

# 靜態同步補償器(STATCOM)之保護及保護電驛應用技術

## 壹、目的：

雖然靜態同步補償器(STATCOM: STATic synchronous COMpensator)及靜態虛功補償器(SVC: Static Var Compensator)在國外應用已將近三十年，但因其初期技術尚未成熟且造價昂貴，本公司一直沒有引進。

惟本公司委託日本東京電力公司進行「The study on STATCOM Installation In Taipower System」研究，在 2008 年 5 月期末報告中指出在台電系統中安裝 STATCOM 可有效避免電壓崩潰及解決暫態穩定度的問題。

故本公司第七輪變電計畫預定在龍潭（北）E/S 興建  $\pm 150\text{MVA}$  的 STATCOM、在鳳林 E/S 興建  $\pm 100\text{MVAR}$  的 SVC 及在台東 P/S 興建  $\pm 200\text{MVAR}$  的 SVC。

另 IEC 61850 通訊協定為數位式保護電驛之最新應用技術，本公司未來採購數位式保護電驛勢必引進該技術。

因此本次出國實習 STATCOM 與 SVC 之保護及 IEC 61850 應用技術，期將來本公司引進該新技術時，能一步到位。

## 貳、過程：

本次出國實習靜態同步補償器(STATCOM)之保護及保護電驛應

用技術之行程及工作紀要列示如下：

日期	起訖地點	工作紀要
99/06/20~99/06/21	台北~瑞典斯德哥爾摩	往程
99/06/22~99/06/23	瑞典 ABB 公司	靜態同步補償器(STATCOM)之保護及保護電驛應用技術
99/06/24	瑞典斯德哥爾摩~德國柏林	行程
99/06/25~99/06/26	德國柏林 SIEMENS 公司	保護電驛應用技術研討、參訪電驛工廠
99/06/27	德國柏林~德國紐倫堡	行程
99/06/28~99/06/29	德國紐倫堡 SIEMENS 公司	靜態同步補償器(STATCOM)之保護及 IEC 61850 應用技術，並參觀變電所，29 日結束後前往法蘭克福(宿)
99/06/30~99/07/01	德國法蘭克福~台北	返程

## 參、靜態同步補償器(STATCOM)之保護：

STATCOM/SVC 之有兩種保護，一種是 STATCOM/SVC 廠家提供的 STATCOM/SVC 本體保護、量測、控制及通訊(PMCC: Protection, Measurement, Control and Communication)系統內含之保護，另一種是針對變壓器(Tr.: Transformer)、閘流體控制電抗器(TCR: Thyristor Controlled Reactor)及閘流體切換電容器(TSC: Thyristor Switched Capacitor)所提供外加電驛之保護。茲分別介紹如下：

### 一、 STATCOM/SVC 本體 PMCC 系統內含之保護：

以 ABB 公司之產品為例，ABB 用來監控其 STATCOM/SVC 之系統叫做” MACH2” ，其為以下幾個字之簡寫：

Modular

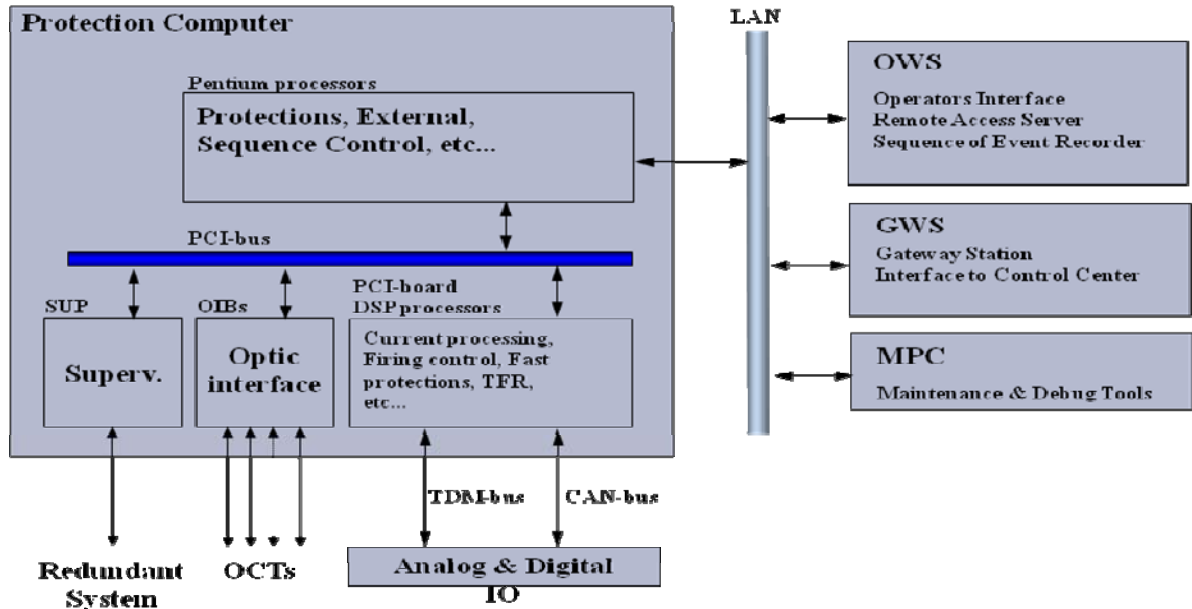
Advanced

Control

H<sub>VDC</sub> and FACTS

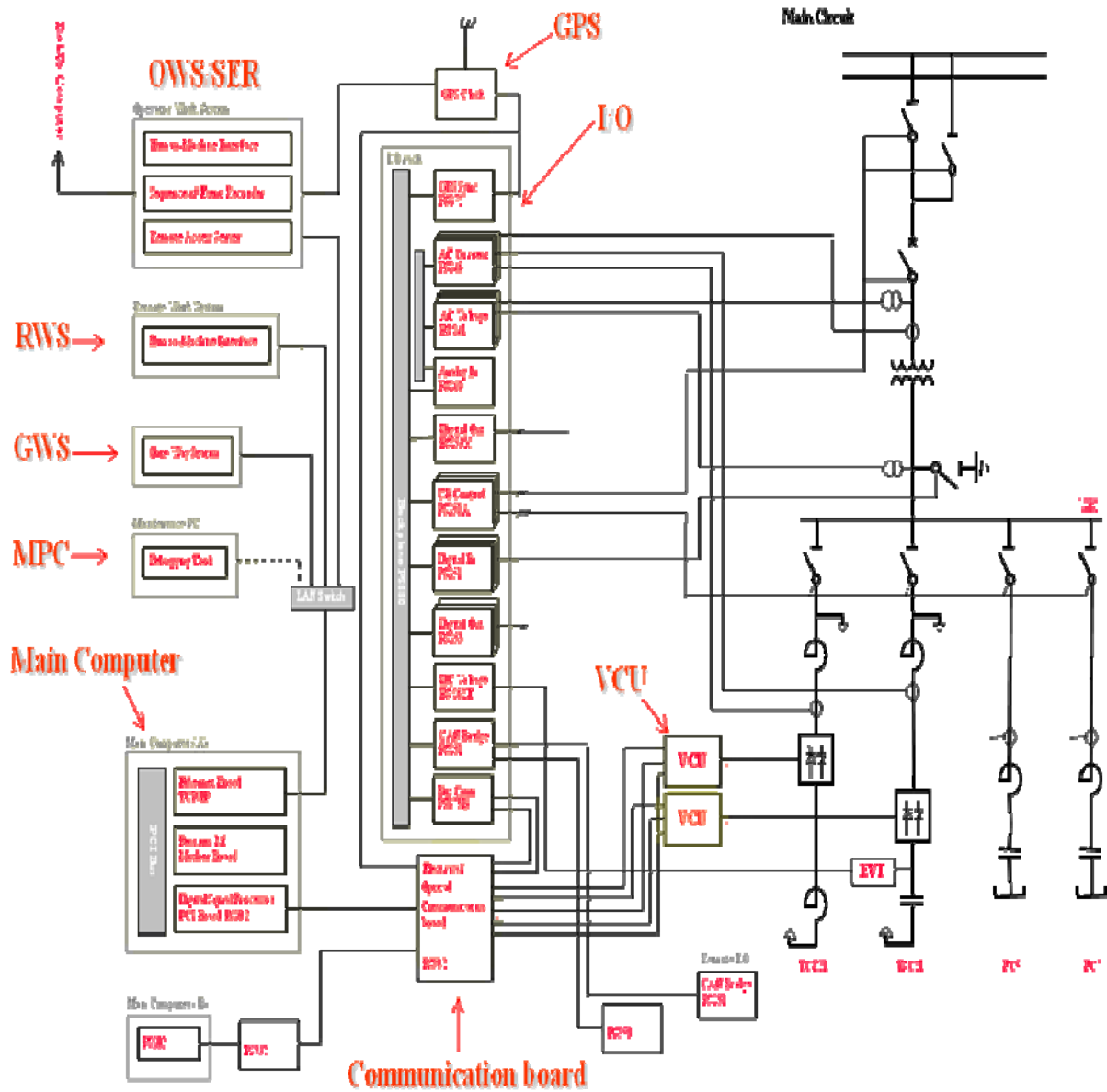
2<sup>nd</sup>.1 edition

其功能方塊圖如下：

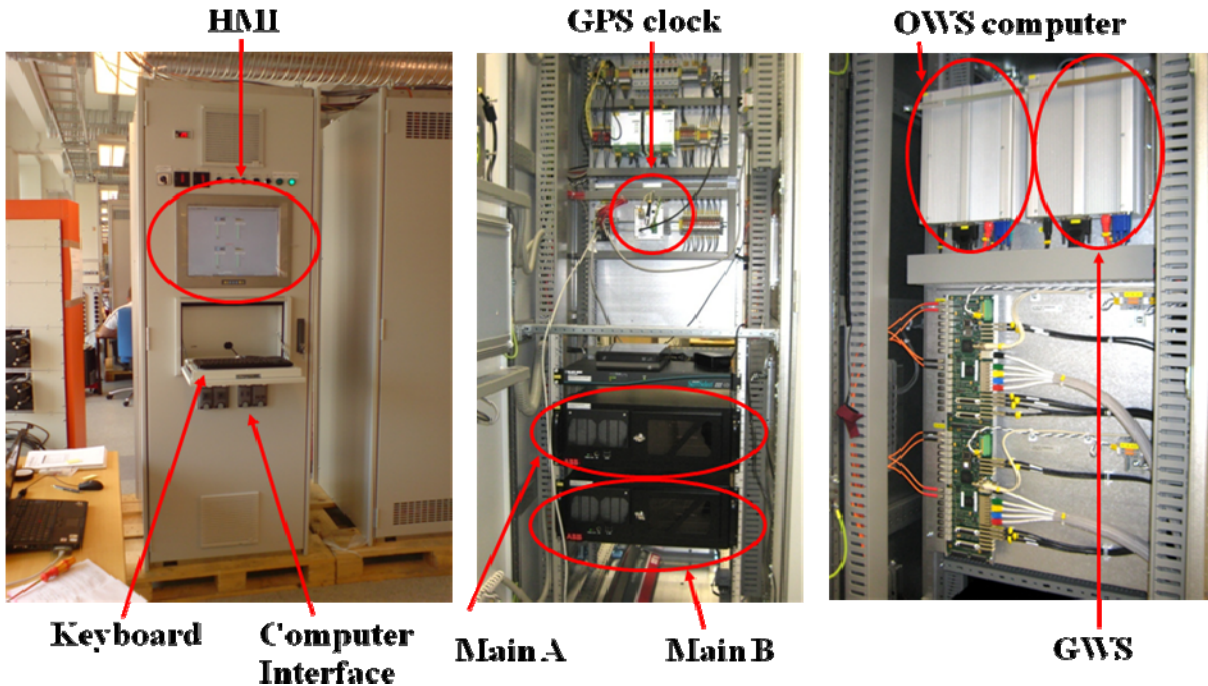


如上圖所示，MACH2 有一台專用的保護電腦，用來保護 STATCOM/SVC 系統。

該系統除引接 STATCOM/SVC 變壓器高低壓側之電壓以進行電壓調整控制外，其亦引接變壓器、閘流體控制電抗器、閘流體切換電容器及濾波器各支路之電流，故可對各設備進行監視、控制與保護，其系統圖如下圖所示：



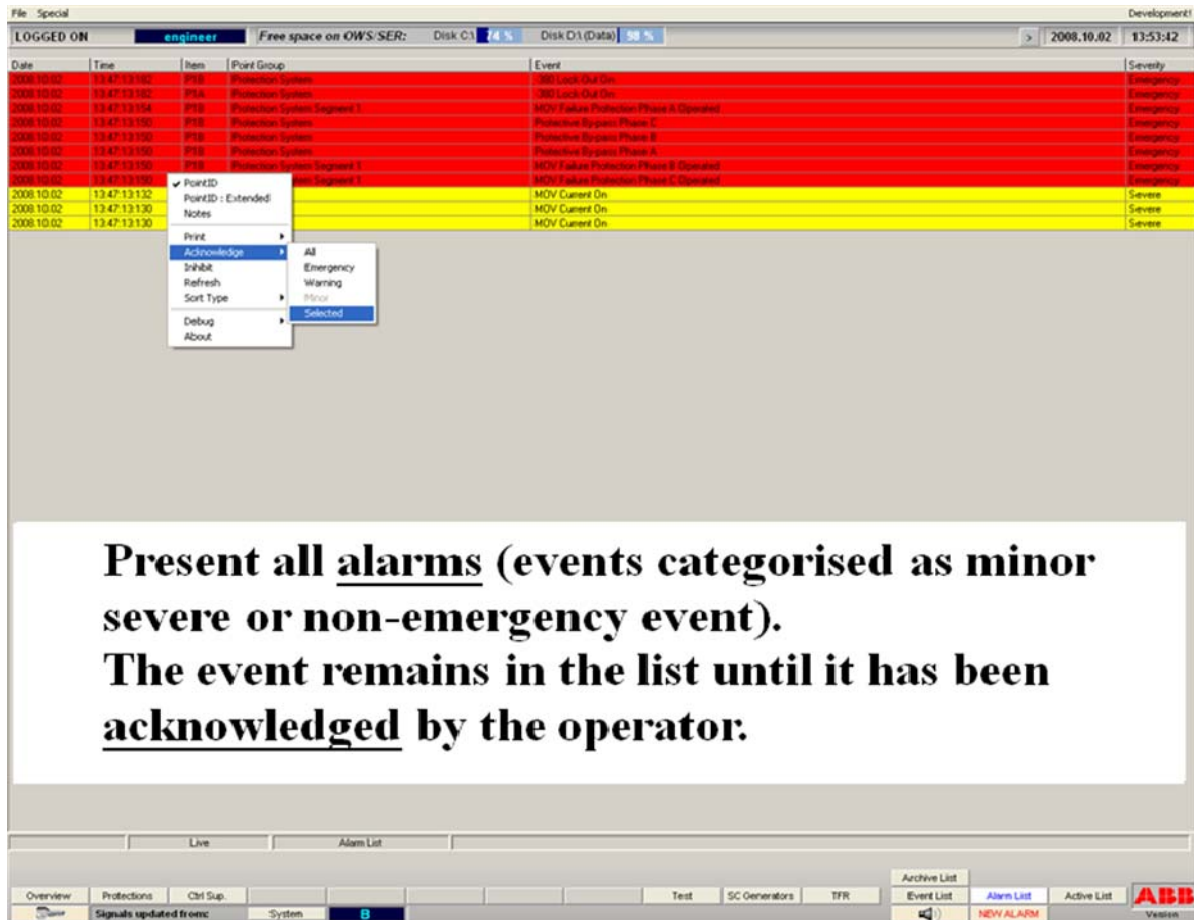
其監控系統之盤面可安裝在控制室或貨櫃屋內，該系統有提供螢幕及鍵盤做為人機介面，盤面圖如下圖所示：



MACH2 系統亦有事件順序記錄的功能，且針對事件的嚴重程度，還會標上不同顏色，以資區別，如下圖所示：

Date	Time	Sys	Item Designation	Event	Severity
2007 01 02	07:13:54:667	A	SVC Control	SVC Start Sequence Active	N
2007 01 02	07:13:54:667	A	SVC Control	SVC Start Order	N
2007 01 02	07:13:54:673	A	SVC Control	Cooling System Start Order	N
2007 01 02	07:13:54:767	A	=E1	Cooling System Ready	N
2007 01 02	07:13:54:767	A	=E1	Pump 1 Running	N
2007 01 02	07:13:54:769	A	SVC Control	Cooling System OK	N
2007 01 02	07:13:56:018	A	=Circuit Breaker 52-52	Switch Close Order	N
2007 01 02	07:13:56:018	A	=Circuit Breaker 52-51	Switch Close Order	N
2007 01 02	07:13:56:034	A	=Circuit Breaker 52-51	Switch in Closed Position	N
2007 01 02	07:13:56:034	A	=Circuit Breaker 52-52	Switch in Closed Position	N
2007 01 02	07:13:56:053	A	SVC Control	SVC Mvar Output Limiter Operated	N
2007 01 02	07:13:56:107	A	+VCU 1 B9 (VCU TSC21)	THM ON/OFF Order Failure	W
2007 01 02	07:13:56:107	A	+VCU 1 B16 (VCU TSC22)	THM ON/OFF Order Failure	W
2007 01 02	07:13:56:119	A	+VCU 1 B2 (VCU TCR21)	THM ON/OFF Order Failure	W
2007 01 02	07:13:58:063	A	SVC Control	SVC Mvar Output Limiter Reset	N
2007 01 02	07:13:58:741	A	HMI	New TFR record created	N
2007 01 02	07:13:59:078	A	HMI - OWS	Operator Operator logged On from consol 1	N
2007 01 02	07:14:01:351	A	SVC Control	SVC Started	N
2007 01 02	07:14:44:687	A	=E1	By-pass Valve, Min Cooling Off	N
2007 01 02	07:14:57:173	A	HMI	New TFR record created	N
2007 01 02	07:15:27:755	A	=E1	Cooling System Not Ready	N
2007 01 02	07:15:27:755	A	=E1	CANopen buscoupler Node 2 Normal	N
2007 01 02	07:15:27:755	A	=E1	CANopen buscoupler Node 1 Normal	N
2007 01 02	07:15:27:755	A	=E1	Cooling System in Manual Mode	N
2007 01 02	07:15:27:757	A	SVC Control	Cooling System Not Ok	N
2007 01 02	07:15:34:759	A	=Circuit Breaker 52-52	Switch Trip Order	N
2007 01 02	07:15:34:758	A	=E1	Cooling System Temperature High	E
2007 01 02	07:15:34:758	A	=E1	Cooling System Flow Low	E
2007 01 02	07:15:34:759	A	=Circuit Breaker 52-51	Switch Trip Order	N
2007 01 02	07:15:34:765	A	=Circuit Breaker 52-52	Switch Open Order	N
2007 01 02	07:15:34:765	A	=Circuit Breaker 52-51	Switch Open Order	N
2007 01 02	07:15:34:794	A	=Circuit Breaker 52-51	Switch in Open Position	N
2007 01 02	07:15:34:795	A	SVC Control	SVC Stop Sequence Active	N
2007 01 02	07:15:34:832	A	=Circuit Breaker 52-52	Switch in Open Position	N
2007 01 02	07:15:34:867	A	+VCU 1 B2 (VCU TCR21)	THM ON/OFF Order Normal	N
2007 01 02	07:15:34:867	A	+VCU 1 B9 (VCU TSC21)	THM ON/OFF Order Normal	N
2007 01 02	07:15:34:867	A	+VCU 1 B16 (VCU TSC22)	THM ON/OFF Order Normal	N
2007 01 02	07:15:37:010	A	=Circuit Breaker 52-51	Switch Open Order	N
2007 01 02	07:15:37:010	A	=Circuit Breaker 52-52	Switch Open Order	N
2007 01 02	07:15:37:325	A	HMI	New TFR record created	N
2007 01 02	07:15:49:687	A	=E1	By-pass Valve, Max Cooling On	N
2007 01 02	07:16:35:090	A	SVC Control	Cooling System Stop Order	N
2007 01 02	07:16:35:448	A	=E1	Pump 1 Stopped	N
2007 01 02	07:16:35:456	A	SVC Control	SVC Stopped	N
2007 01 02	07:16:35:884	A	HMI	New TFR record created	N
2007 01 02	07:16:35:968	A	=E1	By-pass Valve, Max Cooling Off	N
2007 01 02	07:17:01:968	A	=E1	By-pass Valve, Min Cooling On	N

此外，MACH2 亦提供一畫面，將所有輕警報(Alarm，指系統出現輕微異常，但不影響繼續運轉)集中在一個畫面，一目了然，如下圖所示：



另亦有重警報(Fault，指系統出現嚴重異常，無法繼續運轉)之畫面，如下圖所示：

**Presents all present faults (events categorised as major severe or emergency event).  
The event remains in the list until the fault is cleared.**

而且 MACH2 還有暫態故障記錄器(TFR: Transient Fault Recorder)的功能，該功能之規格如下：

記錄最大長度：10000 個取樣點

快速響應故障記錄器：

取樣間隔 200 微秒(即取樣率為 5kHz)

可記錄長度：2 秒

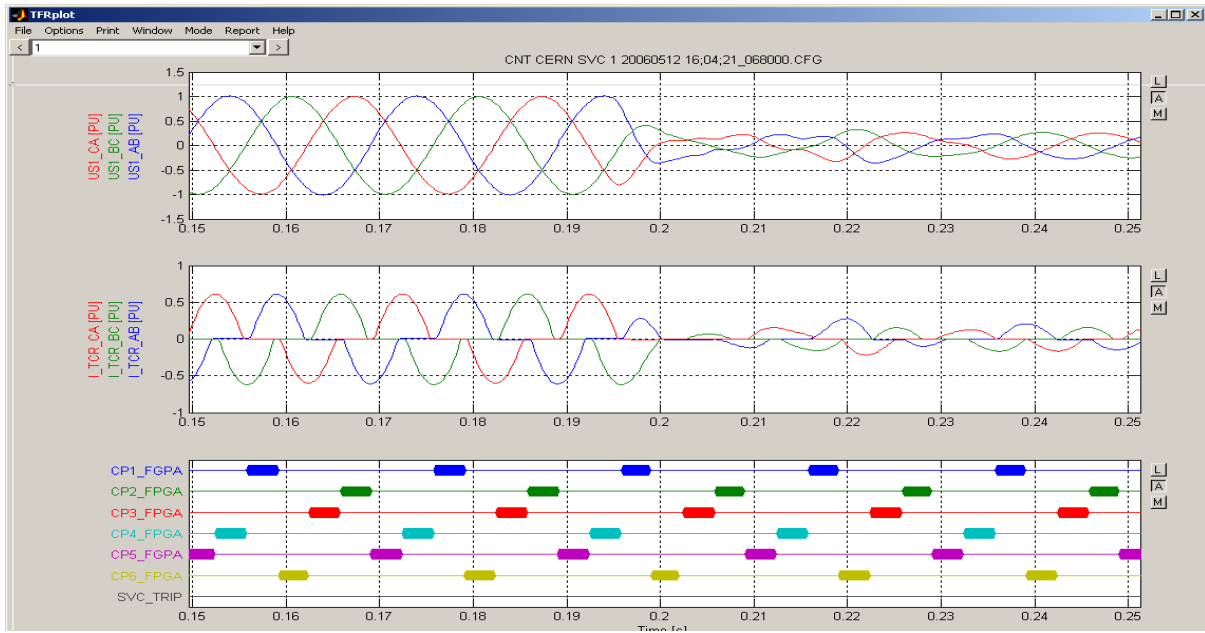
中速響應故障記錄器：



取樣間隔 1~1000 毫秒(即取樣率為 1k~1Hz)

可記錄長度：10~10000 秒

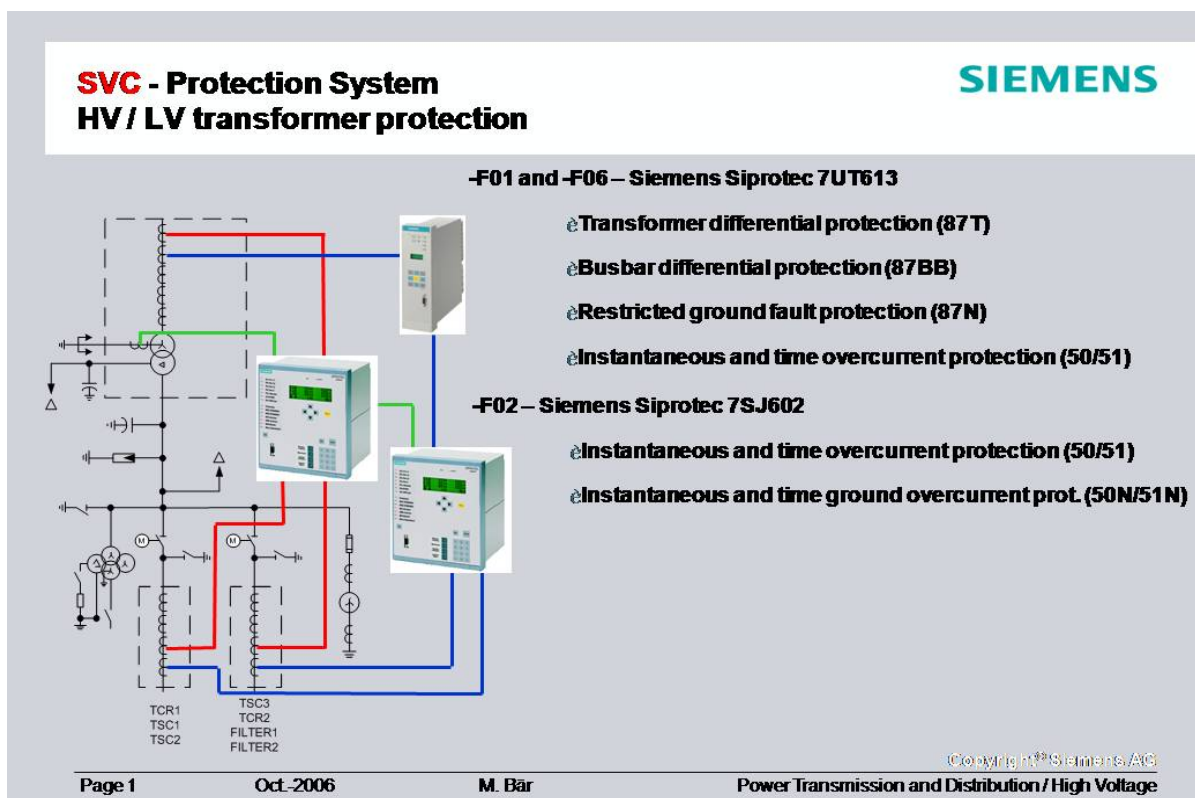
MACH2 之暫態故障記錄範例如下圖所示：



## 二、 針對 Tr., TCR, TSC 及 Filter 所提供外加電驛之保護：

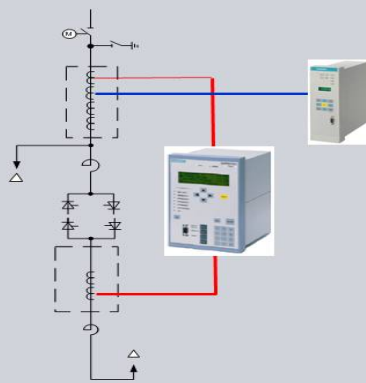
以 SIEMENS 公司提供之規劃為例，除了 STATCOM/SVC 本身監控保護系統外，SIEMENS 亦針對 STATCOM/SVC 之變壓器(Tr.)、閘流體控制電抗器(TCR)、閘流體切換電容器(TSC)及濾波器(Filter)提供外加電驛保護。

SIEMENS 規劃之變壓器保護，如下圖所示：



SIEMENS 規劃閘流體控制電抗器之保護，如下圖所示：

**SVC - Protection System**  
**TCR protection**



**SIEMENS**

**-F11 and -F51 – Siemens Siprotec 7UT612**

- Differential protection (87)
- Thermal overload protection (49)
- Time overcurrent protection (51)

**-F12 and -F52 – Siemens Siprotec 7SJ602**

- Instantaneous and time overcurrent protection (50/51)
- Instantaneous and time ground overcurrent prot. (50N/51N)
- Negative phase sequence protection (46)

Copyright © Siemens AG

Page 3

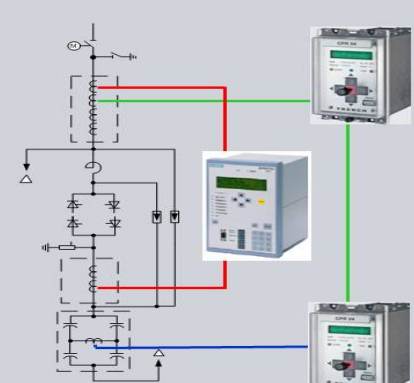
Oct-2006

M. Bär

Power Transmission and Distribution / High Voltage

SIEMENS 規劃閘流體切換電容器之保護，如下圖所示：

**SVC - Protection System**  
**TSC protection**



**SIEMENS**

**-F21, -F31 and -F41 – Siemens Siprotec 7UT612**

- Differential protection (87)
- Thermal overload protection (49)
- Time overcurrent protection (51)

**-F22, -F32 and -F42 – Trench CPR04**

- Time overcurrent protection (50/51)
- Time ground overcurrent protection (50N/51N)
- Overvoltage protection function (59)
- Thermal overload protection function (49)
- Negative phase sequence protection function (46)

**-F23, -F33 and -F43 – Trench CPR04**

- Capacitor unbalance protection (60C)

Copyright © Siemens AG

Page 2

Oct-2006

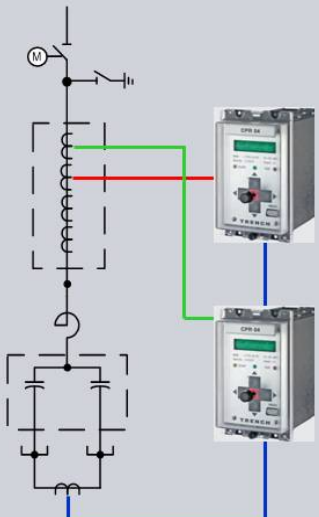
M. Bär

Power Transmission and Distribution / High Voltage

SIEMENS 規劃濾波器之保護，如下圖所示：

**SVC - Protection System**  
**FILTER protection**

**SIEMENS**



**-F62, -F63, -F72 and -F73 – Trench CPR04**

- **Time overcurrent protection (50/51)**
- **Time ground overcurrent protection (50N/51N)**
- **Overvoltage protection (59)**
- **Thermal overload protection (49)**
- **Negative phase sequence protection (46)**
- **Capacitor unbalance protection (60C)**

Copyright © Siemens AG  
Page 4 Oct-2006 M. Bär Power Transmission and Distribution / High Voltage

另依據 IEEE Std 1031-2000, IEEE Guide for the Functional Specification of Transmission Static Var Compensators 建議，SVC 保護應採用雙重(redundant)保護，而兩套保護允許共用 PT 及 CT。以下是 IEEE Std 1031-2000 建議 SVC 各元件可能需要之保護的清單：

(一)主變壓器：

1. 過電流保護
2. 過熱保護(例如：變壓器油溫、熱點)
3. 差動保護
4. 接地故障保護
5. 氣體積聚保護
6. 突壓電驛

(二)電抗器：

1. 過電流保護

(三)電容器組(或濾波器)：

1. 過電流保護
2. (三相)不平衡保護
3. 中性點不平衡保護

(四)匯流排：

1. 過電流或差流保護
2. 接地故障保護

(五)閘流體閥：

1. 過電流保護
2. 過電壓保護
3. 接頭溫度過高保護

(六)控制系統：

1. 失去控制電源
2. 失去同步訊號(指高壓側 PT 訊號)

## 肆、保護電驛應用技術—IEC 61850 通訊協定：

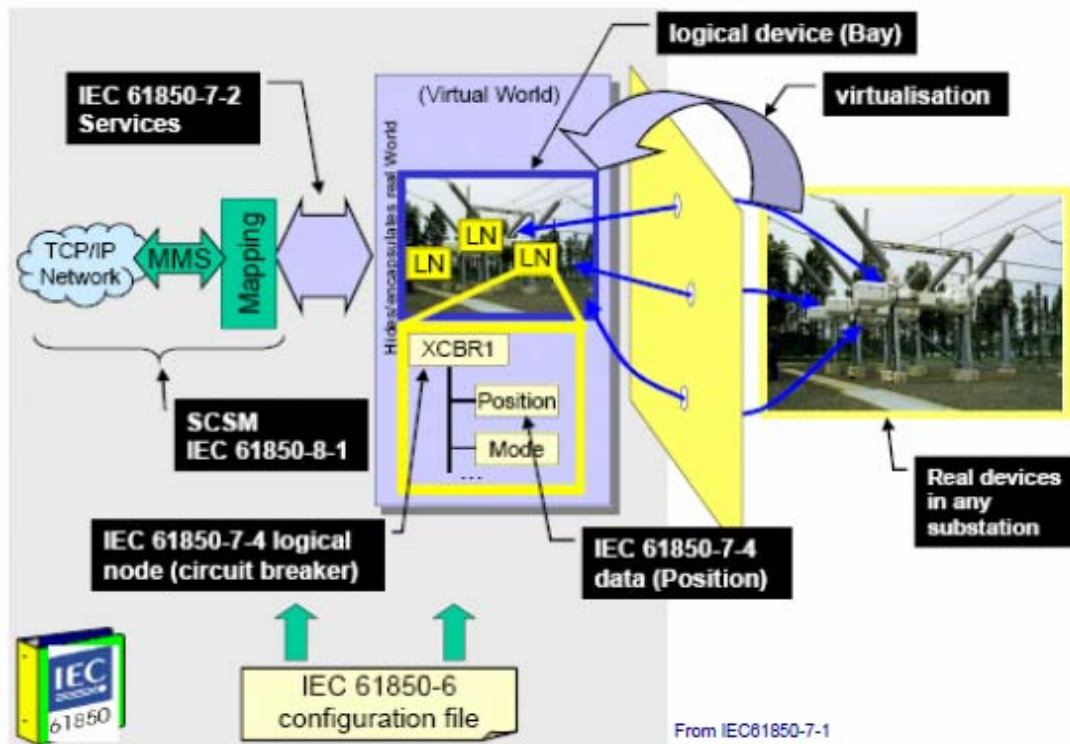
IEC61850 標準之通訊協定主要分為 10 個部份，其中 PART 3~5 主要規範於變電所，一般及特殊功能之通訊需求；摘要通訊服務介面在 PART 7.2 作相關定義及說明；資料物件可在 PART 7.4 獲得解釋及說明；PART 8 主要說明如何對應 MMS(Manufactured Messaging Specifications)製造訊息規範的說明；PART 9 主要規範取樣量測值對應於乙太網路之框架，亦就是程序滙流排(PROCESS BUS)之規範說明；PART 10 最後一個部份主要與其它協定之相容性測試。

Table 1	
Part #	Title
1	Introduction and Overview
2	Glossary of terms
3	General Requirements
4	System and Project Management
5	Communication Requirements for Functions and Device Models
6	Configuration Description Language for Communication in Electrical Substations Related to IEDs
7	Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment
7.1	- Principles and Models
7.2	- Abstract Communication Service Interface (ACSI)
7.3	- Common Data Classes (CDC)
7.4	- Compatible logical node classes and data classes
8	Specific Communication Service Mapping (SCSM)
8.1	- Mappings to MMS(ISO/IEC 9506 – Part 1 and Part 2) and to ISO/IEC 8802-3
9	Specific Communication Service Mapping (SCSM)
9.1	- Sampled Values over Serial Unidirectional Multidrop Point-to-Point Link
9.2	- Sampled Values over ISO/IEC 8802-3
10	Conformance Testing

IEC 61850 將許多裝置分別利用各種英文字母縮寫來代表各設備，並通一稱為邏輯點(logical nodes)，例如自動化控制代表為” A” ，監視控制代表為” C” ，保護代表為” P” ，開關設備代表為” X” 等。

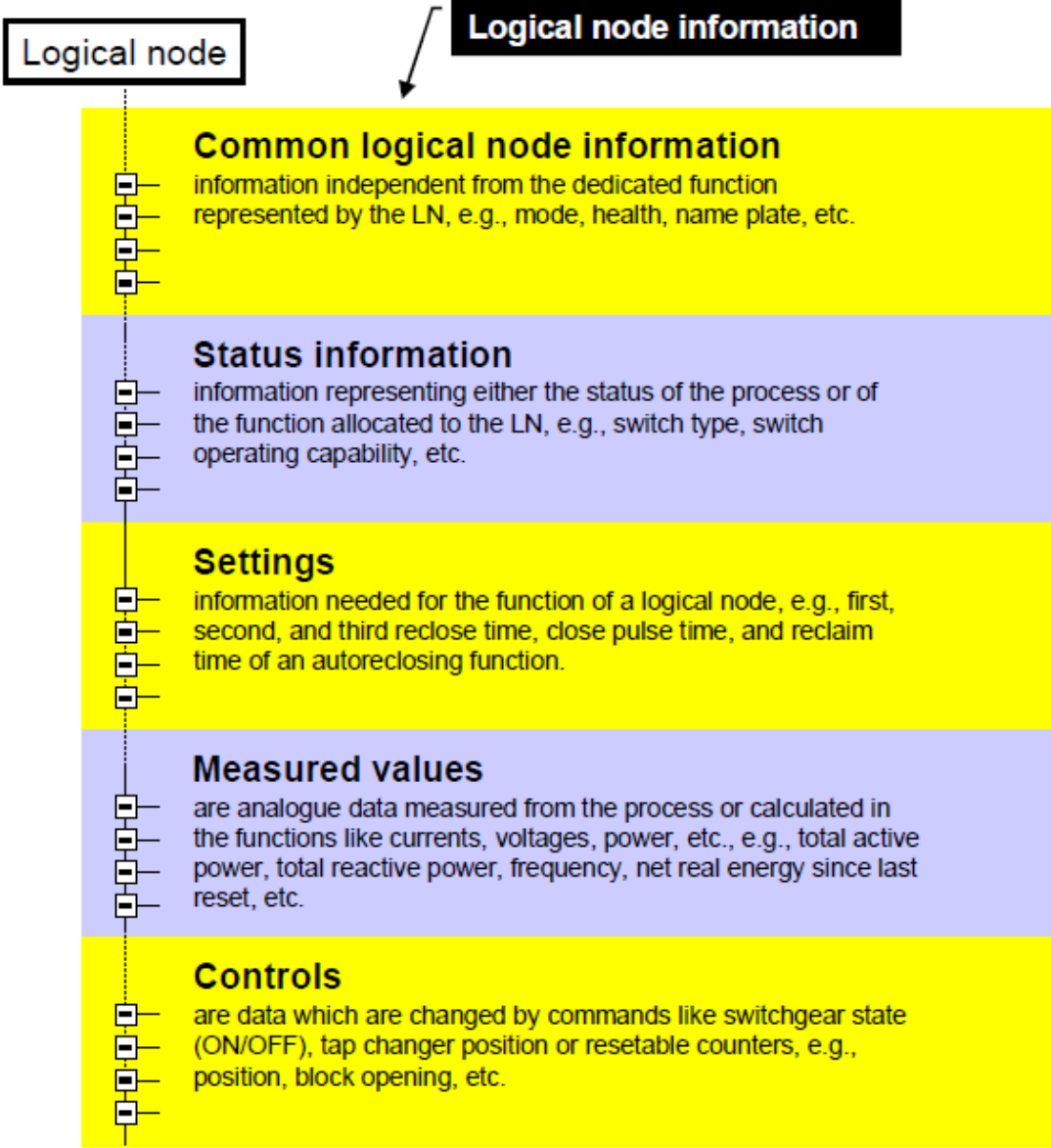
每一個邏輯點，以下通稱 LN，包含一至多個資料元素，每一個資料元素擁有其特有名稱，而這些資料名稱則由 IEC 標準或與電力系統有關之功能，例如斷路器就被定義成 XCBR1 的邏輯點，並且其中包含了各種相關資訊，LOC 就代表該斷路器是在遠端或現場運轉，OpCnt 代表操作次數，Pos 代表位置，BlkOpn 代表閉鎖開啟斷路器命令等。

相關現場設備透過該 IEC 標準將各元件虛擬化，其定義標及對應至實際乙太網路上，如下圖所示：





邏輯點的相關資訊包含了以下幾項，共同邏輯點資訊、狀態資訊、設定、量測值、控制等，如下圖所示：



由 IEC 61850 PART 7.4 對斷路器的邏輯點級別分類中，包含了資料欄位、共同資料級別、敘述及強制/選擇性等，以斷路器 XCBR 的邏輯點來說明如下表所示；其中 DATA NAME 欄位之 LOC 代表位置，其對應的共同資

料級別 SPS 代表為單一狀態，即為遠端或現場操作之狀態，在其敘述欄位有對該意義加以說明。

XCBR class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class (see IEC 61850-7-2)		
<b>Data</b>				
<i>Common Logical Node Information</i>				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
Loc	SPS	Local operation (local means without substation automation communication, hardwired direct control)		M
EEHealth	INS	External equipment health		O
EEName	DPL	External equipment name plate		O
OpCnt	INS	Operation counter		M
<b>Controls</b>				
Pos	DPC	Switch position		M
BlkOpn	SPC	Block opening		M
BlkCls	SPC	Block closing		M
ChaMotEna	SPC	Charger motor enabled		O
<b>Metered Values</b>				
SumSwARs	BCR	Sum of Switched Amperes, resetable		O
<b>Status Information</b>				
CBOpCap	INS	Circuit breaker operating capability		M
POWCap	INS	Point On Wave switching capability		O
MaxOpCap	INS	Circuit breaker operating capability when fully charged		O

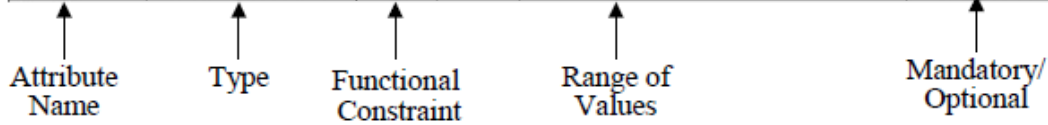
↑
↑
↑
↑

Data Name      Common Data Class      Description      Mandatory/Optional

### Anatomy of Circuit Breaker (XCBR) Logical Node in IEC 61850-7-4

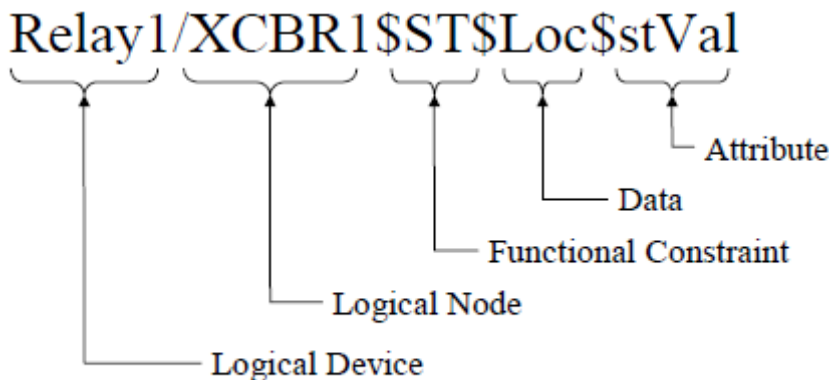
在共同資料級別中有許多英文縮寫，例如 SPS 代表單點狀態，DPS 代表雙點狀態，INS 代表整數狀態等；其中 SPS 級別定義上第一欄位代表修飾名稱，第二欄位代表類型，第三欄代表功能限制，第四欄代表值的範圍，最後一欄代表強制/選擇；以上的定義在 IEC 61850 PART 7.3 有所定義。

SPS class					
Attribute Name	Attribute Type	FC	TrgOp	Value/Value Range	M/O/C
DataName	Inherited from Data Class (see IEC 61850-7-2)				
DataAttribute					
<i>status</i>					
stVal	BOOLEAN	ST	dchg	TRUE   FALSE	M
q	Quality	ST	qchg		M
t	TimeStamp	ST			M
<i>substitution</i>					
subEna	BOOLEAN	SV			PICS_SUBST
subVal	BOOLEAN	SV		TRUE   FALSE	PICS_SUBST
subQ	Quality	SV			PICS_SUBST
subID	VISIBLE STRING64	SV			PICS_SUBST
<i>configuration, description and extension</i>					
d	VISIBLE STRING255	DC		Text	O
dU	UNICODE STRING255	DC			O
cdcNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
cdcName	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
dataNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLN_M



### Anatomy of the Single Point Status (SPS) Common Data Class in IEC61850-7-3

由保護電驛與斷路器所組成的開關檔位(BAY)，其斷路器的狀態位置表示，在 IEC 61850 的語法表示如下所示：

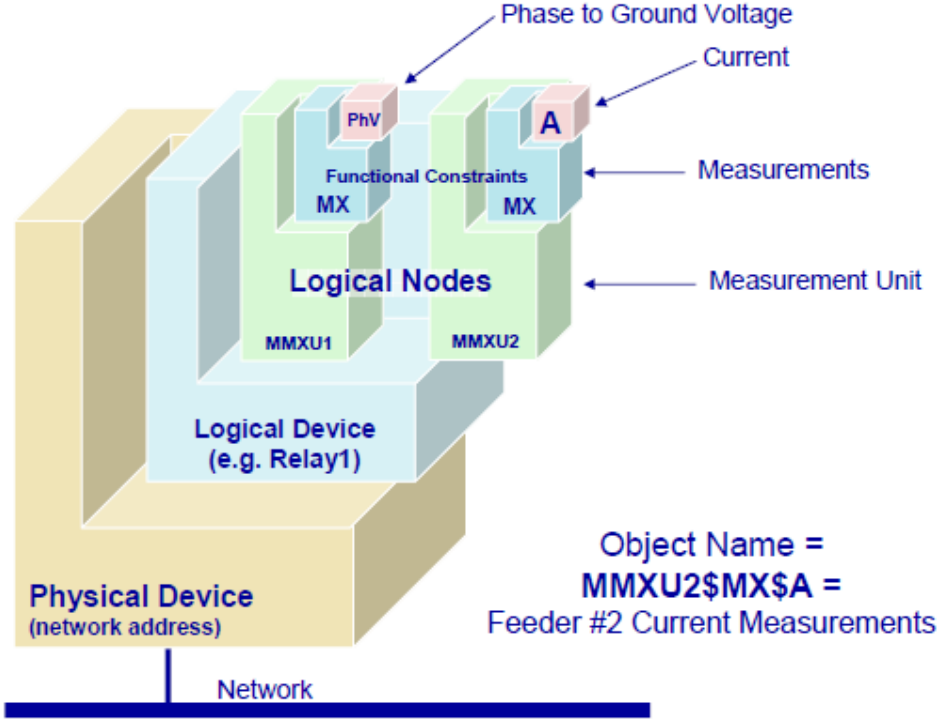


### Anatomy of an IEC61850-8-1 Object Name

經由現場實體裝置經由量測設備的電流值於 IEC61850 的表示其架構與語法如下；其圖代表欲獲得由 IED 保護電驛第二台量測單元的電流值，其

資料名稱表示為 MMXU2\$MX\$A；若欲獲得第一台量測單元的電流值，其語法表示為 MMXU1\$MX\$A。

### IEC61850 Data Model



其相關於 IEC61850 之資料縮寫及代表意義如下表所示：

## IEC61850 Logical Node Groups

Name	Description
Axxx	Automatic Control (4)
Cxxx	Supervisory Control (5).
Gxxx	Generic Functions (3).
Ixxx	Interfacing/Archiving (4).
Lxxx	System Logical Nodes (2).
Mxxx	Metering & Measurement (8).
Pxxx	Protection (28).
Rxxx	Protection Related (10).
Sxxx	Sensors, Monitoring (4).
Txxx	Instrument Transformer (2).
Xxxx	Switchgear (2).
Yxxx	Power Transformer (4).
Zxxx	Other Equipment (15).
Wxxx	Wind (Set aside for other standards)
Oxxx	Solar (Set aside for other standards)
Hxxx	Hydropower (Set aside for other standards)
Nxxx	Power Plant (Set aside for other standards)
Bxxx	Battery (Set aside for other standards)
Fxxx	Fuel Cells (Set aside for other standards)

## Protection Logical Nodes

Name	Description
<b>PDIF</b>	Differential
<b>PDIR</b>	Direction
<b>PDIS</b>	Distance
<b>PDOP</b>	Directional overpower
<b>PDUP</b>	Directional underpower
<b>PFRC</b>	Rate of change of frequency
<b>PHAR</b>	Harmonic restraint
<b>PHIZ</b>	Ground detector
<b>PIOC</b>	Instantaneous overcurrent
<b>PMRI</b>	Motor restart inhibition
<b>PMSS</b>	Motor starting time supervision
<b>POPF</b>	Over power factor
<b>PPAM</b>	Phase angle measuring

## Protection Logical Nodes (cont'd)

Name	Description
PSCH	Protection scheme
PSDE	Sensitive directional earth fault
PTEF	Transient earth fault
PTOC	Time over current
PTOF	Over frequency
PTOV	Over voltage
PTRC	Protection trip conditioning
PTTR	Thermal overload
PTUC	Under current
PTUV	Under voltage
PVOC	Voltage controlled time over current
PVPH	Volts per Hz
PZSU	Zero speed or under speed

## Protection Related Logical Nodes

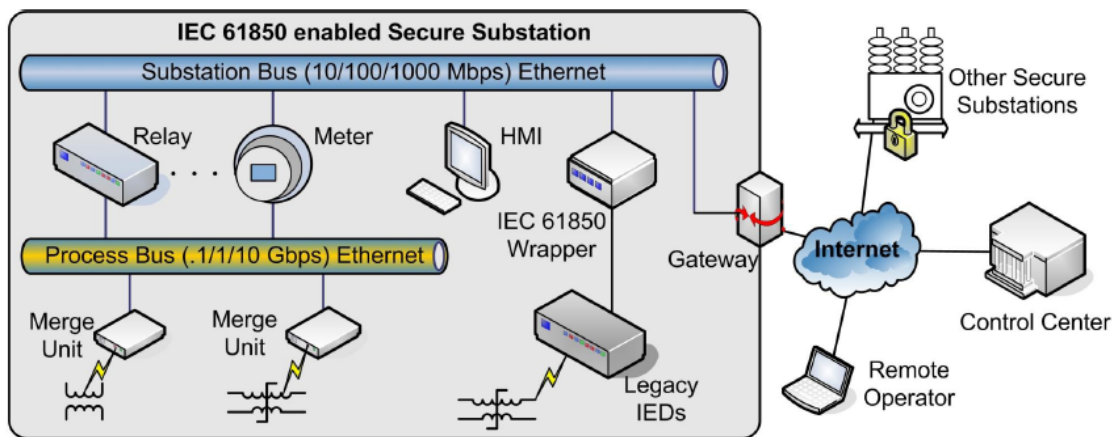
Name	Description
RDRE	Disturbance recorder function
RADR	Disturbance recorder channel analogue
RBDR	Disturbance recorder channel binary
RDRS	Disturbance record handling
RBRF	Breaker failure
RDIR	Directional element
RFLO	Fault locator
RPSB	Power swing detection/blocking
RREC	Auto reclosing
RSYN	Synchronism-check or synchronising

## Common Data Classes

Name	Description
SPS	Single Point Status
DPS	Double Point Status
INS	Integer Status
ACT	Protection Activation
ACD	Directional Protection Activation Info.
SEC	Security Violation Counting
BCR	Binary Counter Reading
MV	Measured Value
CMV	Complex Measured Value
SAV	Sampled Value
WYE	Phase to ground measured values for 3-phase system
DEL	Phase to phase measured values for 3-phase system
SEQ	Sequence
HMV	Harmonic value
HWYE	Harmonic value for WYE
HDEL	Harmonic value for DEL

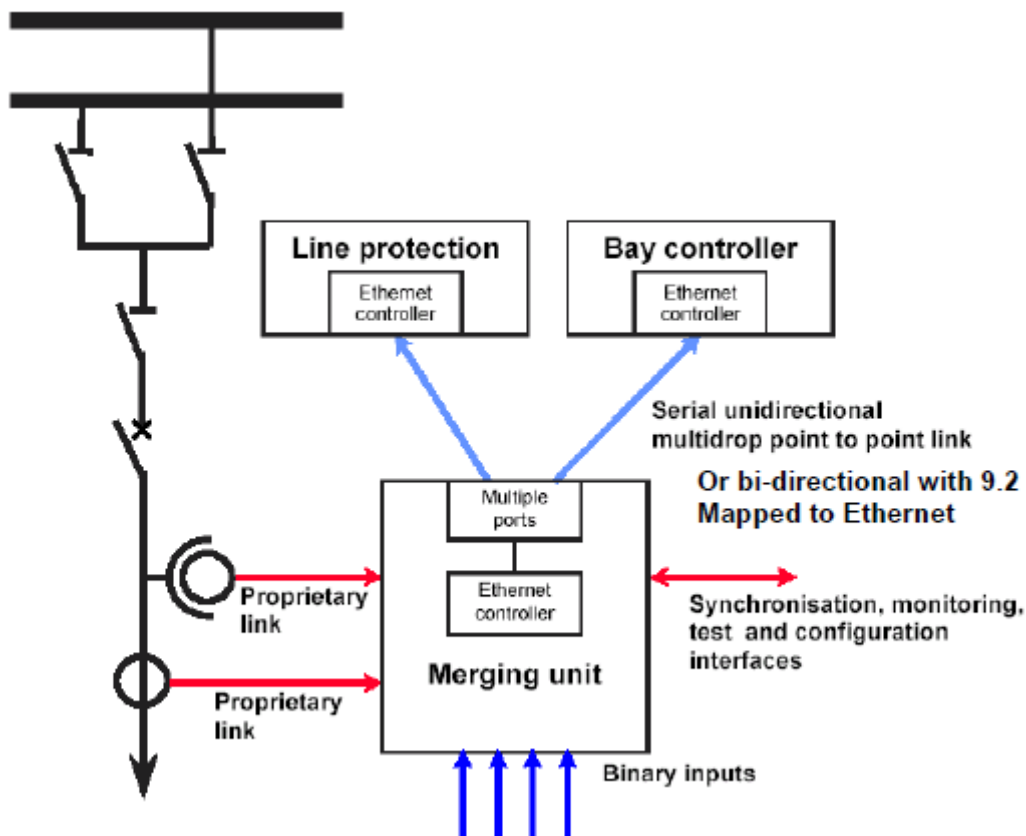
## Functional Constraints

FC Name	Description
ST	Status Information
MX	Measurands (analog values)
CO	Control
SP	Set point
SV	Substituted Values
CF	Configuration
DC	Description
SG	Setting Group
SE	Setting Group Editable
EX	Extended Definition (naming – read only)
BR	Buffered Report
RP	Unbuffered Report
LG	Logging
GO	GOOSE Control
GS	GSSE Control
MS	Multicast Sampled Value (9-2)
US	Unicast Sampled Value (9-1)
XX	Used as wild card in ACSI

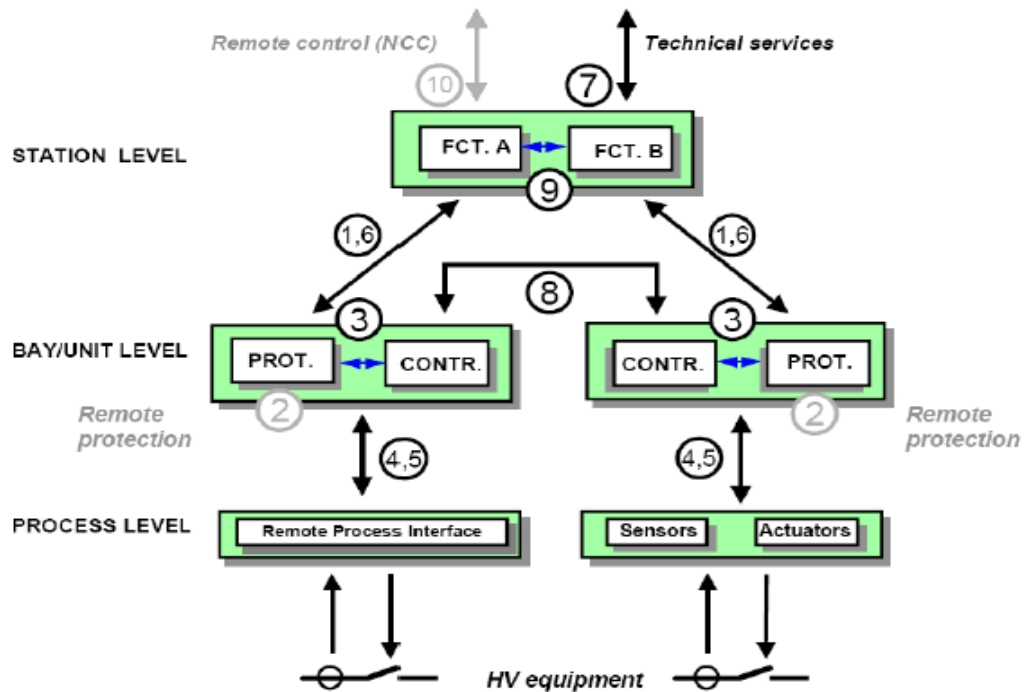


圖為變電所通訊架構，其中分為 PROCESS 及 SUBSTATION 匯流排，對於外部操作者及遠端控制中心可透過 ACSI(Abstract communication service interface)摘要通訊服務介面來控制及獲得資訊於變電所的設備，這在 IEC 61850 中的 PART 7.2 有所定義及說明，變電所匯流排連結所有 IED 電驛，基於一個中頻宽的乙太網路，除了傳送 ACSI 需求/反應外，並且發送類屬變電所事件訊息(GSE,其中包含 GOOSE 及 GSSE,前者為資料集，後者為狀態)；而 PROCESS BUS 如下圖所示：

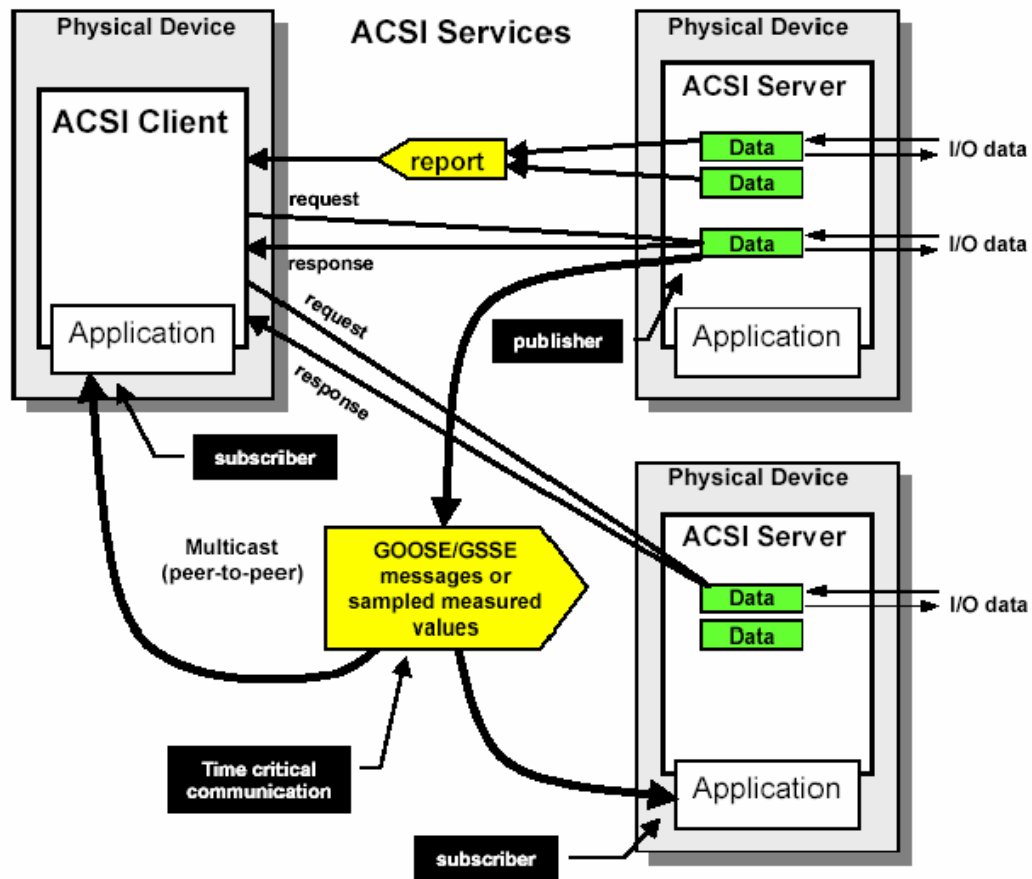




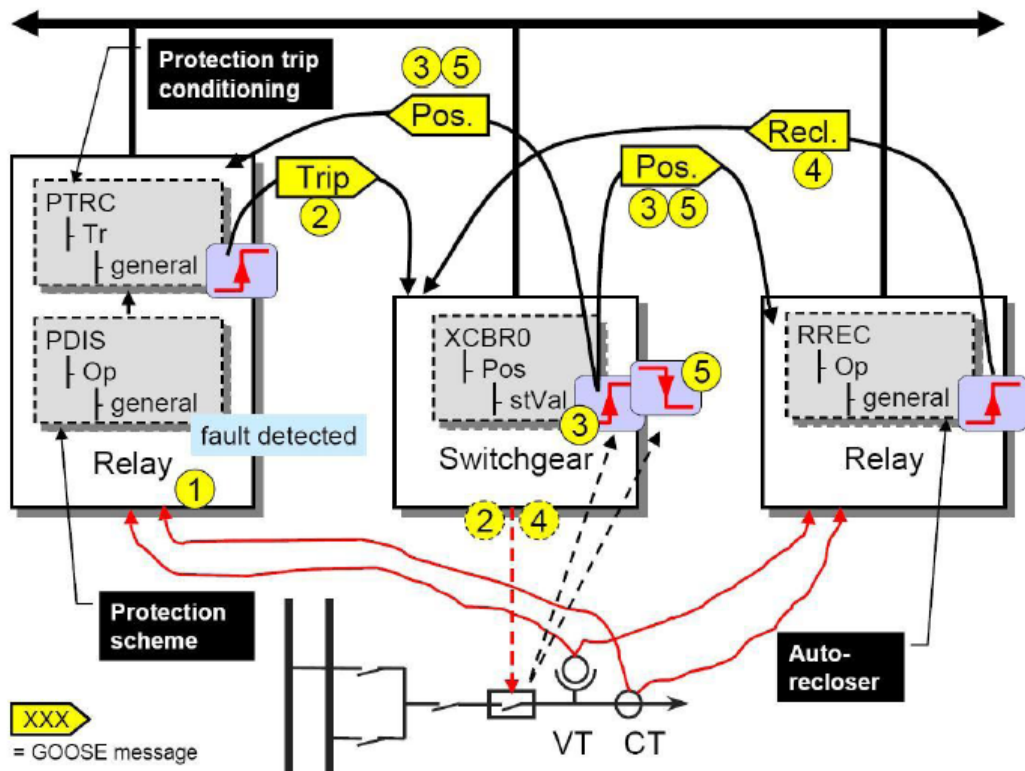
Process bus 程序匯流排主要處理來至現場變比器(比流器、比壓器)及轉換器，將一次側的電流值所轉換至較低電流的二次側資料，現場經由 CT、PT 的電流及電壓透過 Merging unit 整合單元取樣量測(SMV, Sampled Measured Value)，將資料傳送至 PROCESS BUS 上的各個 IED 智慧型電子裝置，而此匯流排基於一個高頻寬的乙太網路，這部份在 IEC 61850 中的 PART 9.1 及 9.2 分別定義為非方向性固定式點對點資料集及可控制式資料集，其中後者可透過廣播封包方式，將發佈者所欲傳送之資料至多個訂閱者。



1. 保護電驛資料交換於檔位與變電站間的傳輸
2. 保護電驛資料交換於檔位與遠端保護間之傳輸
3. 檔位間的資料傳輸
4. CT、PT 的瞬時資料的資料互換於程序層與檔位層間的傳輸
5. 控制資料於程序層與檔位層間的傳輸
6. 控制資料互換於檔位與變電站間的傳輸
7. 變電站及遠端工作站的資料互換
8. 直接資料的互換於檔位間，尤其是快速函數，如互鎖功能
9. 變電站間的資料互換
10. 控制資料於變電站與遠端控制中心



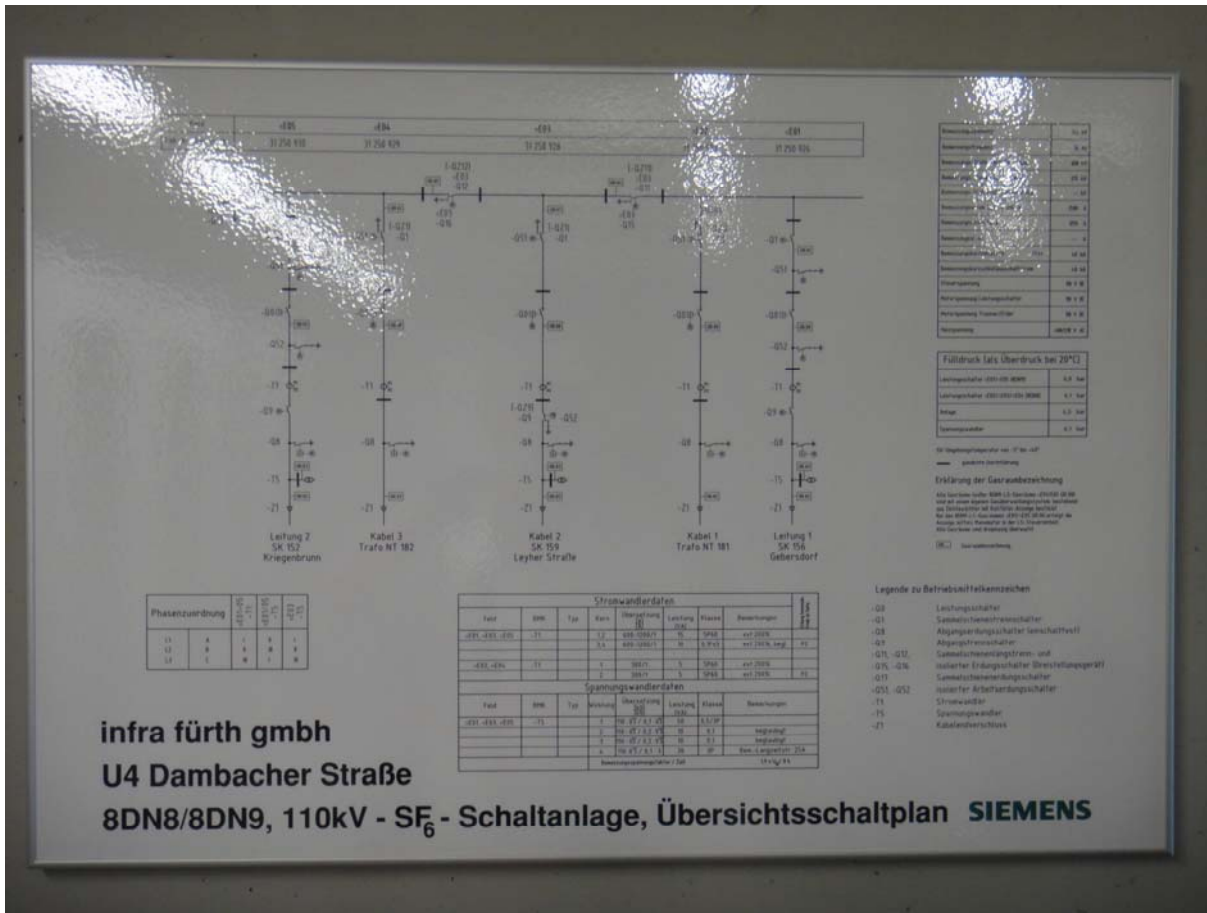
所以資料的傳輸於上一段已敘述，當其中一台實體裝置(用戶端)與其它台實體裝置(伺服器)，彼此間的資料互換在平常時，由用戶端發出需求封包指令，伺服器收到封包後再發送回傳資料封包指令，彼此間的資料傳輸必須發送端發送指令於對方伺服器接獲指令確認後再回傳相關資料封包；而支援 IEC 61850 協定的相關設備，主要利用廣播封包的方式來傳送重要的 GOOSE(類變電站物件訊息)，當某一台實體裝置發佈其 GOOSE 訊息時，在變電站匯流上所有的訂閱者(如 IED)或其它設備會同時接收到此訊息，從發送此訊息到接收端的實體裝置接收區，其時間不超過 4 毫秒。



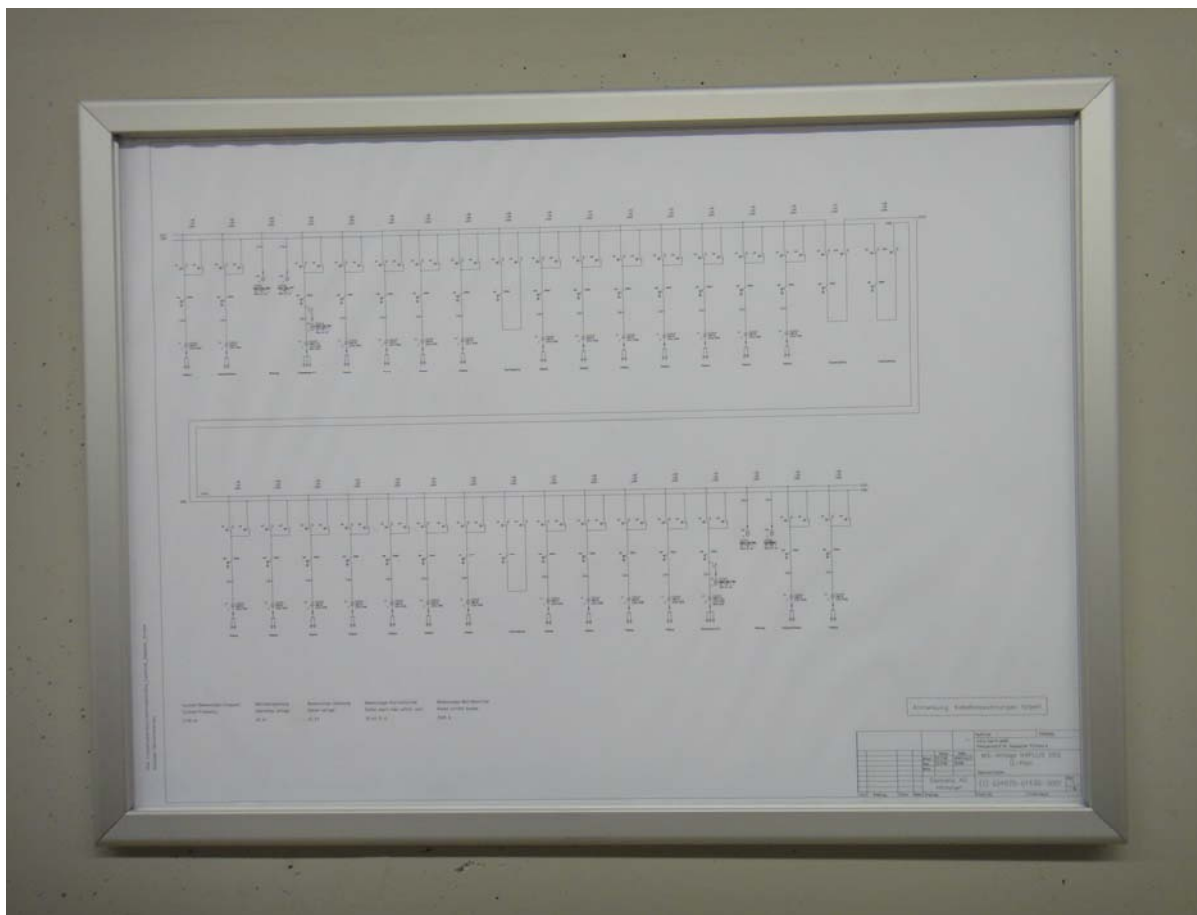
當系統發生故障由保護電驛偵測到故障，於圖中左半部所示，其動作順序分別為，PDIS(測距保護電驛)作動並發出 Tr(跳脫指令)，XCBR0(斷路器)接獲跳脫指令，其狀態值 stVal(TRUE/FALSE)開始轉態，同時復閉電驛 RREC 作動，發出指令準備復閉，斷路器 XCBR0 在接獲指令後，斷路器開始轉態；其動作順序如圖中數字符號由數字 1 分別動作至數字 5，圖中的黃字箭號代表 GOOSE 訊息。

## 伍、參觀變電所：

本次行程請 SIEMENS 公司代為安排參觀 infra 電力公司一間位於紐倫堡副都心 Fuerth 之 115kV/21kV 配電變電所，該變電所之 115kV 系統單線圖如下圖所示：

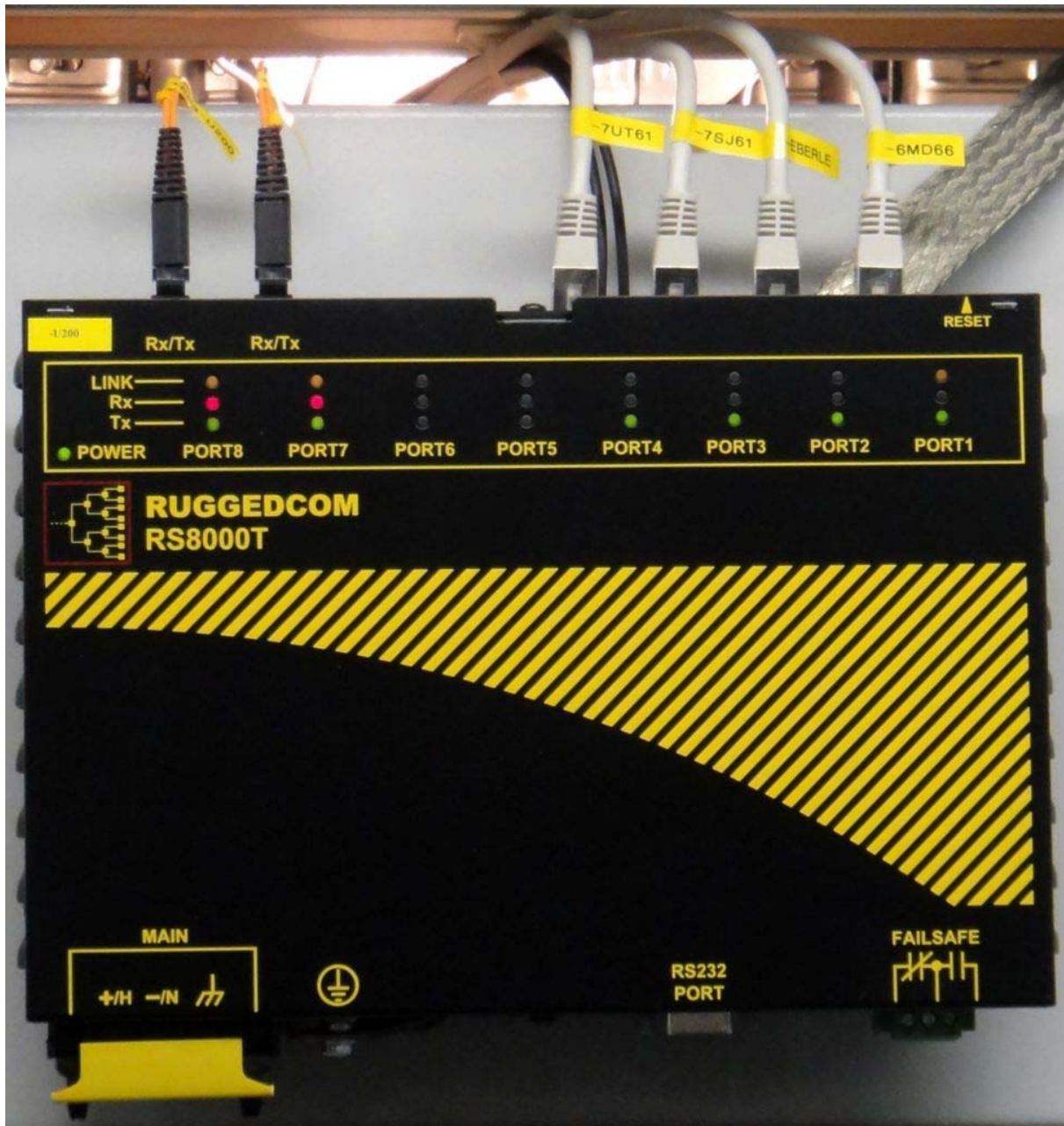


而其 21kV 系統單線圖則如下圖所示：



該所所內 DC 額定電壓為 110V(本公司一次以上變電所為 125V、二次變電所為 24V)，PT 二次側額定電壓為  $200V/\sqrt{3}=115.47V$ (本公司為  $115V/\sqrt{3}=66.4V$ )，CT 二次側額定電壓為 1A(本公司為 5A)，系統頻率為 50Hz(本公司為 60Hz)。該所從 GIS 設備、變壓器以至於保護電驛，幾乎全都是 SIEMENS 公司所生產的產品，另該所全所保護電驛均為數位式，且均已採用 IEC 61850 通訊協定。其採用之 Switch 為加拿大 RUGGEDCOM 公司所生產(符合 IEC 61850，ABB 及 SIEMENS 公司均使用該廠牌)如下圖所示：





該變電所還有一特點係其 21kV 系統為非接地系統，而本公司之 11.95/23.9kV 系統為直接接地系統。

## 陸、心得及建議事項：

- 一、 STATCOM/SVC 屬於高度客製化之設備，各製造廠家均有自己的設計理念，其保護亦無一定之標準，建議應於採購規範註明得標廠家應負責設計、安裝及測試其整套之保護系統，並提供教育訓練。
- 二、 STATCOM/SVC 會產生高次諧波，雖然有裝設濾波器，但還是建議應安裝可量測並紀錄高次諧波之儀器設備，以確保電力品質。
- 三、 ABB 之 STATCOM 其正式名稱為 SVC LIGHT；SIEMENS 之 STATCOM 其正式名稱為 SVC PLUS(Advanced STATCOM)，故將來開採購規範時應特別留意。
- 四、 現代科技日新月異，建議同仁應多吸收有關電力電子之知識，另電驛同仁應加強通訊與資控領域之知能，擴展自身之本職學能範圍。
- 五、 將來 STATCOM/SVC 安裝、測試時，建議設置試運轉小組。
- 六、 目前德國新建的變電所其通訊協定均採用 IEC 61850，電驛及資控同仁應對該協定多加了解。



七、 本次出國前，特地將本公司之保護電驛動作正確率計算方式翻譯成英文，並以英文製作一份問卷調查表，內容為調查歐洲電力公司是否有做保護電驛動作正確率或不正確率之統計？若有，則其計算方式為何？是否各公司有統一之計算標準？請 ABB 及 SIEMENS 台灣分公司人員轉寄給他們總公司人員，再請其協助轉寄給歐洲電力公司從業人員填寫，但沒有人回答。再請教 SIEMENS 一位曾在德國電力公司服務之資深工程師，他表示保護電驛系統有雙重主保護、近端後衛保護、遠端後衛保護及復閉電驛，錯綜複雜，很難有一定的公式計算，且即使有做此計算與統計，此統計數據均列為公司業務機密，不願對外公開。故目前保護電驛動作正確率之計算方式尚無國際標準。另本公司輸電線事故率之計算方式為(件/100 回線公里)，變電所事故率之計算方式為(件/100MV A)，均與設備維護量有關，而目前本公司供電系統保護電驛動作正確率之計算方式為：

$$\text{正確率}=(1-A/B)*100\%$$

A: 電驛動作不正確次數

B: 供電系統負責維護之電驛總數

此計算方式亦與設備維護量有關，實無不妥之處！

## 參考文獻：

- [1] ABB公司提供之講義。
- [2] SIEMENS公司提供之講義。
- [3]IEEE Std 1031-2000, IEEE Guide for the Functional Specification of  
Transmission Static Var Compensators.
- [4]IEC 61850-6-2009, Configuration description language for communication in  
electrical substations related to IEDs.
- [5] IEC 61850-7-2-2003, Basic communication structure for substation and feeder  
equipment – Abstract communication service interface (ACSI).
- [6] IEC 61850-7-3-2003, Basic communication structure for substation and feeder  
equipment – Common data classes.
- [7] IEC 61850-7-4-2010, Basic communication structure – Compatible logical node  
classes and data object classes.
- [8] KOSTIC, T., AND FREI, C. Modeling and using IEC 61850-7-2 (ACSI) as an  
API. In Power Tech 2007 Proceedings (July 2007).
- [9] KOSTIC, T., PREISS, O., AND FREI, C. Understanding and using the iec 61850:  
a case for meta-modeling. Computer Standards & Interfaces 27, 6 (June 2005),  
679 – 695.