

# 現代變電所自動化探討

祥正電機公司課長 陳丙金

## 一、前言

在現代生活中，電力的重要性隨著人類需求日趨嚴格而益加突顯，由於科技的日新月異，微電腦的蓬勃發展帶動了智慧型電子裝置全面應用。現今變電所的一大變革主要是智慧型電子裝置的充分應用，加速了自動化的改革，從早期的傳統類比式保護電驛，歷經電子式保護電驛、微處理式保護電驛到多功能微處理式保護電驛，保護電驛已不再是單一功能“保護”而已，而是衍生出量測、控制、通訊等集一體功能，也因而在現代變電所整合上擺脫了大量的電力轉換器、傳統量測電表、資訊末端設備 RTU、控制開關及警報器等裝置，取而代之是通訊的整合；如何提高整體變電所運轉可靠度及滿足專責分工組織的要求，是當今變電所自動化主要面對之課題。

## 二、變電所自動化之演進

早期電力監控主要是透過 RTU(資訊末端設備)蒐集變電所內設備如高壓/低壓電力開關、電力變壓器、保護電驛、直流充電機等設備之狀態及警報，在量測上則是透過電力轉換器將電壓、電流計算後轉換成電壓、電流、功因、頻率、KW、VAR、WH、VARH 等標準訊號如 4~20 mA、0~1 mA、脈衝信號等。在控制上透過中繼繼電器(interposing relay)以控制較大之電力設備。

回顧台電自七十三年開始實施自動化

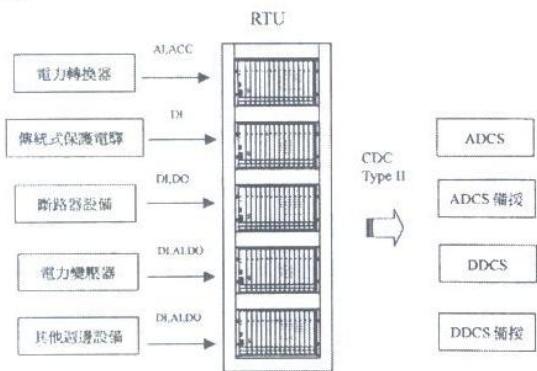
至今已近二十年之歷史，在變電所資訊的取得主要是透過 RTU，如今台電現階段各變電所已陸陸續續地大量採用歐、美先進智慧型電子裝置(IED)，在現有的組織架構下如何滿足調度人員、巡檢人員、電驛人員及資控人員有關運轉及維護專業分工之需求，且依國情差異適切規劃，將科技人性化是供需雙方皆應努力合作方能獲致預期綜效。

## 三、變電所自動化架構及組成

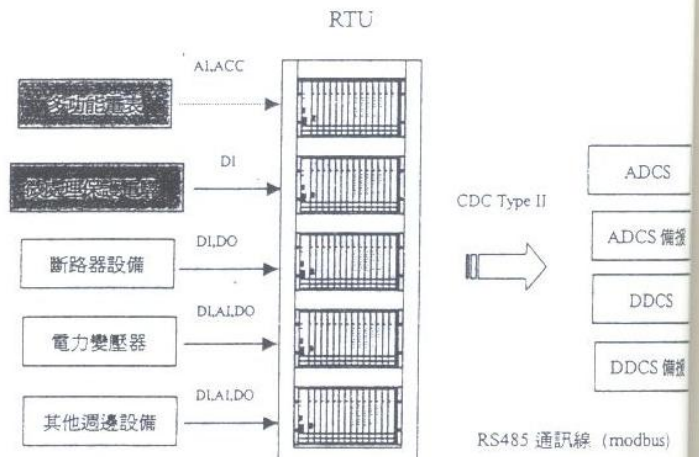
變電所自動化系統主要由主機、人機介面、智慧型電子裝置、通訊伺服器及通訊網路等構成。其特色是無盤化，將控制室之傳統控制盤取消，取而代之是本地圖控主機，經由此一圖控人機介面取得整所設備運轉狀態，並記錄設備發生之警報，且透過報表系統儲存整所運轉資訊及維護資訊；由於 IED 就地分置於各設備盤面上，大大減少控制線材、控制開關、電力轉換器及表計等設備，此一大幅簡化傳統電控設備及提升維護效能也是變電所自動化的最大特色。

但是面對不是單一廠牌的眾多 IED，如何達成有效整合而不迷失於 IED 令人目眩的功能，則是很嚴肅的課題；不論採取什麼整合方案，如何確保運轉資料的即時性？重要警報能否於規定時間內回應？控制命令能否於規定之時間輸出而不遺漏？順序事件能否準確記錄動作時間？此等基本運轉需求都應考量且要確保的；目前工業界所使用之電力監控系統多半屬於

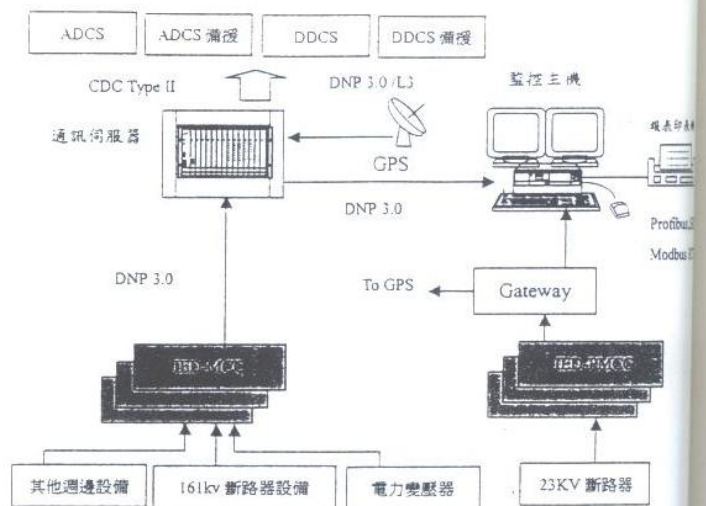
為封閉架構，在通訊協定使用上亦為專屬協定，面對台電多廠牌 IED 及多重主控站的整合要求尚難以完全滿足，所以台電變電所自動化（中國習稱變電站綜合自動化）規範中以配置通訊處理單元（本文稱為通訊伺服器）來承擔此一整合關鍵角色。該伺服器主要對下連接各 IED 與對上連接各主控站，即提供各種運轉有關之即時資訊；現階段要求提供四組主站，目前對上四組主站分別為 ADCS、ADCS 備援、DDCS、DDCS 備援，通訊協定為 CDC Type II 及 DNP3.0 Level 3。對下則有 MCC 與 PMCC 兩類之 IED，通訊協定尚未明訂（全系統應速統合為單一之開放式通訊協定如 DNP 3.0 始有利運轉維護）現階段變電所自動化之架構有三種如附圖。



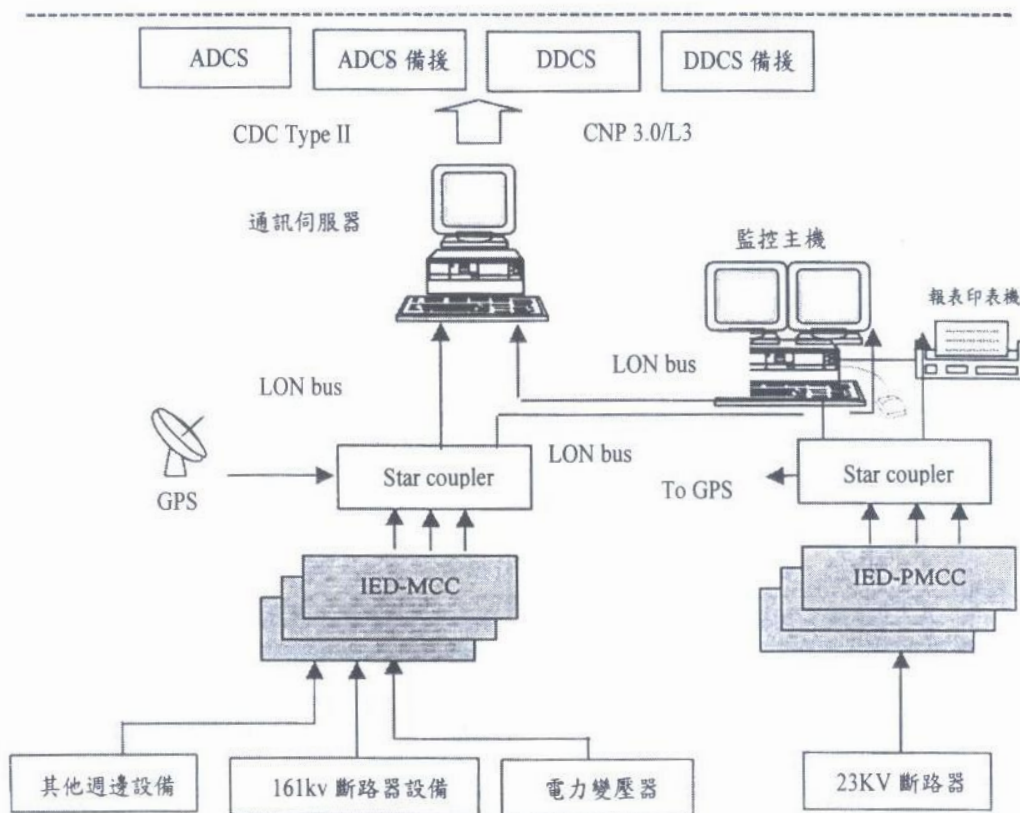
圖一 第一代變電所監控架構（MCSG 型態）



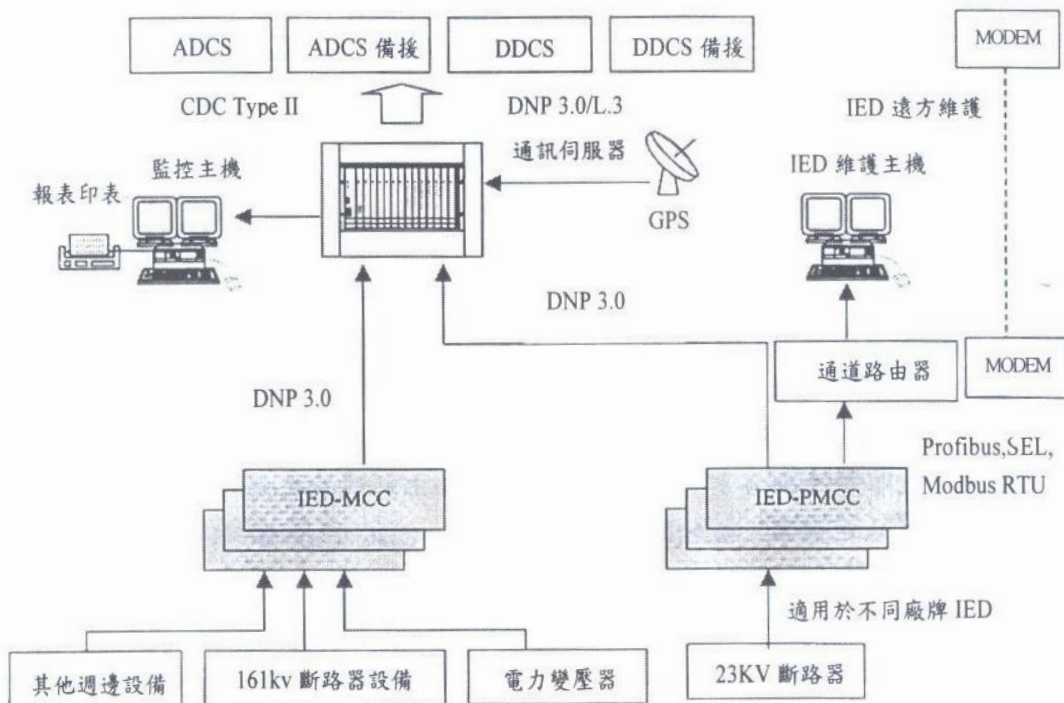
圖二 第二代變電所監控架構（CGIS 型態）



圖三 第三代變電所監控架構-Type A(統包時期)



圖四 第三代變電所監控架構-Type B(統包時期)



圖五 第三代變電所監控架構-Type C(統包時期)

在第三代變電所自動化架構 Type A、B、C 各有其優劣點，其中以 Type C 最為單純，因 PMCC 對上之通訊即分為二個路由，一為開放協定(如 DNP 3.0)，另一為專屬協定(如 SEL、Profibus FMS、Modbus)，避免即時運轉資料與維護資料因上傳資料量過大進而衝突。因此變電所在未來擴充時，新增之 IED 能透過標準

之協定規約整合至既設之通訊伺服器，而維護設定資料則透過通道路由器(通道透空功能)選擇標定之 IED，以進行遠方設定或故障記錄讀取。(筆者曾經嘗試透過通道路由器與不同廠牌 IED 連線並修改其讀取參數設定值或設定值)。表一為架構分析表。

表一

項 目	傳統集中式(RTU)架構	分散式(IED)架構
1.硬體	多種設備選用，RTU，電力轉換器，電表，集中控制盤等	IED 單一化，分為二類:MCC，PMCC (保護、量測、控制、通訊集為一體)
2.資料傳送	複雜、傳統集中接線	簡單的光纖或金屬對絞線通訊輸出
3.資料存取	複雜，介面多	資料分散於 IED 及 Local 圖控
4.自我監測	無標準，透過警報器告知	包含於 IED 內，可透過通訊得知故障碼
5.故障記錄	另加系統，複雜成本高	包含於 IED 內，解析度達 1ms 以下
6.通訊設備	由 RTU 負責，在所有配電盤依然採傳統集中配線	配電盤模組標準化，資料之取得可透過規劃取得相關資訊
7.遙控設定與診斷	難以全面達成	包含於系統功能內
8.維護	必須定期維護及校正	IED 具自我診斷功能
9.擴充	需增設多樣設備，器材及複雜接線	無盤化理念，IED 標準化，圖控規劃容易
10.相容性	較單純	系統整合需考量 IED 通訊規約是否符合既設之架構

#### 四、變電所自動化核心-通信伺服器

根據附圖三變電所自動化之整合，主要的運轉核心在於通訊伺服器，其任務對下蒐集來自 IED 運轉即時資料，並根據不同主站所要求之資料可以各別訂定資料庫，以滿足不同主站之需求，並增進通訊效率，根據其特性敘述如下：

##### 1. 通訊伺服器架構

通訊伺服器架構組成主要分為：

- (1) 電源模組
- (2) CPU 中央處理單元(對上主站)

(3) 通訊處理單元(對下整合)

(4) GPS 對時單元(選配)

(5) MODEM 數據機單元

(6) 標準 19 吋基架

##### 2. 通訊協定規約：

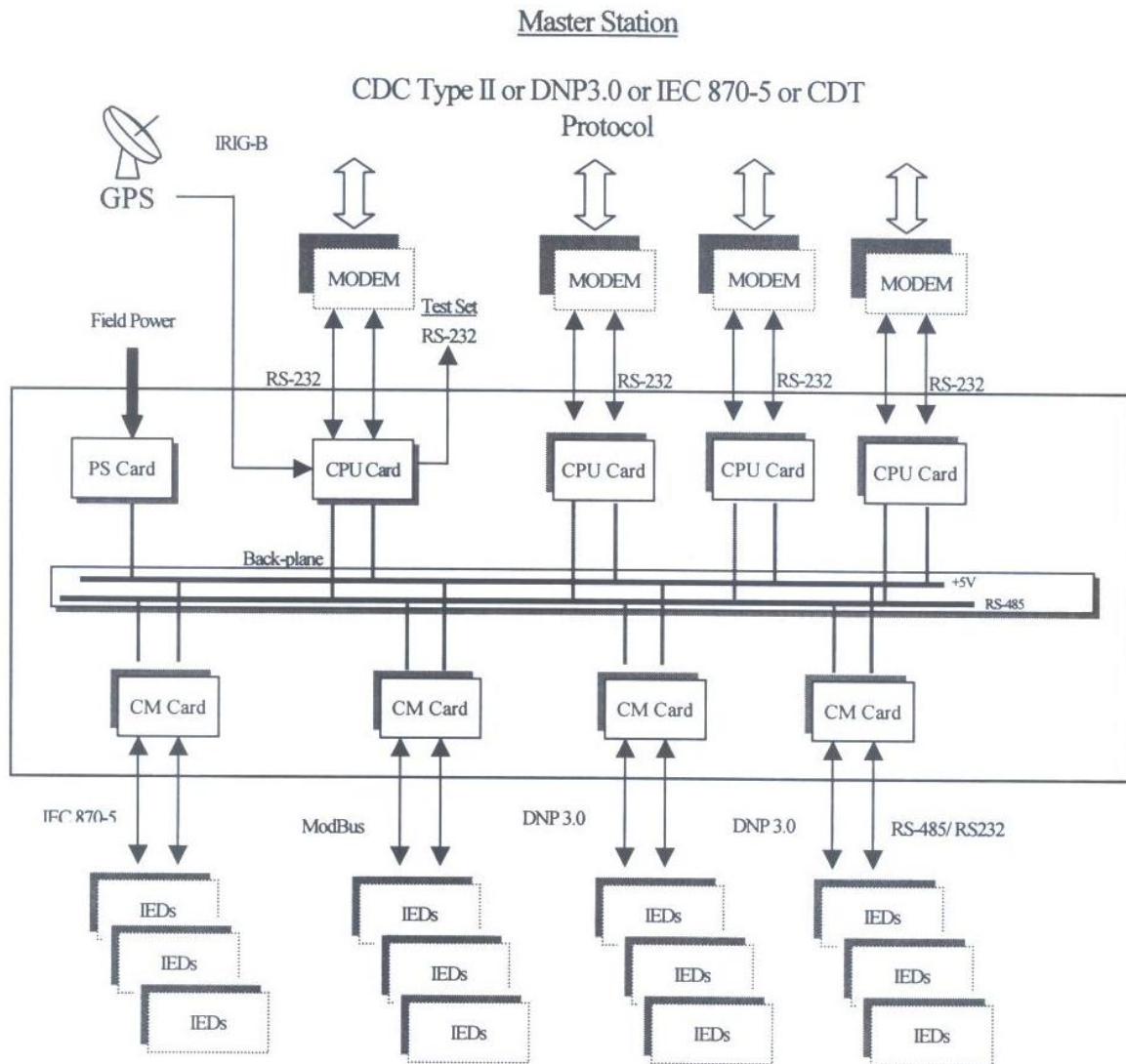
與主站連接之規約：

(1) CDC Type II

(2) DNP 3.0 Level 3

(3) IEC870-5-101

(4) IEC870-5-104



與子站或 IED 連接之規約：

- (1) CDC Type II
- (2) DNP 3.0
- (3) Modbus RTU
- (4) IEC870-5-101
- (5) IEC870-5-103

現行台電在主站所採用的通信規約有二種：CDC Type II 及 DNP3.0 Level 3，此二種協定各有其特色；在 CDC Type II 主要資料區分為 MCD、1 BIT、2 BIT、SOE、A/I、ACC、

CO 等，而 DNP 3.0 主要是採用 Class 的觀念將信號分為 Class 0 和 class 1~3，兩者最大的差別在於 CDC Type II 透過 3x table 訂定傳送之序號 (SEQ.)，輪流地傳送資料，而 DNP 3.0 則採用 index 排序，並以 EVENT REPORT 的方式傳送資料，當狀態有變化或類比超過限值 (DEADBAND) 才回報，此方式特別適用於大量使用 IED 的變電所。而在類比輸入部份已不同於 CDC Type II 只有 12 bit、

2000 count，DNP 3.0 已擴大至 16 / 32 bit，對於累積值(ACC)之資料可以不透過轉換直接傳送至主站。另外在傳輸速度上 CDC Type II 只有 1200、2400 bps，而 DNP 3.0 至少需要 9600 bps 以上。由上述之分析，在未來調度系統會逐步走向 DNP3.0 協定。

### 3. 遠方維護功能：

早期 RTU 資訊末端設備皆具遠方維護功能亦即透過撥接數據機進入 RTU 取得相關資訊，為安全起見 RTU 具有回撥功能機制；當 RTU 接收到遠方撥接信號，透過密碼確認無誤切斷後，再由 RTU 回撥至遠方端進行維護工作，以確保其安全性。

現行變電所自動化亦強調遠方維護功能，在通訊伺服器延續資訊末端站之理念下，IED 遠程作業之主要功能除可作各項參數設定外，並可讀取 IED 事件故障記錄，故障波形等資訊，這些資訊在電力系統發生事故時，只需透過撥接數據線路即可取得，除可加速事件分析判斷，縮短事件處理時間外，另可降低事故影響程度與範圍，提供更為可靠及安全的電力系統。

### 4. 通訊伺服器的分類：

有鑑於各主站需求之不同，通訊伺服器必須特別注意其效能及可靠度。目前通訊伺服器可分為二類，第一類為採用工業級電腦平台，第二類為專屬之控制器(或稱 RTU Head)，由於二者各有特色如附表：

	工業級電腦	專屬之控制器
電源	AC110/220V	AC/DC 皆可
CPU	Intel	Intel, Motorola
記憶體	硬碟, 或 flash disk	Flash RAM
作業系統	Windows, Linux	Firmware
應用軟體	專屬軟體	專屬韌體
PLC Ladder 功能	採用高階語言	可採用 ladder 或 IEC61131-3
數據機	需外接搭配	配合整體搭配
MTBF	5 年	10 年以上

由上表之分析各有其優劣點，但基本上必須考量於使用之環境及需求，因為目前變電所值班正朝向無人化之目標邁進，在有限人力情況下，如何提高其可靠度有其重要性。

### 5. 時間同步功能

為分析事件，事件紀錄的解析度是很重要的，早期主站對 RTU 時間同步為 +/-2ms，每一事件解析度須達 1ms。如今變電所自動化架構的改變，IED 的時間同步有二類，第一類透過調度控制中心下達時間同步命令來實現時間同步，第二類是現場裝設 GPS 衛星同步時間裝置，直接同步各個 IED 或通訊伺服器，當時間同步源消失時，通訊伺服器亦能維持時間精度達 2 ppm。

### 6. PLC Ladder 功能

配合變電所全黑操作需求和其他順序控制或閉鎖功能，通訊伺服器大部分透過中央處理單元 (CPU) 執行 ladder 或方塊圖來實現資料庫的連鎖控制功能。目前時下使用大都以 IEC61131-3 為其標準，促使設計單位或維護人員能於短期內了解其運轉邏輯性。

## 7. 運轉環境要求

早期自動化系統較為簡單，而隨著時代進步而陸續增設電力轉換器、資訊末端設備等，為能安全穩定運轉，在環境條件要求方面亦轉趨嚴格；如今隨著科技的進步，IED 現場運轉溫度可達攝氏 55 度，因此變電所內通訊伺服器運轉時，必須考慮到下列之標準：

- -25°C ~ 70°C operating temperature
- 10% ~ 95% RH operating humidity
- SWC Test : ANSI/IEEE C37.90.1-1989 3KV Oscillatory & 5KV Fast Transient Test , IEC 255-22-1 Class III & IEC 255-22-4 Class IV (IEC 801-4) Test
- Impulse Test : IEC 255-5 1.2\*50  $\mu$ s 5KV Impulse Test
- Dielectric Strength : ANSI/IEEE C37.1-1979 / IEC 255-5 (AC 2000V, 1min. / DC2000V, 1min.)
- ESD Test : IEC 255-22-2 Class III (IEC 801-2) Test
- RFI Test : IEC 255-22-3 Class III Test
- SHOCK Test : IEC 255-21-2 Class I Test

## 五、變電所運轉資料與維護資料之探討

面對變電所為數不少的 IED，運轉人員通常會碰到下列問題而必須加以整合：首先碰到的是運轉資料的即時性，依序為重要警報能否於規定時間內回應，控制命令能否於規定之時間輸出，順序事件能否準確記錄動作時間等。IED 蒐集之資料一般可分為運轉即時資料及維護資料。

1. IED 運轉即時資料，概分為數位輸入 (DI)、類比輸入 (AI)、累積輸入 (ACC)、數位命令輸出 (CO)，在數位輸入點如斷路器狀態，SF6 壓力狀態，電源 NFB 狀態，51/51N 跳脫警報，CB 跳脫線圈警報，DS、ES 狀態等。在類比輸入點如電壓、電流、功率、乏、功因、溫度、TAP 位置等。在累積輸入 (ACC) 如 KWH +/-、VARH +/- 等。在數位命令輸出如斷路器 ON/OFF、51N TAP 使用/閉鎖，79 復閉使用/閉鎖，TAP 升降，DS ON/OFF 等。
2. IED 維護資料屬於非即時性，透過此資訊之分享可以幫助維護人員了解電氣設備歷史運轉記錄如 CB 動作次數、CB 動作時間、斷路器電弧電流值(接點損耗判定)、以及各項保護參數之設定、電驛動作值、故障波形等等。
3. 自動化變電所不同於傳統之變電所，除 IED、通訊伺服器外，取代傳統控制盤之本地圖控主機也是要角，但如何與現行組織契合俾將電驛與電算權責明確分工以及日後擴增配電變電所時如何整合不同廠牌 IED，除了圖控系統提供廠應忠實考量外，運轉及維護單位也應週延審思。個人認為在保護信息傳輸協定未相容或明定前，宜將本地主機系統分為專管即時性的運轉監控機及專司非即時性的保護電驛 IED 維護機應是最兼容的選擇。

## 六、現場圖控系統功能

由於現行一次配電變電所在配置上，一樓為 161KV GIS，電力變壓器三樓為 23KV CGIS，四樓為控制室，再者配合無

盤化之需求，控制室除了線路保護配電盤及變壓器控制盤外，所有現場的控制完全集中於現場圖控系統。

圖控主要功能除了傳統 SCADA 標準功能外，尚有 IED 參數設定、故障記錄讀取等功能。目前 IED 大部份皆有預知保護之功能，能於平時電力設備動作時即取得相關運轉資訊，該資訊主要是提供給巡檢維護人員參考，以適時提出維護計畫，藉以降低停電次數。有鑑於此，現場圖控系統可以將此資訊分享之。

圖控系統主要功能有：

1. 資料收集與處理
2. 警報監視控制
3. 遙測控制
4. 週期性報表與統計
5. 順序事件記錄
6. 即時及歷史趨勢圖
7. IED 參數設定
8. IED 故障記錄讀取及分析
9. 預知保養分析

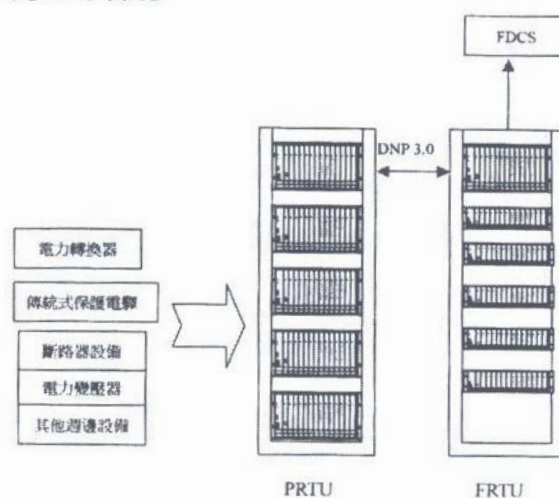
## 七、變電所自動化未來擴充性及相容性考量

目前變電所新建之部份佔總容量三分之二或二分之一，很明顯的在未來擴充之部份，IED 資訊的整合格外重要；因為未來除擴充電力設備外，現場圖控系統、通訊伺服器必須將 IED 納入整合，否則運轉即時資料就無法順利導入調度系統，因此在規畫上必須注意此要點，另外在整合的效能及可靠性方面亦是考慮之重點。

除了以上所述各點外，在擴充 IED 時必須考慮新舊兼容之問題，否則往往必須增設第二管道才能順利取得相關資訊。

## 八、變電所自動化與饋線自動化前瞻性

人們隨著商業活動頻繁及生活水平的提高，用電需求是逐年攀升，為降低事故停電時間，提高客戶滿意度，饋線自動化之推行是下一階段用電品質的提昇重點；現行變電所與饋線自動化整合以從傳統硬體線路取樣取而代之以通訊的整合，如附圖五可以明顯省下大量的器材、測試及空間，在日後備品的準備及維護都大大降低使用者負擔。



## 九、結論

電力的品質來自客戶需求，國家的經濟競爭力，源自可靠的供電品質，也因此變電所自動化不僅只及於新設變電所，既設的變電所亦可透過汰換逐步跟上腳步；隨著自動化快速的發展，加速 IED 全面使用及變電所自動化的效益，可以節省很多人力，相對增加了運轉效率。維護人員於平時巡檢變電所時，透過現場圖控系統瞭解報表記錄或相關警報訊息，以預知設備運轉狀況，能於短時間內了解電力設備運作情形，進而達到預知保養之需求。要達此目標，全系統單一相容性的通訊協定明確化、IED 與通訊伺服器資料庫訂定規則化、資料庫檔案存管條理化以及運維人員技能養成提昇熟練化等均是不可或缺的。