIe (Safety Controller)可用此 IO PACK。

2.2.3 Mark VIe 控制系統提供兩種主要類型的 Terminal Board。

- (1) T 型 (TBCI/TDBT)：兩個 24 點的柵欄式 (Barrier Style) 端子塊，每個接點可容納 2 條 #12 AWG 電線，適用於三重模組冗餘 (TMR) 的應用，如 Page.6 圖(3)。
- (2) S 型 (STCI/TDBS)：盒式 (Box Type) 端子，每個接點可容納 1 條 #12 AWG 或 2 條 #14 AWG 電線，適用於單工 (Simplex) 的應用，如 Page.6 圖(4)。

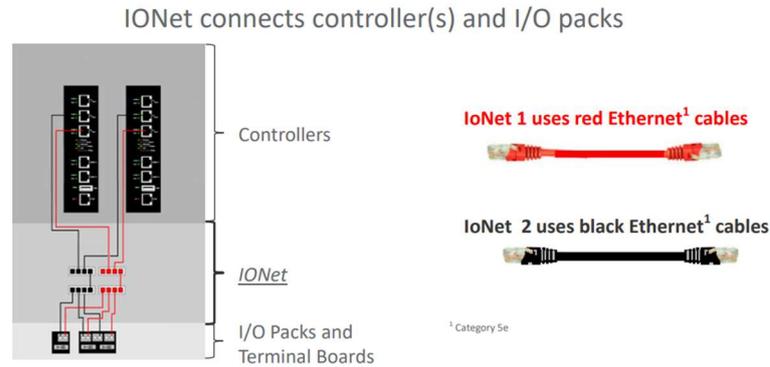
2.2.4 Terminal Board 的功能

- (1) 訊號連接：提供現場設備與 I/O Pack 之間的硬接線連接點。
- (2) 訊號轉換 (部分類型)：有些終端板具有訊號轉換功能，例如將電壓訊號轉換為電流訊號，或將熱電偶訊號轉換為標準電壓訊號。
- (3) 冷端補償 (PTCC)：PTCC (熱電偶輸入模組) 的終端板具有冷端補償功能，可以補償熱電偶測量中的溫度誤差。
- (4) 系統診斷：部分終端板具有內建的 ID 晶片，可以讓 I/O Pack 識別終端板，並進行系統診斷。

2.3 I/O Net (輸入/輸出網路)

I/O Net 是 Mark VIe 控制系統中的一個關鍵網路，負責在控制器和 I/O Pack 之間建立通訊。I/O Net 的設計旨在確保控制器的命令和來自現場設備的回饋之間的快速可靠的資料傳輸，IONet 架構圖，以雙控制器系統為例，如圖(6)。

## IONet



圖(6)

- 2.3.1 特點：IONet 使用乙太網路技術，提供高速資料傳輸，滿足控制系統的即時性要求。
- 2.3.2 冗餘網路：為確保可靠性，IONet 通常用雙或三重冗餘網路配置。這表示有兩或三條獨立的實體網路連接控制器和 I/O Pack。如果一個網路發生故障，其餘網路可以無縫接管，防止通訊中斷。
- 2.3.3 纜線類型：IONet 使用 Cat 5e 乙太網路纜線，這是一種常見且易於使用的纜線類型。
- 2.3.4 IONet 專用交換器：如圖(7)，GE ESW<sub>x</sub> 類型的網路交換器，並使用 28VDC 直流電源供電、RJ45 乙太網路連接埠，部分網路交換器配備光纖連接埠，用於長距離或高雜訊環境中的通訊，另有 LED 指示，綠色燈通常表示 100Mbps 連結已建立，滿足 Mark VIe 控制系統的特定資料流量需求，並確保低延遲和高可靠性，須注意只能使用 GE 認可的乙太網路交換器，因為不支援的交換器可能會干擾 I/O 模組與控制器資料傳遞。

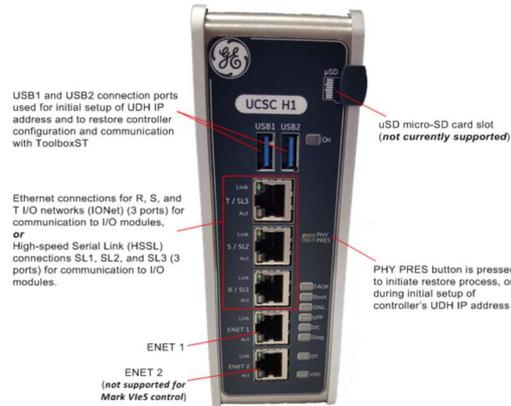


Use only GE-approved Ethernet switches in all control system I/O networks. Unsupported switches can prevent I/O modules from receiving controller outputs.



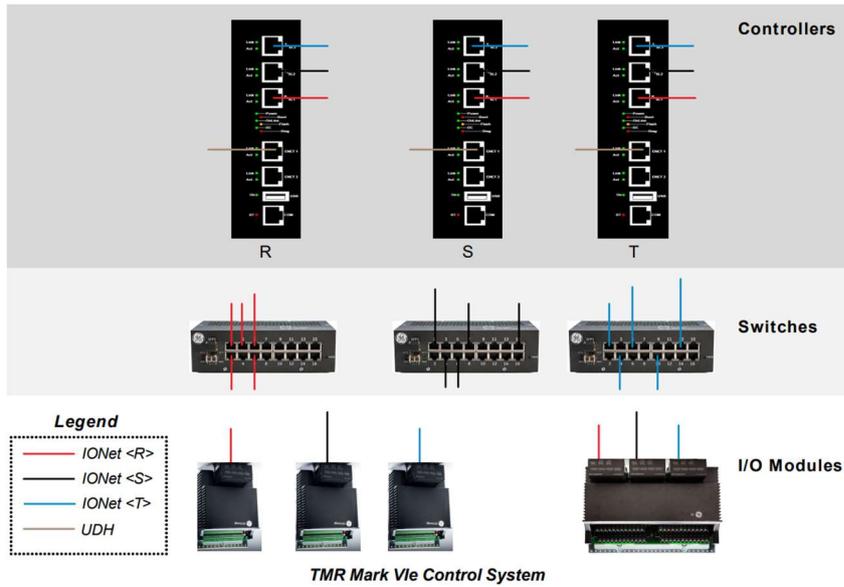
圖(7)

2.4 控制器 (UCSC)：是 Mark VIe 控制系統的核心，扮演著系統大腦的角色，如圖(8)。

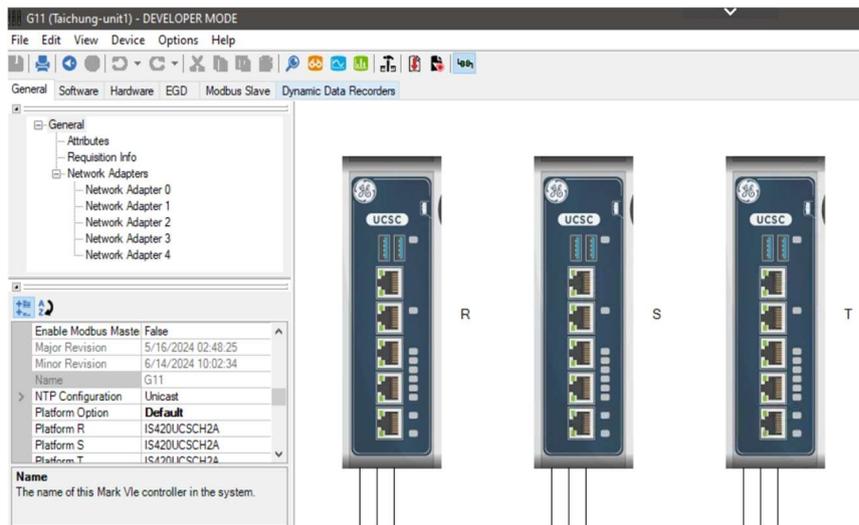


圖(8)

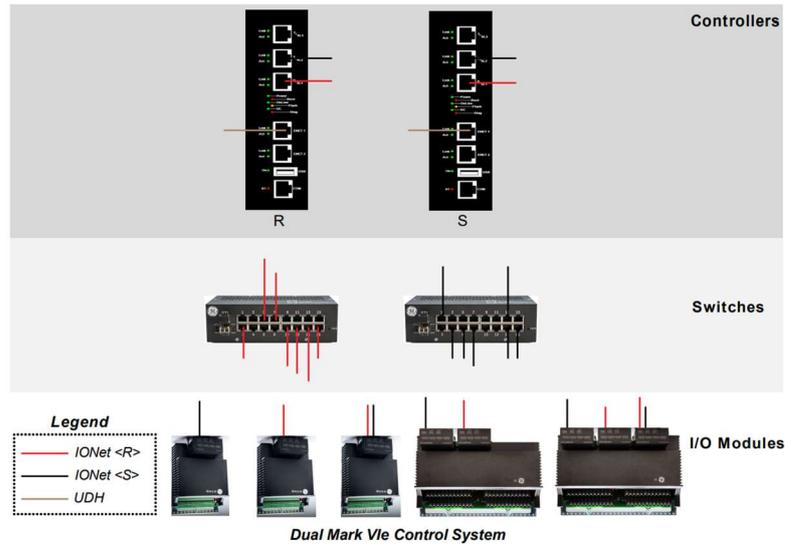
- 2.4.1 功能：執行控制邏輯、處理輸入/輸出 (I/O) 訊號、與系統的其他元件進行通訊。
- 2.4.2 硬體規格：最高可達 1600 MHz 的 CPU、10/100BaseTX 乙太網路埠連接到 UDH (Unit Data Highway)、COM 埠用於設定 TCP/IP 位址、10/100BaseTX 乙太網路埠連接到 IONet、USB 埠用於設定 TCP/IP 和備份與還原、24/28 VDC 直流電源輸入。
- 2.4.3 冗餘(Dual、TMR)：燃氣渦輪機採用雙控制器配置，其中一個作為主控制器，另一個作為備用控制器，當主控制器故障時，備用控制器會自動接管。緊急停機或安全系統則採用三重模組冗餘 (TMR) 配置，三個控制器同時運作，透過投票機制決定輸出結果，在台中計畫之 Gas Turbine 中，採用三控制器(TMR)配置，如圖(9.1)(9.2)；Steam Turbine 則為雙控制器(DUAL)配置，如圖(10.1)(10.2)，以提高容錯能力。



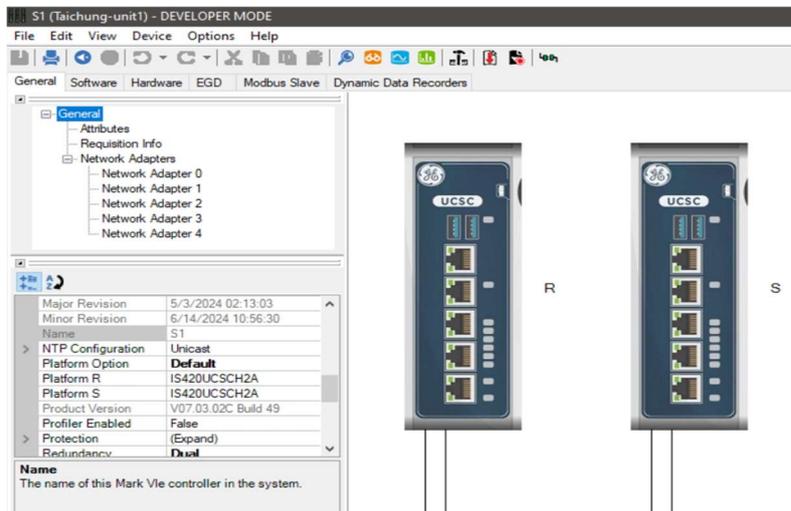
圖(9.1)



圖(9.2)



圖(10.1)



圖(10.2)

- 2.4.4 指定控制器(Designated Controller)：在雙或三控制器配置中，其中一個控制器會被指定為 Designated Controller(通常為 R 控制器)，負責提供初始化資料、維持主時鐘，並在一個控制器故障時提供狀態資訊給另一個控制器。 Designated Controller 透過加權演算法選出，考慮的因素包括控制狀態、UDH 連接性、IONet 連接性以及 NVRAM 健康狀態。
- 2.4.5 與分散式控制系統 (DCDAS) 的連結：Designated Controller 也負責透過 UDH 發送 EGD (乙太網路全球資料) 和警報資料到 DCDAS。
- 2.4.6 掃描速率 (Frame Rate)：控制器讀取輸入、投票、執行應用程式

碼、寫入輸出以及處理 EGD 等功能所需的時間，例如，GT、ST 和 BOP 為 40 毫秒。

2.5 UDH/PDH 網路：控制系統採用 UDH 和 PDH 兩種乙太網路，用於不同層級的通訊。

2.5.1 UDH (Unit Data Highway)：控制層級的通訊網路，負責在控制器、Exciter、Static Start 等關鍵組件之間交換 EGD (Ethernet Global Data) 資料。UDH 使用 Cat 5e 乙太網路纜線，並具有冗餘網路以提高可靠性。UDH 的運作頻率為 6-100Hz，可以連接一個或多個控制器。

2.5.2 PDH (Plant Data Highway)：監控層級的通訊網路，負責連接 HMI 伺服器、thin client、歷史資料記錄器等設備。PDH 使用 Cat 5e 乙太網路纜線，並支援 TCP/IP、GSM 或 Modbus over Ethernet 協定。

2.5.3 UDH 和 PDH 的網路交換器：如圖(11)，台中燃氣機組多使用 Style A。UDH 和 PDH 網路都使用快速乙太網路交換器，稱為 VLAN (虛擬區域網路)。這種類型的交換器可以將一個實體網路分割成多個邏輯網路，提高網路效率和安全性。為了確保網路的可靠性，通常會使用兩個交換器，並透過一條互連線連接，以便在一個交換器故障時，另一個交換器可以自動接管。



Style A

The UDH and PDH networks use Fast Ethernet switches called VLAN (virtual LAN).

Two switches can be used with an interconnecting cable to provide redundancy.



**Caution**

Use only GE-approved Ethernet switches in all control system I/O networks. Unsupported switches can prevent I/O modules from receiving controller outputs.



Style B

圖(11)

2.6 HMI Server & Thin Client：HMI 伺服器是 Mark VIe 控制系統中重要的一環，操作員透過 Thin Client 小型主機連線至此伺服器來監控及控制電廠，Thin Client 是一種精簡的終端設備，不具備獨立的處理能力，僅作為顯示和輸入設備，所有資料處理和應用程式都在伺服器端執行，以下為重點說明：

2.6.1 功能：運行 CIMPLICITY 軟體，提供圖形化操作介面，讓操作員能夠監控和控制發電機組，並透過乙太網路與 Mark VIe 控制器通訊，接收即時資料並發送控制指令，亦提供警報顯示、趨勢圖、資料記錄等功能，協助操作員診斷和排除故障。

2.6.2 硬體：通常是一台高效能的工業電腦，運行 Windows 作業系統，並配備多個顯示器，以便操作員同時監控多個畫面。

2.6.3 軟體：

(1) CIMPLICITY 提供圖形化操作介面，包括流程圖、趨勢圖、警報列表等。

(2) ToolboxST：用於設定組態和維護 Mark VIe 控制系統的軟體，也可以在 HMI 伺服器上運行，方便工程師進行線上調整和故障排除。

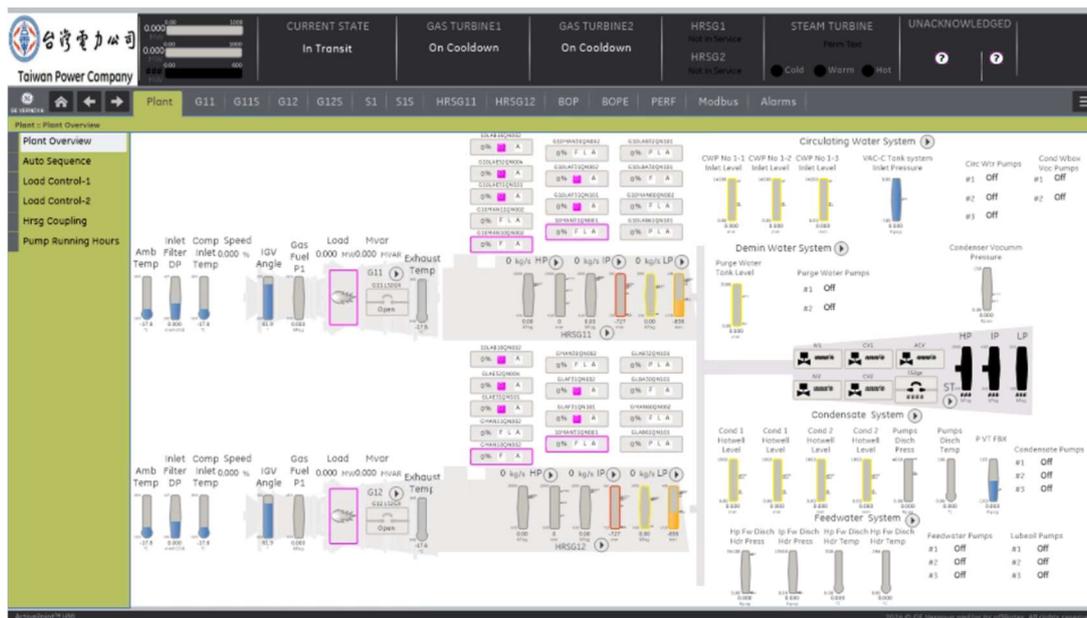
(3) WorkstationST Alarm Viewer：用於記錄即時警報和歷史警報資料的軟體，也可以在 HMI 伺服器上運行，方便工程師進行警報分析和維護。

2.6.4 網路連接：透過 PDH(Plant Data Highway)與客戶端(Thin Client)連接；亦透過 UDH(Unit Data Highway)與控制器連接。

2.6.5 安全性：HMI 伺服器設置在控制室的安全區域，以防止未經授權的人員操作，CIMPLICITY 軟體提供使用者帳號和密碼管理，以限制不同使用者對系統的操作權限。

### 3.0 GE Mark VIe DCS 控制系統軟體

3.1 CIMPLICITY(圖控軟體)：CIMPLICITY 是 Mark VIe 控制系統中的人機介面 (HMI)，如圖(12)，操作員透過 CIMPLICITY 的圖形化介面來監控和控制電廠的運作。



圖(12)

3.1.1 主要功能：

- (1) 動態圖形(CIMPLICITY Active Point)：提供動態圖形顯示，可以即時顯示電廠的運行狀態、關鍵參數和警報等資訊。
- (2) 警報顯示：顯示系統產生的警報，並提供警報確認、歷史警報查詢等功能。
- (3) 趨勢圖：顯示歷史資料的趨勢變化，方便操作員分析設備的運行情況。
- (4) 點控制面板 (Point Control Panel)：透過滑鼠右鍵點擊圖形物件，可以快速使用相關的控制功能，如開關、設定值調整等。

3.1.2 CIMPLICITY 與 ToolboxST 的整合：

- (1) 檢視變數定義(Go To Definition In Logic)：在 CIMPLICITY 中點擊變數名稱，可以直接跳轉到 ToolboxST 中對應的變數定義。
- (2) 邏輯建構器 (Logic Builder)：在 CIMPLICITY 中可以透過邏輯建構器檢視控制邏輯，方便操作員理解和排除故障。

3.1.3 CIMPLICITY 的優點

- (1) 易用性：CIMPLICITY 提供直觀的圖形化介面，操作員可以輕鬆上手。
- (2) 靈活性：CIMPLICITY 可以根據不同的需求進行客製化配置，滿足不同電廠的監控需求。
- (3) 擴充性：CIMPLICITY 可以與其他 GE 軟體整合，如 Historian 和 Asset Performance Management (APM)，提供更全面的電廠監控和管理解決方案

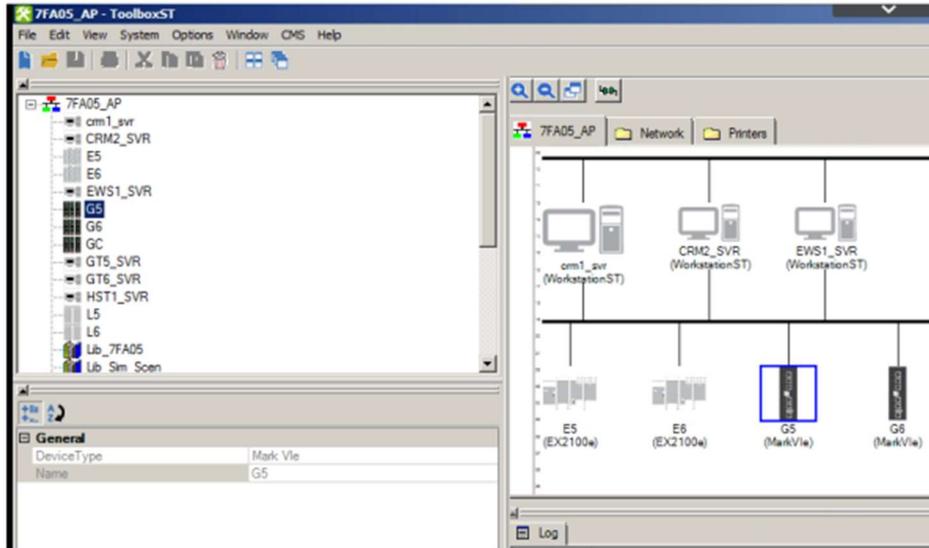
3.1.4 Logic Builder (邏輯建構器)：ActivePoint HMI 內建 Logic Builder，以圖形化方式呈現系統背後的邏輯，協助操作員理解和排除故障，其應用如下：

- (1) 對一個或多個邏輯輸入執行邏輯運算，並產生單一邏輯輸出，其中輸入位於左側，輸出位於右側。
- (2) 顯示許可與釋放條件：ActivePoint 使用 Logic Builder 以圖形化方式呈現系統訊號之釋放條件邏輯。

3.1.5 ActivePoint HMI Navigation：ActivePoint HMI 功能旨在讓使用者能快速且有效地瀏覽和操作 HMI 介面，以下將說明 ActivePoint HMI Navigation 的方式：

- (1) 超連結 (Hyperlink)：螢幕上的每個名稱都是一個超連結，點擊即可開啟相應的畫面。
- (2) 首頁按鈕 (Home Screen Button)：點擊此按鈕可返回到 HMI 的起始畫面。
- (3) 向前和向後按鈕 (Forward and Back Buttons)：這兩個按鈕可以讓使用者在瀏覽過的畫面之間來回切換，方便使用者快速回到之前的操作畫面。
- (4) 尋找變數 (Find Variable)：透過輸入變數名稱，使用者可以快速找到使用該變數的所有畫面，這對於查找特定資訊或控制項非常有用。
- (5) 前往顯示畫面 (Go To Display Screen)：在互動元素上點擊滑鼠右鍵，會出現一個選單，其中包含「前往顯示畫面」的選項，使用者可以透過此選項快速跳轉到相關的顯示畫面。這個選單也可以在警報畫面中使用。

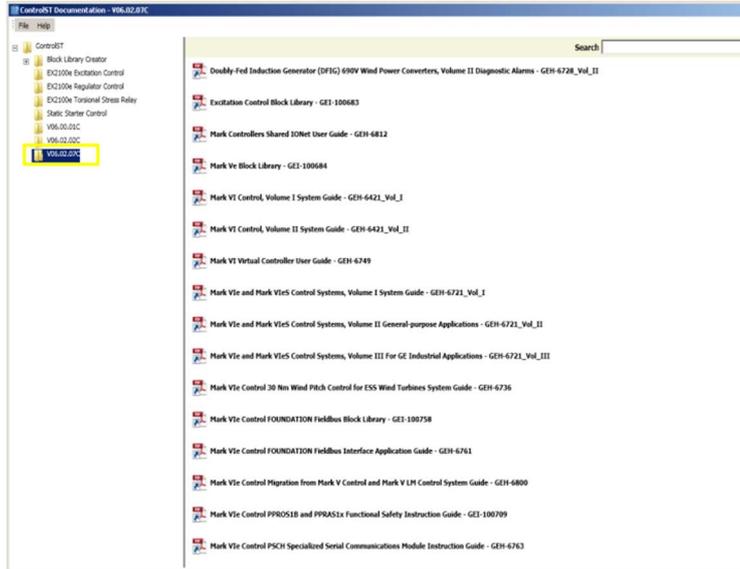
3.2 ToolboxST 是用於設定和維護 Mark VIe 控制系統的軟體，如圖(13)。



圖(13)

- 3.2.1 功能：用於設定和維護 Mark VIe 控制系統。
- 3.2.2 安裝：ToolboxST 可以安裝在任何電腦上，但通常安裝在工程工作站 (EWS) 或控制室伺服器 (CRM\_SVR) 上。
- 3.2.3 檔案結構：ToolboxST 的檔案通常儲存在 E:\Master 目錄下，每個元件 (如 GT1、ST1 等) 都有一個資料夾，其中包含該元件的 .xml 檔案、建置記錄檔和備份檔案。
- 3.2.4 存取：可以透過開始選單、桌面捷徑或直接開啟系統檔案 (.tcw) 來啟動 ToolboxST；需要安裝 USB 金鑰 (Dongle) 或軟體授權才能開啟 ToolboxST 檔案。
- 3.2.5 系統佈局：
  - (1) 樹狀檢視 (Tree View)：列出系統中的所有元件和工具。
  - (2) 摘要檢視 (Summary View)：以圖形化方式顯示系統中的所有元件和工具。
  - (3) 屬性編輯器 (Property Editor)：允許檢視和編輯所選元件的屬性。
  - (4) 元件資訊檢視 (Component Info View)：顯示有關開啟元件的資訊，包括日誌、狀態和歷史記錄。
  - (5) 標籤頁 (Tabbed Pages)：用於組織軟體的不同元素，如 General、Hardware、Software、Dynamic Data Recorder、EGD 和 Modbus Slave。

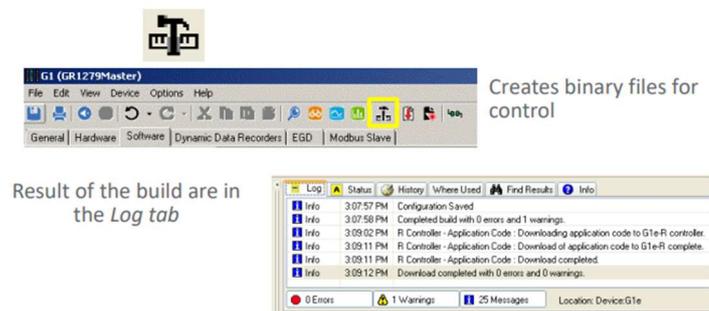
3.2.6 支援文件：ToolboxST 會自動安裝支援文件，包括 GEH-6700 (ToolboxST 使用者指南)，可快速查找所需技術文件以利查修，如圖(14)。



圖(14)

3.2.7 建置與下載 (Build and Download)：

- (1) 在對軟體進行任何更改後，都需要建置應用程式碼，以產生二進位檔案。
- (2) 建置完成後，可以使用下載精靈將新的應用程式碼下載到控制器，如



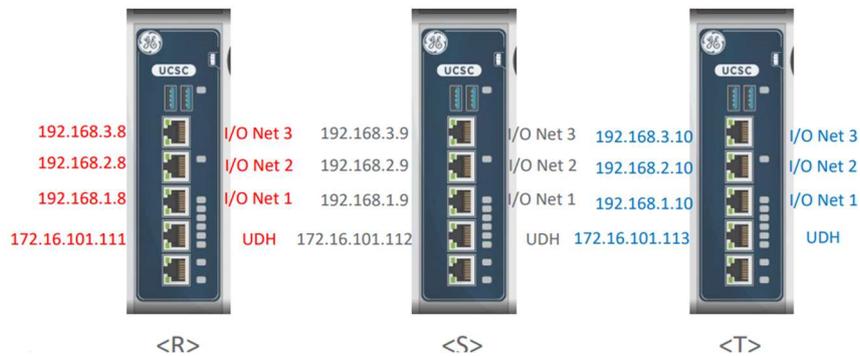
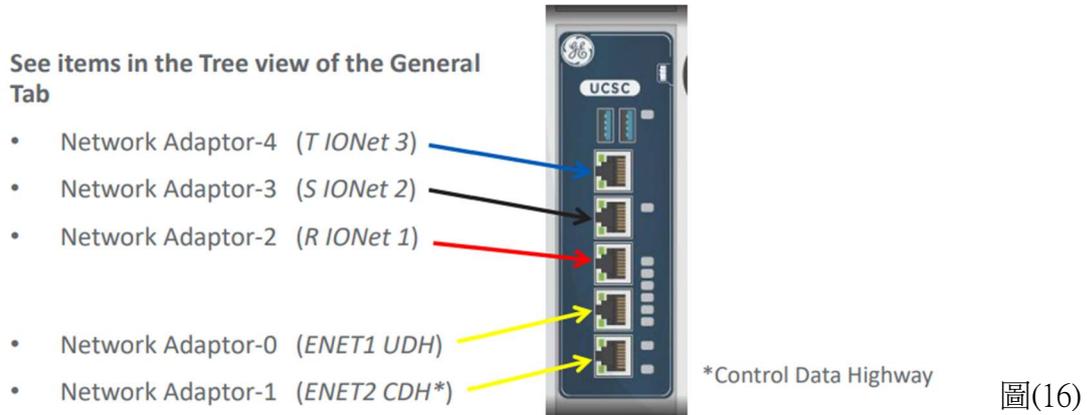
圖(15)。

圖(15)

3.2.8 上傳：ToolboxST 可以從控制器上傳現有的組態資訊，以便進行備份或分析。

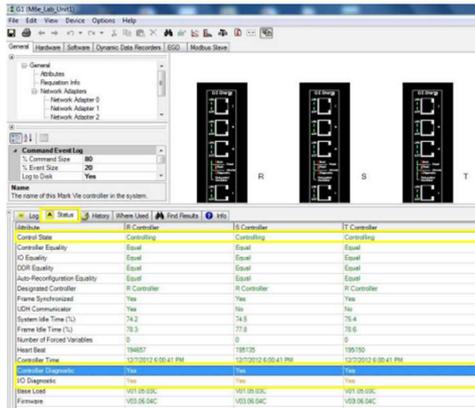
3.2.9 監控工具箱 I/O 配置 (Monitoring Toolbox IO Configuration)，對 Mark VIe 控制系統的輸入/輸出 (I/O) 進行組態設定和監控。

- (1) 控制器乙太網路連接：控制器具有多個乙太網路連接埠，用於連接到不同的網路，包括 IONet、UDH 等。每個網路連接埠都有自己的 IP 位址，如圖(16)、圖(17)。



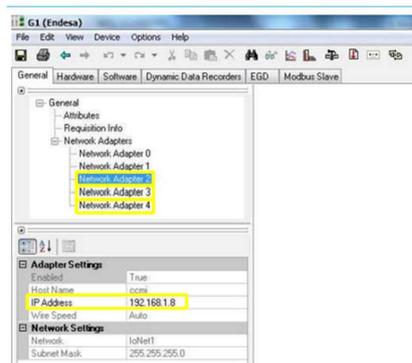
圖(17)

- (2) 連接到控制器：要檢視輸入和輸出，必須先將 ToolboxST 元件置於線上狀態。開啟元件後，點擊工具列上的線上圖示，ToolboxST 將嘗試透過其 LAN 連接，使用網路介面卡 0 屬性編輯器中列出的 IP 位址連接到控制器。
- (3) 控制器狀態：控制器的狀態會顯示在狀態標籤頁中。請務必檢查 ToolboxST 元件是否與控制器「相等」。控制器應達到「控制中」狀態。同時檢查控制器和 I/O 診斷、強制變數等資訊，如圖(18)。



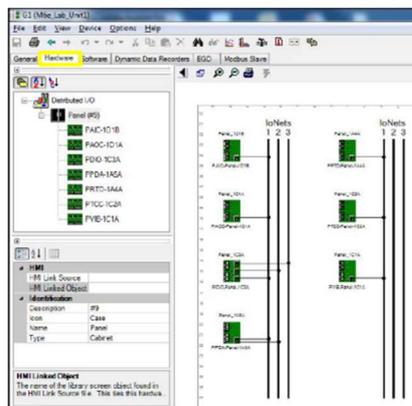
圖(18)

(4) I/O 網路：控制器 I/O 透過 R/S/T 網路與控制器通訊 (在 TMR 系統中)。每個網路連接埠都對應一個 IO Net，控制器的 IO Net IP 位址列在相應的網路介面卡下，如圖(19)。



圖(19)

(5) 硬體標籤頁：要存取或檢視控制器的 I/O，請選擇「硬體」標籤頁。在樹狀檢視中，將顯示與控制器關聯的所有 I/O Pack，如圖(20)。

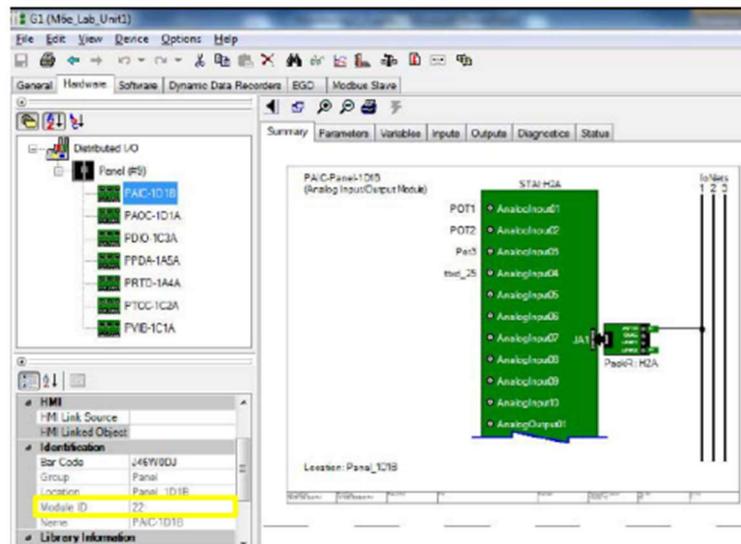


圖(20)

另外，Go on line 時將顯示 Pack 狀態，藍色驚嘆號表示僅供參考資訊、黃色驚嘆號表示存在診斷警報、紅色「X」表示無通訊。「U」表示不健康。

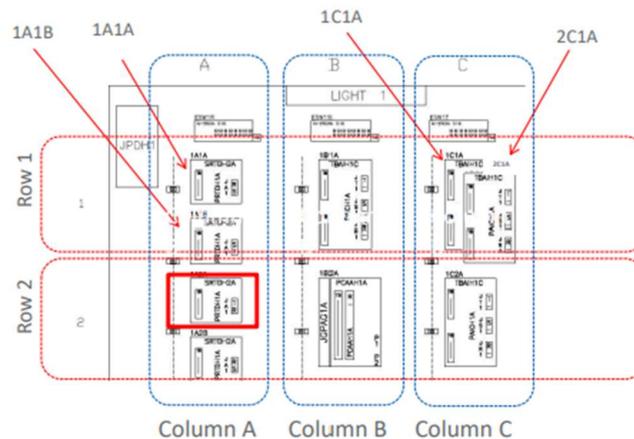
Pack 的 IP 位址與相應網路的 IP 位址相同，最後一組數字與模組 ID 相同。例如：<T>Network IP: 192.168.3.xx，

where, xx = Module ID，此例 IP 即為 192.168.3.22，如圖(21)。



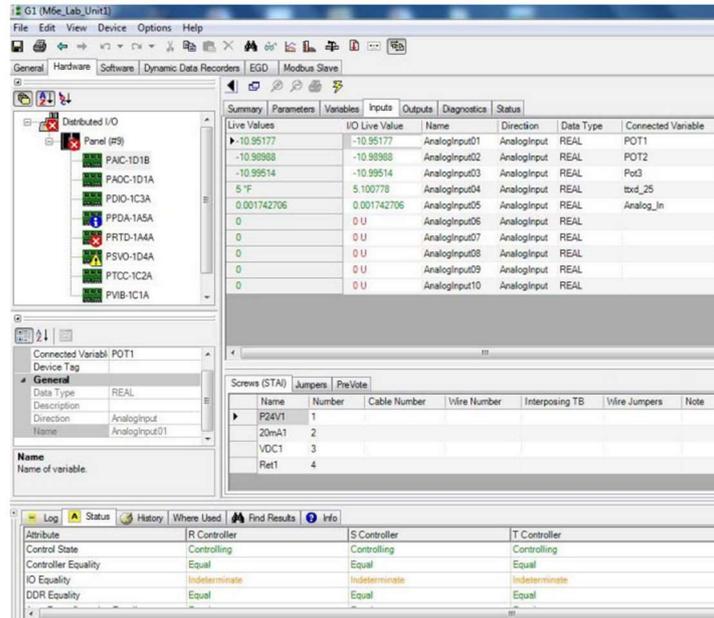
圖(21)

(6) 位置：I/O 模組的位置代碼表示其在機櫃中的位置，例如 1A2A 表示位於機櫃背板的第一列、A 欄、第二行的 A 位置，如圖(22)。



圖(22)

- (7) 控制器其他硬體設定，可以透過在樹狀檢視中選擇相應的 Pack 來檢視輸入和輸出，且提供螺絲、跳線和其他雜項資料，亦於狀態標籤頁顯示 Pack 版本和通訊狀態，如圖(23)。



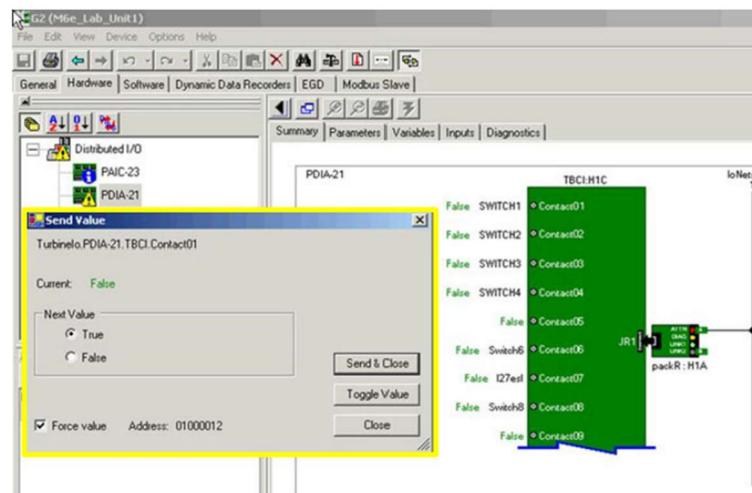
圖(23)

### 3.2.10 報表

- (1) 報表為故障排除或調校檢查的有用工具。
- (2) 可以使用 FILTER 自製報表呈現資訊，可存.csv。

### 3.2.11 FORCE I/O：

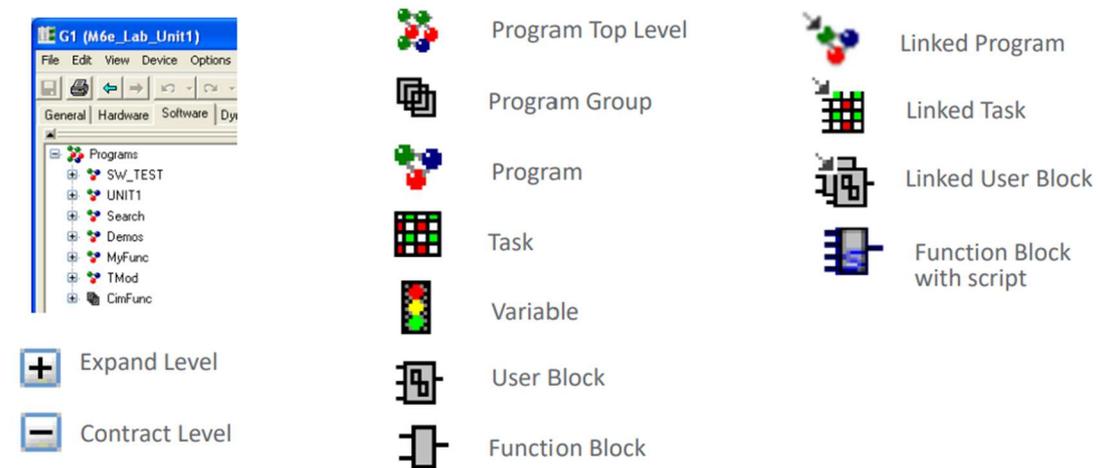
- (1) 透過雙擊即時值(Live value)來 FORCE I/O，通常用於查修設備是否故障，如圖(24)。



圖(24)

- (2) 可於工具列中選擇「檢視/強制變數」，檢視現在強制變數的數量與狀態。
  - (3) 重要機制：FORCE I/O 的狀態將保留在控制器中，即使重新啟動後也是如此，所以在測試後，請確保移除所有 FORCE I/O 點。
- 3.2.12 軟體組態 (Software Configuration)：包括軟體樹狀結構、功能區塊、使用者區塊、變數、陣列、永久變更、建置和下載及其他說明。

- (1) 軟體樹狀結構 (Software Tree)  
應用軟體控制流程的元件編輯器，如圖(25)。



圖(25)

程式群組 (Program Group)：相關程式的集合。

程式 (Program)：軟體的最高層級，包含一個或多個運行軟體的任務。

任務 (Task)：包含一個或多個執行相關功能的使用者區塊和/或區塊。

使用者區塊 (User Block)：預先配置的應用軟體區塊。

功能區塊 (Function Block)：應用的基本單元。

連結任務 (Linked Task)、連結使用者區塊 (Linked User Block)、連結程式 (Linked Program)：從程式庫中引用的任務、使用者區塊或程式。

- (2) 功能區塊 (Function Blocks)：功能區塊是應用軟體的基本單元，ToolboxST 控制應用程式中有數百個可用的功能區塊，以下將介紹其

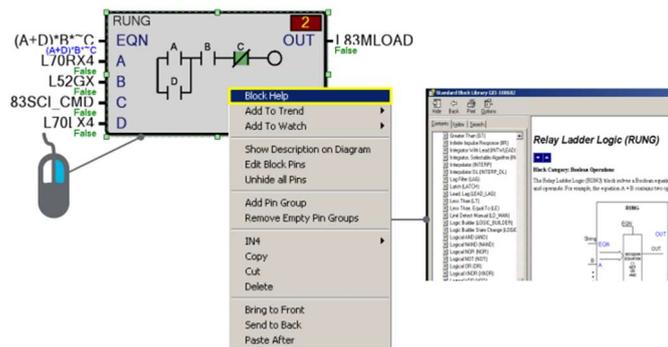
中一些最常見的功能區塊。

AND：邏輯「且」運算，所有輸入皆為真時輸出為真。

OR：邏輯「或」運算，任何一個輸入為真時輸出為真。

NOT：邏輯「反」運算，將輸入反轉後輸出。

若遇到不熟悉的功能區塊則可按右鍵選取 Block Help 閱讀說明文件，如圖(26)。



圖(26)

- (3) 使用者區塊 (有時稱為巨集) 是功能區塊或其他使用者區塊的組合，將功能組合在一起，以便輕鬆重複使用並促進訊號追蹤。常見的使用者區塊：

PBHDLR：處理來自 CIMPLICITY 的按鈕按下事件。

CMDST：命令狀態顯示，顯示命令的狀態，如 LOCAL、REMOTE、AUTO 等。

TIMER\_SEC：以秒為單位的計時器。

- (4) 變數 (Variables)：變數被分配給程式、任務、使用者區塊，或者在某些情況下分配給功能區塊。

程式變數：全域變數，可以在其他程式中使用。

任務變數：預設為區域變數，必須設為全域才能在任務外使用。

- (5) 陣列 (Arrays)

一些控制常數可能有多個值，這稱為陣列。

當需要非線性功能時，使用陣列。

如果是陣列，則在屬性中定義元素數量，點擊省略號 (...) 將允許設定或修改值。

輸出 "M" 將是 "X" 的函數。

陣列的 X 和 Y 值將定義各點之間曲線的斜率。

(6) 永久軟體變更：將控制常數設定為所需值，並確認其值正確，並在 ToolboxST 中更改初始值，接著建置配置，最後下載新值。

(7) 建置和下載

建置應用程式碼：為控制建立二進位檔案，建置的結果位於「日誌」標籤頁中。

下載應用程式碼：開啟下載精靈，建議的變更會預先選取，不會重新下載基礎負載和韌體，只會下載以不等於符號標記的應用程式碼。

驗證應用程式碼變更：控制狀態 = 控制中、控制器相等性 = 相等、軟體修改產生預期結果。

(8) 其他說明

連接區塊線的顏色：紅色虛線表示「真」數位訊號，黑色實線表示類比訊號，灰色虛線表示「假」數位訊號。

即時值後的字母：F 表示強制，A 表示警報，AK 表示已確認的警報，S 表示模擬訊號 (僅用於培訓)。

變數描述：將滑鼠游標懸停在訊號名稱上時，會提供訊號描述，該描述來自變數定義中的描述。

3.2.13 Finder (搜尋器)：Finder 是 ToolboxST 中的一個功能，可用於搜尋變數並追蹤其狀態，常用於設備維修與故障排查，透過 Finder

(1) 搜尋變數：輸入變數名稱或部分名稱，Finder 會在整個系統或指定的元件中搜尋匹配的變數。

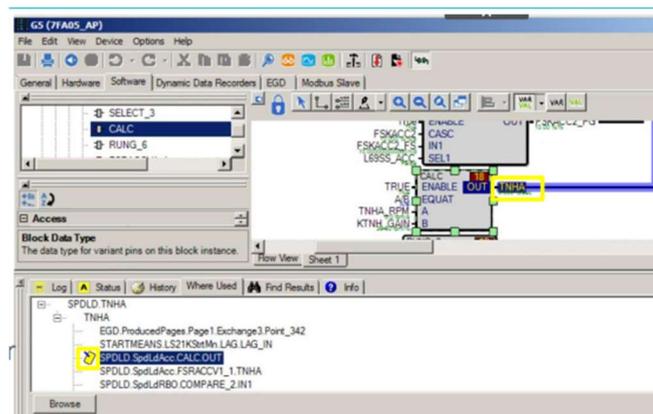
(2) 查看變數的位置：Finder 會顯示變數在軟體、I/O 和 EGD 中的位置，以及變數的讀寫狀態。。

- (3) 使用 Finder 功能：在 ToolboxST 中，選擇「工具」>「Finder」，或按下 Ctrl+F，並輸入搜尋條件，輸入變數名稱或部分名稱，也可以使用萬用字元 (\*) 來匹配多個字元。再來選擇搜尋範圍，選擇要在整個系統中搜尋，還是僅在選定的元件中搜尋，最後點擊「搜尋」，Finder 將開始搜尋匹配的變數，並在「搜尋結果」標籤頁中顯示結果，分為以下幾類：EGD 結果：顯示變數在 EGD (Ethernet Global Data) 中的位置、變數結果：顯示變數在軟體中的位置，包括程式、任務、使用者區塊和功能區塊、軟體結果：顯示變數在軟體中的所有引用，包括讀取和寫入位置、I/O 結果：顯示變數對應的 I/O 點。
- (4) 追蹤變數狀態

選擇變數：在「搜尋結果」標籤頁中，雙擊所需的變數。Finder 將跳轉到該變數的寫入位置。

切換到「Where Used」標籤頁：在 Finder 視窗中，切換到「Where Used」標籤頁。

查看變數的讀取位置：在「Where Used」標籤頁中，會顯示所有讀取該變數的軟體區塊，如圖(27)。



圖(27)

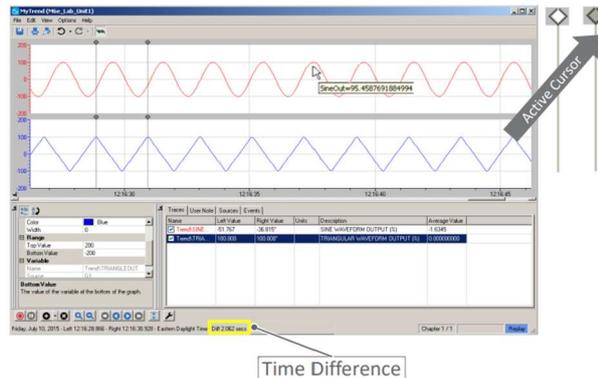
繼續追蹤：您可以繼續選擇讀取位置中的變數，並重複上述步驟，以追蹤變數的狀態，並確定哪些因素影響了變數的值，以利完成查修工作。

3.2.14 Trender (趨勢圖)：是一個用於擷取和顯示系統中變數趨勢圖的工具。它可以從控制器和其他資料來源即時收集和顯示數值。

- (1) 即時資料收集：從系統組件、本地 WorkstationST、OPC 伺服器或模

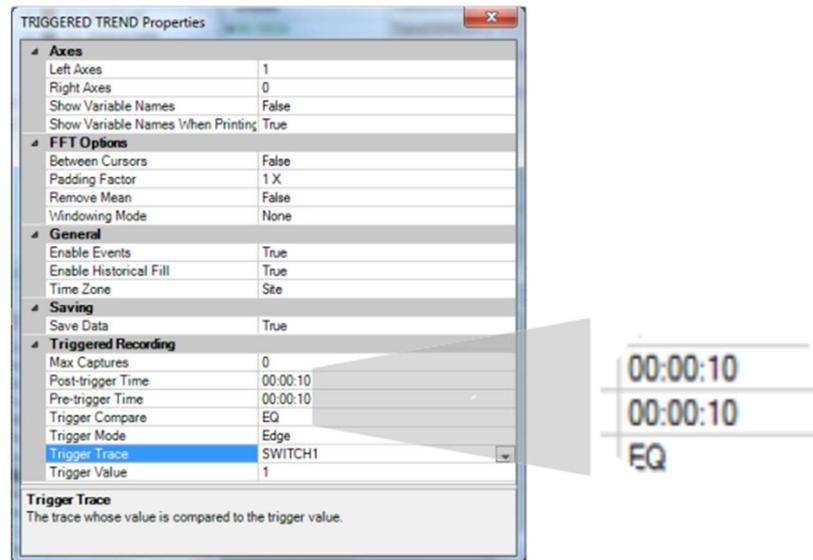
型中收集即時資料。

- (2) 歷史資料：顯示過去一段時間內收集的資料。
- (3) 擷取緩衝區/DDR：顯示從擷取緩衝區或動態數據記錄器擷取的資料。
- (4) CDM 隨選：從燃燒動態監測系統中擷取資料。
- (5) 使用游標分析資料：在重播模式下，可以使用兩個軌跡球游標來分析資料，如圖(28)。

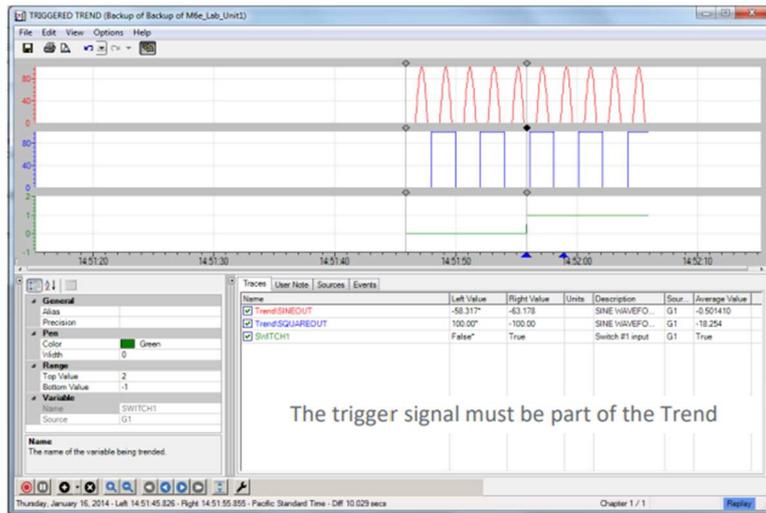


圖(28)

- (6) 圖形檢視選項：堆疊軌跡/單一軌跡模式、Threshold(門檻值)設定、時間軸範圍調整、隱藏軌跡、修改軌跡屬性(例如顏色)。
- (7) 觸發趨勢：可以將 Trender 配置為根據特定信號(觸發器)的值自動開始收集資料，如圖(29)、圖(30)。



圖(29)



圖(30)

3.3 WorkstationST Alarm Viewer：是一個用於顯示和管理 Mark VIe 控制系統中所有 GE 控制元件的警報和事件的軟體，如圖(31)，並提供以下功能：

Device Time (Local Time)	Recorded Time (Local Time)	Type	Alarm State	Class	Locked State	Device	Severity	Acknowledged	Alarm ID	Variable Name	Description	Value	Sound
2015-03-11 18:55:47.160	2015-03-11 18:55:50.948	Alarm	ALARMED	PRC	Unlocked	G1	2	Yes	16787790	G1 L30OUT_ALM	TURB OUT OF EMISSIONS COMPLIANT MODE	True	
2015-03-11 18:46:01.760	2015-03-11 18:46:05.531	Alarm	ALARMED	PRC	Unlocked	G1	2	Yes	16786316	G1 L30SPTA	EXHAUST THERMOCOUPLE TROUBLE	True	
2015-03-11 18:45:58.760	2015-03-11 18:46:02.530	Alarm	ALARMED	PRC	Unlocked	G1	2	Yes	16786321	G1 L30SPA	COMBUSTION TROUBLE	True	
2015-03-11 17:06:17.080	2015-03-11 17:07:24.192	Alarm	ALARMED	PRC	Unlocked	G1	2	Yes	16786814	G1 L86DFLO_A	DRY FOGGER SYSTEM LOCKED OUT	True	
2015-03-11 17:06:17.040	2015-03-11 17:07:24.192	Alarm	ALARMED	PRC	Unlocked	G1	2	Yes	16781697	G1 L25A_ENAB_AL	K25A RELAY HAS NOT BEEN ENABLED	True	

圖 (31)

- 3.3.1 檢視即時和歷史警報：可以檢視過去 30 天的警報資料 (預設值)，並可透過過濾器篩選特定警報。
- 3.3.2 直接跳轉到邏輯定義：可以直接從警報檢視器跳轉到 ToolboxST 中對應的邏輯定義，方便工程師進行故障排除。
- 3.3.3 播放警報聲音：可以播放警報類別中定義的聲音，提醒操作員注意警報。
- 3.3.4 檢視警報說明：提供警報的詳細資訊，包括操作員緊急程度、母警報/子警報清單、潛在原因、操作員行動、不採取行動的後果等。
- 3.3.5 建立警報過濾器：可以根據警報類別、設備名稱、警報狀態等條件建立過濾器，以便快速找到所需的警報。

- 3.3.6 管理警報檢視器設定：可以自定義警報檢視器的顯示方式，例如顯示哪些欄位、欄位的順序等。
- 3.3.7 即時警報資料：可以檢視即時警報資料，並進行確認、擱置、停用等操作。
- 3.3.8 歷史警報：可以檢視歷史警報資料，並以列表、樹狀/列表或樹狀/圖表的形式顯示。

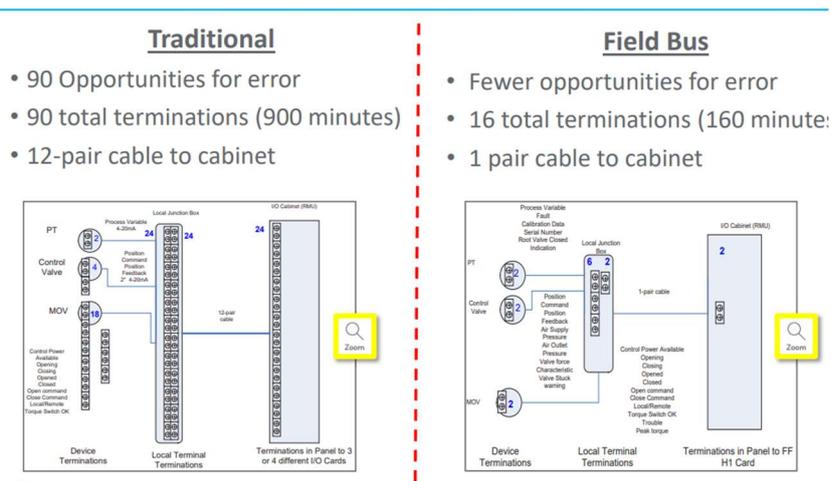
## 4.0 GE Mark VIe DCS 控制系統通訊與時間同步

說明 Mark VIe 控制系統中使用的各種通訊協定(Bus type)和網路 (Communications)、時間同步。

### 4.1 匯流排類型 (Bus Types)

4.1.1 Foundation Fieldbus (FFB)：是一種全數位、雙向的通訊協定，專為過程自動化領域設計，主要用於連接現場儀表和控制系統，也用於類比輸入 (AI)、類比輸出 (AO) 和熱電偶 (TC) 的現場匯流排技術。其優點包括易於調試、廣泛的設備支援和良好的嵌入式診斷功能，通常搭配 PFFA I/O Pack，如圖(32)。然而，對於某些應用來說，它的速度不夠快，而且不支援馬達控制。

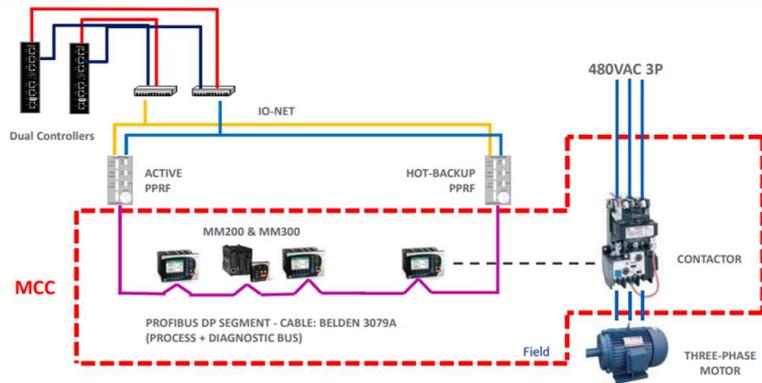
### Foundation Field Bus



圖(32)

4.1.2 Profibus：主要用於馬達控制中心 (MCC) 的現場匯流排技術，搭配 PPRF I/O Pack，如圖(33)。

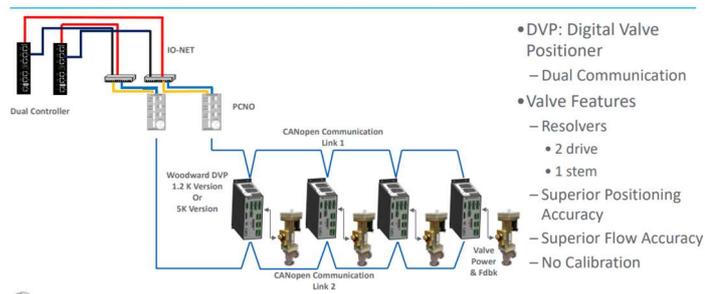
## Profibus



圖(33)

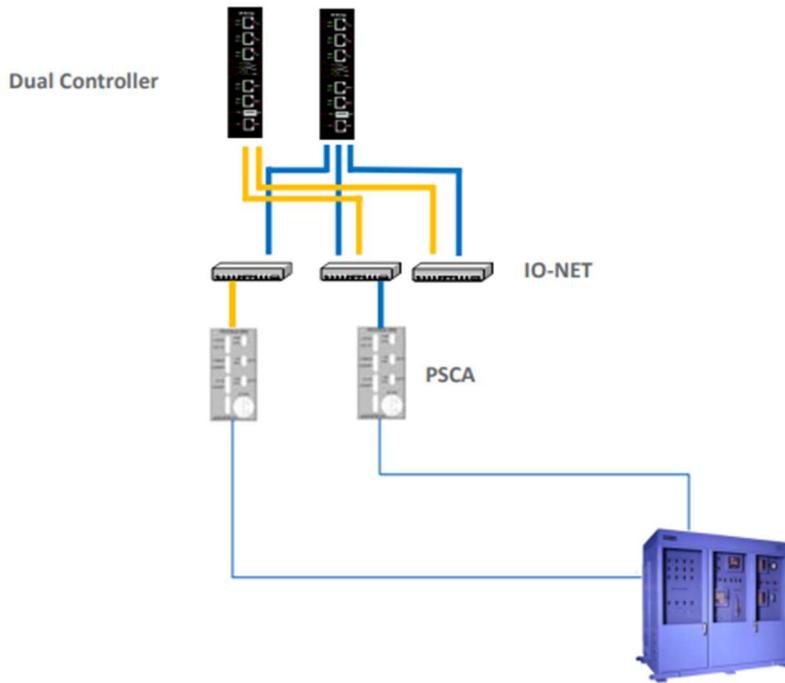
- 4.1.3 CANopen：是一種基於 CAN 總線的通訊協定，專為工業自動化領域設計，用於數位閥門定位器 (DVP) 的現場匯流排技術，如圖(34)。DVP 具有雙重通訊功能，並具有解析器、卓越的定位精度、卓越的流量精度和無需校準等特點，搭配 PCNO I/O Pack。

## CANopen



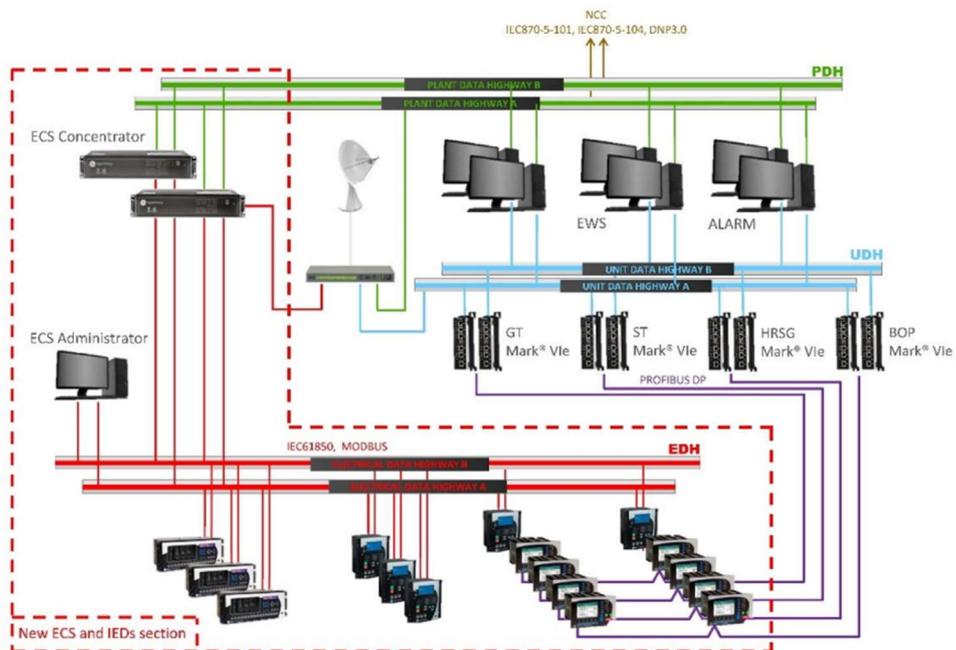
圖(34)

- 4.1.4 Modbus：是一種通訊協定，用於在工業自動化設備之間交換數據，例子為分析儀和電磁閥使用 Modbus 與相對應的 PSCA IO PACK，如圖(35)。



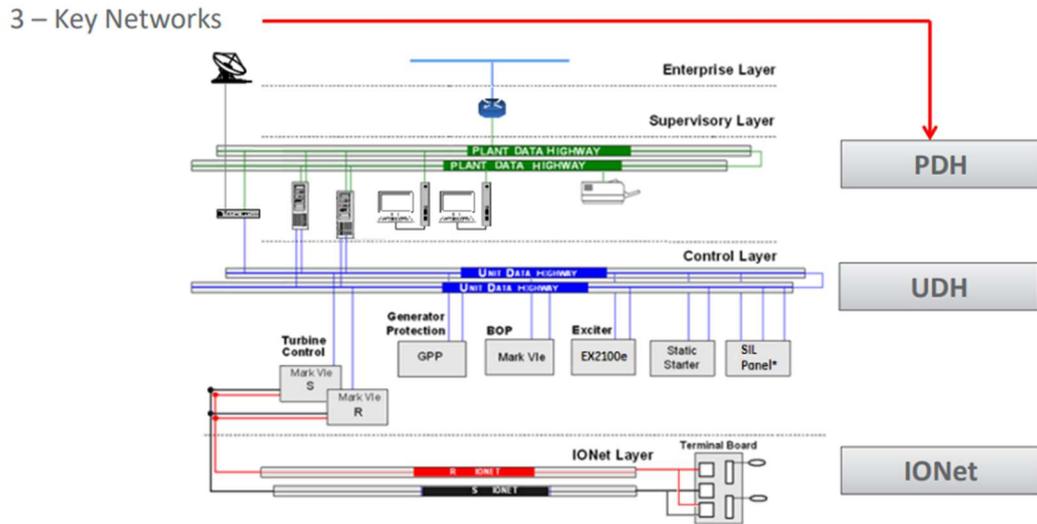
圖(35)

4.1.5 電氣控制系統 (ECS) 和智慧電子裝置 (IED)：ECS 和 IED 取代傳統的變送器和馬達啟動器，提供更先進的控制和保護功能，使用 EDH 並採用 IEC61850、Modbus 協定，如圖(36)。



圖(36)

4.2 網路(Communications)架構主要分為四層，包含企業層、監控層、控制層及輸入輸出網路層(I/O net)，如圖(37)。

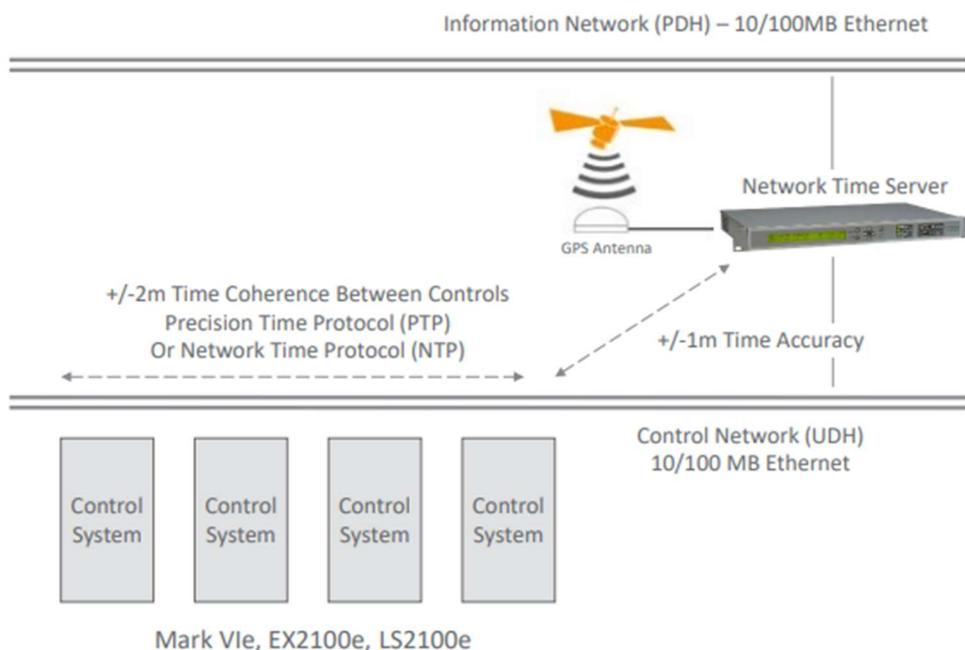


圖(37)

- 4.2.1 輸入輸出網路層 (I/O Net Layer)：提供 I/O PACK 和控制器之間的通信，且具有 Redundancy，所有 I/O 網路輸入資訊會同時傳送到每個控制器，即使其中一個控制器關機維修，也不會遺失任何資料。
- 4.2.2 控制層 (Control Layer)：控制層是控制系統的核心，負責執行控制指令和收集數據，由 Mark VIe 控制器和 UDH 組成，透過 UDH (Unit Data Highway) 與監控層連接。
- 4.2.3 監控層 (Supervisory Layer)：監控層的主要功能是在控制系統和操作員介面之間傳遞資料，促進資料的視覺化、警報管理、歷史資料存儲和分析等，主要包含 HMI 伺服器、工程師工作站、Network Time Server、印表機等，透過 PDH (Plant Data Highway) 與控制層連接。
- 4.2.4 企業層 (Enterprise Layer)：企業層是整個控制系統網路架構的最高層級，主要負責將電廠網路與企業網路進行連接和數據交換。它關注於將控制系統生成的數據與企業層的應用程式（如數據分析平台等）進行整合，以便實現更高級別的監控、管理和決策。為了確保安全性，企業層通常會部署嚴格的網路安全措施，如防火

牆、路由器等。此外，還可以設置 Demilitarized Zone(DMZ)，將來自外部網路的訪問與內部控制系統隔離開來，進一步提高安全性。

- 4.3 時間同步(含 Network Time Server)：Mark VIe 控制系統仰賴精確的時間同步來確保事件記錄、警報記錄和系統分析的準確性。為達成此目的，系統採用網路時間伺服器 (Network Time Server) 來維持控制元件之間的時間一致性，如圖(38)。



圖(38)

- 4.3.1 時間同步的必要性：多控制器系統中，時間同步確保所有控制器以相同時間基準運作，於事件記錄、資料記錄和系統分析至關重要。
- 4.3.2 時間伺服器的角色：作為整個控制系統的中央時間參考，並使用精確時間協定 (PTP) 或網路時間協定 (NTP) 提供精確的時間資訊，且連接到外部 GPS 天線，以獲得更高精度。
- 4.3.3 時間同步的實現：控制系統中的所有裝置，包括控制器、HMI 伺服器和 I/O 模組等，都會與時間伺服器同步時間，使用 PTP 或 NTP 時間協定時，在控制設備或系統之間，時間同步的誤差在 +/- 2 毫秒 (ms) 以內；控制設備或系統的時間與真實時間的差異可達 +/- 1 毫秒 (ms) 以內。

## 5.0 心得與建議

本次能有這個難得且珍貴的機會赴美國奇異公司研習 Mark VIe DCS 控制系統，真的很感謝各級長官們及中部施工處鍾處長永結、許副處長文明、余經理謝德、陳課長堯舜、何翊旗學長、魏于盛學長及彭正嵐學姊的指導與幫助。

以下對於課程中之控制系統硬體、軟體、通訊及美國受訓部分提供幾點淺見。

### 5.1 硬體部分：

5.1.1 台中燃氣計畫新機組之 Gas Turbine 控制系統 Mark VIe 控制器為 TMR 三控制器之冗餘架構，但 Steam Turbine 控制系統 Mark VIe 控制器僅為 Dual 雙控制之冗餘架構，理論來說，TMR 冗餘架構之系統可靠度較 Dual 冗餘架構來得高，未來是否新增新機組之合約規範：「Steam Turbine 控制系統設計須為 TMR 冗餘架構以提升可靠度」，可與電廠、顧問公司及各相關單位，進一步審慎評估。

5.1.2 Control server 使用虛擬機器 Virtual Machine(VM)技術將多個工作站集結在 1 台主要伺服器與 1 台次要伺服器，亦即這 1 台伺服器之硬體效能會被多個工作站強奪硬體資源而降低工作速度，進而衍生出 Thin Client 存取圖控畫面或執行程式有嚴重的延遲問題，應要求 GE 公司確實改善此問題。

5.2 軟體部分：新機組之 CIMPLICITY 圖控畫面（HMI）相較台中電廠舊機組現行畫面，階層更多、更複雜，但未見對應最新版 CIMPLICITY 圖控畫面修改相關 SOP 之文件，未來新機組移交電廠後，此部分可能對於電廠維運人員是種挑戰，應要求 GE 公司儘速提送相關文件。

5.3 通訊部分：新機組之 Gas Turbine 許多重要訊號使用 Foundation Fieldbus 通訊協定，並搭配專用之 PFFA I/O Pack 與其模組，其優點是可將多個 GT 相關的現場設備接至同一個匯流排，初期安裝接線較簡單，但有以下兩個主要的缺點：

5.3.1 訊號傳輸速度慢：Foundation Fieldbus 總線的頻寬有限，多個設備共享同一條線路，嚴重影響速度。

5.3.2 日後維護不易：相較於傳統硬線連接的方式，故障排除時可以很直覺地從設備端、接線路徑、端子台、控制器等沿路查修，但若

採用 Foundation Fieldbus，發生故障時，因多項設備皆接至同一個 BUS 及 I/O 模組，此時要釐清確切的故障點，會需要更多的時間、專業知識及經驗，故障診斷較為困難(大潭電廠 7 號機已有經驗)。綜合以上，應要求 GE 重新評估重要設備改回傳統硬線之方式，以利電廠人員維運並達成穩定供電之任務。

5.4 美國受訓部分：休士頓訓練中心的講師很專業且樂於分享，但也提醒休士頓治安不好，夜晚盡量不要外出，另關於課程編排，以下建議：

5.4.1 課程中使用的線上訓練模擬器問題：因 GE 將訓練模擬器架於雲端網路，系統功能陽春(部分 I/O PACK 無法使用)，與實際電廠維運之系統落差大，無法完全實現電廠之控制系統功能，且連線操作常逾時或當機，建議往後於合約詳列海外受訓時之線上訓練模擬器應與實際電廠維運之系統完全相同，並於機組移交電廠前無條件開放線上模擬器供台電使用，以利核火、施工處及電廠人員熟悉各功能操作。

5.4.2 實體控制系統模擬器較舊：本次受訓上課教室僅有舊世代之 Mark 控制系統模擬器，也非配置最新型之 Mark VIe 控制器，對於未來建置於台中計畫之系統有一定程度的落差，建議往後於合約詳列海外受訓時應分配至最新的實體控制系統模擬器教室，以期讓台電受訓學員對最新系統能有更深入的了解。