

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：) 考察

核能電廠飼水控制系統更新

服務機關：台灣電力公司/核發處
出國人 職 稱：十二等電機工程監(課長)
姓 名：陳文華
出國地區：德國
出國日期：89/11/22~89/11/30
報告日期：90.1.12

目錄

壹、	出國任務及目的	2
貳、	出國行程	2
參、	考察內容	2
肆、	考察感想	7
伍、	建議	8

壹、出國任務及目的

- 一、出國任務：考察核能電廠飼水控制系統更新
- 二、出國目的：

核能電廠飼水控制系統職司反應器水位控制至為重要，但該系統使用類比系統已遇到過時、老化、維修不易等問題，故各核能電廠均擬將該系統更新為數位化系統，以解決上述問題，並藉此提昇運轉安全及經營績效。但數位化科技日新月異，有必要考察數位化科技之進展及應用，供更新之參考，以獲得最大之更新效益。

貳、出國行程

貳 A. 出國目的地及公司

德國，西門子公司(Seimens Power Generation)

貳 B. 出國行程

1. 89.11.22~23 往程 台北 法蘭克福
2. 89.11.24~28 法蘭克福
 - 考察核能電廠飼水控制系統更新技術
 - 西門子公司儀控系統科技之概況及進展
 - 核能電廠飼水控制系統更新
 - 西門子公司儀控設備組裝及測試
 - Neckarwestheim 核能電廠儀控系統更新
3. 89.11.29~30 返程 法蘭克福 台北

參、考察內容

參 A. 核能電廠飼水控制系統更新技術

目前核能電廠飼水控制系統(Reactor feedwater control system)之更新技術以數位電腦系統為更新目標，以達到現代化目的。系統之設計並不設計成為獨立系統(Stand alone system)供某一系統使用，反而採取以全廠觀點開發一套控制系統，此系統可供核電廠或火力廠及其他工業等各種系統使

用。換言之以全廠為觀點而開發完成之系統可應用於各種程序控制系統，如飼水控制系統及水處理系統等。同時並將網路觀念導入，使控制系統可透過網路將資訊傳輸至遠方供監測及控制之用。因此全廠儀控系統在同一架構下，達到標準化目的。此外最主要一點是軟體部份盡可能使用市面上已有之商品，而達到開放式系統(Open system)之目的。如此，使用者僅須再稍加以訓練即能應用自如。

參 B. 西門子公司儀控系統科技概況及進展

參 B-1. 西門子公司儀控系統科技之進展

西門子公司從 1960 年代半導體科技實用後即陸續開發以半導體科技為基礎之數個家族(Family)之儀控系統，供發電界及其他工業界使用。從早期 1960 年代半導體技術之 Teleperm A 及二進位(Binary)系統之 Simatic G 家族之類比系統開始至 1970 年代 Iskamatic 等二進位系統家族供核能電廠使用。隨著科技進步，於 1980 代中期開發專為核能電廠非安全有關系統使用之 Teleperm ME 系統及 1990 年代開發專為核能電廠非安全有關之數位化系統 Teleperm Xp 家族系列。以及專為核能電廠安全有關數位化系統 Teleperm Xs。而此等系統是以電腦為基礎之數位化儀控系統。西門子公司將隨著科技進展以及經驗累積繼續發展更新的儀控技術及更開放之系統。獨立系統(Stand alone system)將不存在。西門子儀控科技之進展如圖一所示。

參 B-2. 西門子公司儀控系統架構理念

過去儀控系統主要功能為監測、控制、保護三大功能，拜電腦科技之進步，更增加資訊之應用，故目前所設計之儀控系統均具備上述四大功能，而對儀控硬體架構分為四層，即現場儀控層(Field level)、再上升為程序控制層(Process control level)、再來為運轉管理層(Operations management level)、最上層為公司管理

層(Utility management level)如附圖二所述。

參 B-3. 西門子公司專為核能電廠開發之儀控系統

西門子公司約在 1990 年代初期即完成專為核能電廠應用之儀控及控制系統(儀控系統)，此儀控家族系列名之為 Teleperm Xp 及 Xs，而 Teleperm Xp 除可應用於核電廠外，事實上火力廠及化學廠等均能使用，至於 Teleperm Xs 專為核能電廠安全有關系統而設計。因為安全有關系統均需經過各種法規要求及測試才可應用於核能電廠，尤其是軟體方面之驗證及確認 (Verification and validation) 執行更加嚴謹，俾符合法規要求。另外專為核能偵測系統所開發完成 Sinuperm，該系統可應用於中子偵測系統及輻射偵測系統。Teleperm Xp 非安全與 Xs 安全有關系統可透過閘道器(Gateway)連接，可將安全有關系統之資訊透過該閘道器傳送至電廠網路供管理、運轉及維護使用。Xp 及 Xs 儀控整合如附圖三所示。Xp 及 Xs 系統應用詳如下表所示。由此表可知 Xp 系統專用於電廠非安全有關系統，即凡屬於電廠發電平衡系統 (Balance of plant) 均可使用。

	TELEPERM XP	TELEPERM XS	SINUPERM	
	Operational I&C	Safety I&C	Neutron flux monitoring	Radioactivity monitoring
Reactor protection system (reactor trip, ESFAS, containment isolation, limitation system)				
Nuclear heat generation				
Water/steam cycle				
Turbine-generator				
Auxiliary system				

參 C. 西門子公司儀控設備組裝及測試

西門子公司在 Karlsruhe 儀控設備組裝及測試工廠是非常現代化之工廠，從每一卡片上零配件組裝、錫銲、環境、品管幾乎已經自動化，最後之成品(module)組成模組控制系統，再由各個模組整合成一完整系統。而此系統均在此工廠完成測試後再送至客戶。因此各個階段都受到嚴密之品質管制，故產品之品質得到保證。

參 D. 西門子公司服務支援中心(Service support center)

此服務中心是 24 小時服務，任何客戶均可透過網路或電話與中心連繫、洽詢各方面問題，尋求解決方案或方法，當然某些服務尤其是非西門子產品或技術服務需付費。此外該服務支援中心可透過網路與西門公司在全世界上所承包之電廠或其他工業上之工廠之網路連接，可將電廠或工廠之運轉資訊以線上即時傳送至支援中心顯示於大形螢幕上供該中心專家參考，並提供運轉上之意見給客戶，或者透過網路亦可由該中心負責運轉；此項服務之最佳時機應是在新廠初期起動階段(start-up)時最有用。因此階段該服務中心可同步顯示新廠運轉狀況，該中心之專家可提供新廠之運轉人員運轉上之支援。

參 E. 考察 GKN 核能電廠儀控系統更新

參 E-1. GKN 核能電廠簡介

GKN 核能電廠全名為 Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH，位於德國 Baden-Wurttemberg(歐洲中心)地方，位於 Neckar 河之河邊，取河水做為兩部機冷卻水之用。壹號機冷卻水經冷卻塔而排入 Neckar 河，但貳號機經冷卻塔後再循環使用。Neckar 廠兩部機組各項數據如下；

		Unit 1	Unit 2
Thermal reactor power	MWth	2497	3850
Generator clamping power	MW	三相/鐵路 633/152	1269
Number of cooling cycles	Loop	3	4
Speed	Rpm	3000/1000	1500
Frequency	Hz	50/16 ² / ₃	50
Commercial year		1976	1989

GKN-1 提供 20% 機組出力給德國鐵路電車用，其頻率為 16²/₃Hz。

參 E-2. GKN 核能電廠營運績效

- GKN 電廠自從 1976 年壹號機商轉以來平均容量因數(Capacity factor)90%以上，尤其#2 機大約在 95%以上，而#2 機非計畫不可用率(Unplanned unavailability)在過去 11 年(1989 商轉)中累計僅 25 小時，主要是由 4 次跳機所造成，而最近之跳機是在 1994 年。從 1995 年至今連續 6 年跳機是零次。
- GKN-1 之大修天數約為 22 天，GKN-2 之平均大修天數約為 15 天。
- 對於安全有關設備之請修單均應在 3 天內修護完成，其餘 30 天內完成。
- GKN-2 比 GKN-1 大修週期短之原因為吸取壹號機運轉經驗，尤其對大修管理方面將#1 機經驗回饋至 GKN-2 設計，此為 unit 2 之運轉表現比 unit 1 優良之主要原因。
- GKN 電廠營運績效如此良好，主要歸因設計優良，建造嚴謹及優秀員工，以及有效之管理而達成，此與德國民族性敬業精神有甚大之關係。

參 E-3. GKN 核能電廠儀控系統更新

GKN-1 是由西門子核能單位 KWU 在 Offenback 單位設計，該單位主要設計 BWR 廠，而 GKN-2 是由在 Earlangue 單位設計而該單位主要設計 PWR 廠。Offenback 設計 GKN-1(PWR)廠時儀控系統為多家之組合，當時並未計及維護上之困難性及人員訓練上多樣性所造成之困境，但經由多年運轉經驗，認為儀控系統統一成單一家族系列，則維護及運轉上均能提高績效。因此從 1996 開始訂定 10 年儀控系統現代化計畫，依據系統之重要性及更新容易性逐年更新儀控系統，而採用之系統為西門子 Teleperm Xp 及 Xs 系統，首先將 Reactor limitation and control system(德國核能電廠特有之系統)更換為專為核能電廠安全有關系統用之 Teleperm Xs 系統，另水處理廠等系統更換通用核能電廠 BOP 系統所使用之 Teleperm Xp，原系統仍保持，等到全部控制室更換完成再拆除。更換為新系統之操作全部鍵盤操作，運轉人員對此種變化並未反應出排斥之傾向。

參 E-4. GKN 核能電廠每年約有 10000 名訪客，其接待室佈置優雅詳圖四，並備沐浴設備，可供員工及訪客使用，可謂設想週到。且景觀規畫完美，將整個廠區溶入週遭環境之中，非常協調優美；廠區圍牆外緊鄰農田、住家，讓人感覺親切；可見當初規畫建造此電廠之用心及盡力。

參 E-5. GKN 電廠因德國核能政策變更將壽命期限由 35 年改為 32 年，為因應此項改變，管理階層對於電廠之再投資，顯現出保守之決策，即對各項改善尤其是儀控系統之更新，採取消極之態度進行。

肆、考察感想

肆 1. 核能電廠飼水控制系統更新已漸漸採取開放式之系統，避免成為獨立系統(Stand alone)，而軟硬體亦盡可能採用市面

上通用之產品，如此運轉 維護及人員之訓練均易於達成。同時全廠儀控系統採用統一之儀控家族系列，如此維護容易、備品存量得以降低、人員訓練易於達成、技術之傳承並無代溝之慮。但是反觀我國在現行國家採購法之下，似乎很難達成採購統一之產品。

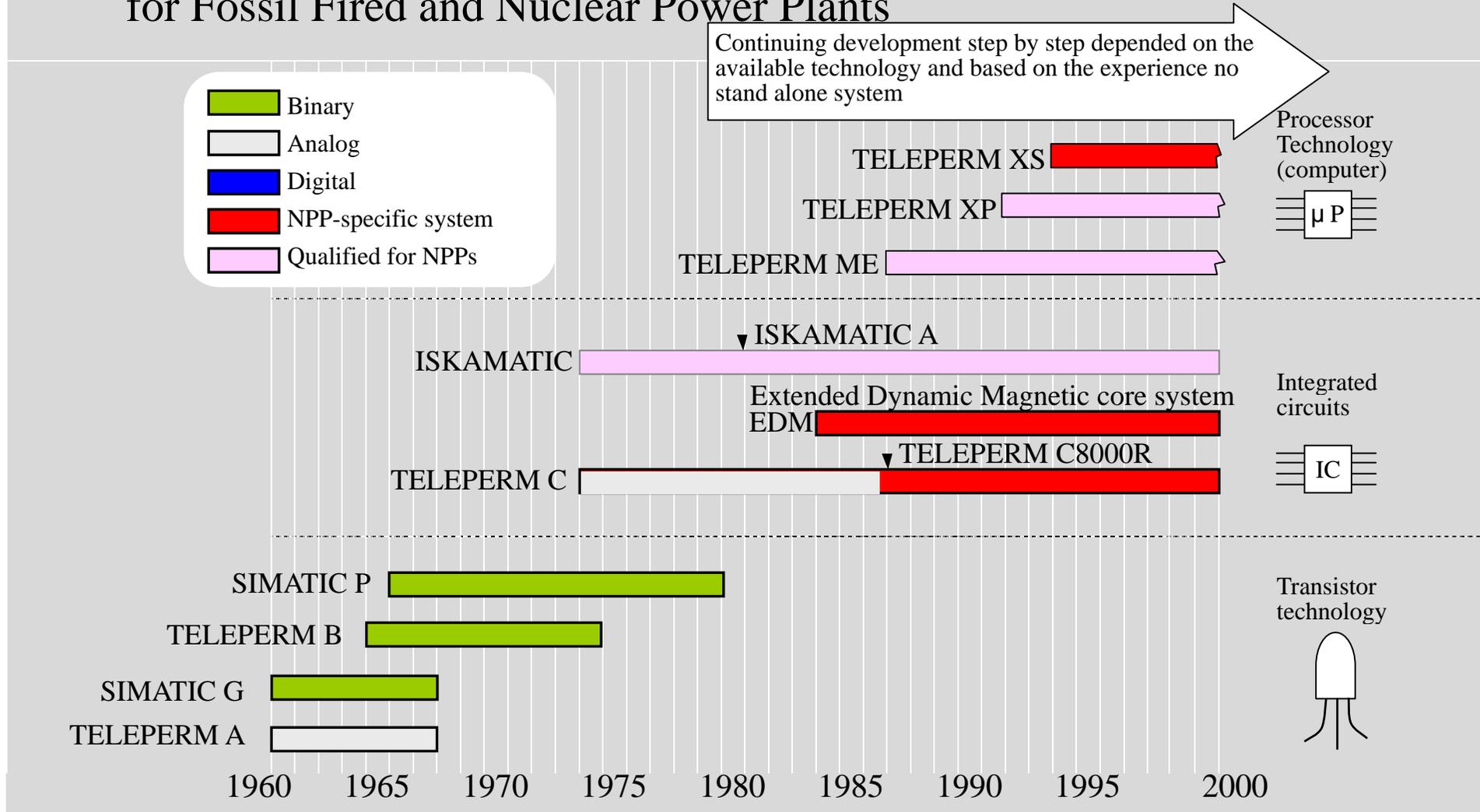
- 肆 2. 核能儀控系統更新應不是僅考慮將類比系統換為數位系統而已，而應考慮現代化，即考慮以電腦科技來運轉儀控系統。而此項觀念應深入運轉人員心中，不要排斥以鍵盤方式來控制、運轉電廠。因為考慮人員新陳代謝問題，e 世代之新人可能無法適應老舊以手把來運轉操作之方式，改為以電腦方式運轉操作電廠，將能精簡人力，提高生產力。
- 肆 3. 核能電廠飼水控制系統應為全廠儀控系統更新之一環，故儀控系統更新應以全廠觀念來全盤考量，而非單純某一系統各別更新，應訂定全廠儀控系統更新現代化計畫，同時網路科技之運用及資源共享應予以考慮。因此透過網路提供資訊或控制，可預期的將來是世界潮流，但是此種功能完全取決於資訊傳輸系統(通訊系統)。資訊傳輸系統之可靠及頻寬是否夠大，將來是未來企業所應特別關注之問題。
- 肆 4. 德國 GKN 核能電廠之營運績效可能是全世界優良之電廠，雖然 GKN 電廠在當初設計建廠時考慮週詳，建廠嚴謹，但是採用優良設備組件亦為原因之一，另外德國人優越感及敬業精神亦為原因之一。此外 1998 大修規畫為例：該年規畫大修工期為 22.7 天，實際完成 22.67 天，可見大修規畫之完善，值得令人效法。

伍、 建議

- 一、 核一、二、三廠應以全廠觀點規畫全廠儀控更新計畫，明確訂定各系統執行時程，並且應將網路科技及資源共享之要求列入考慮。
- 二、 派員赴 GKN 電廠觀摩吸取經驗。

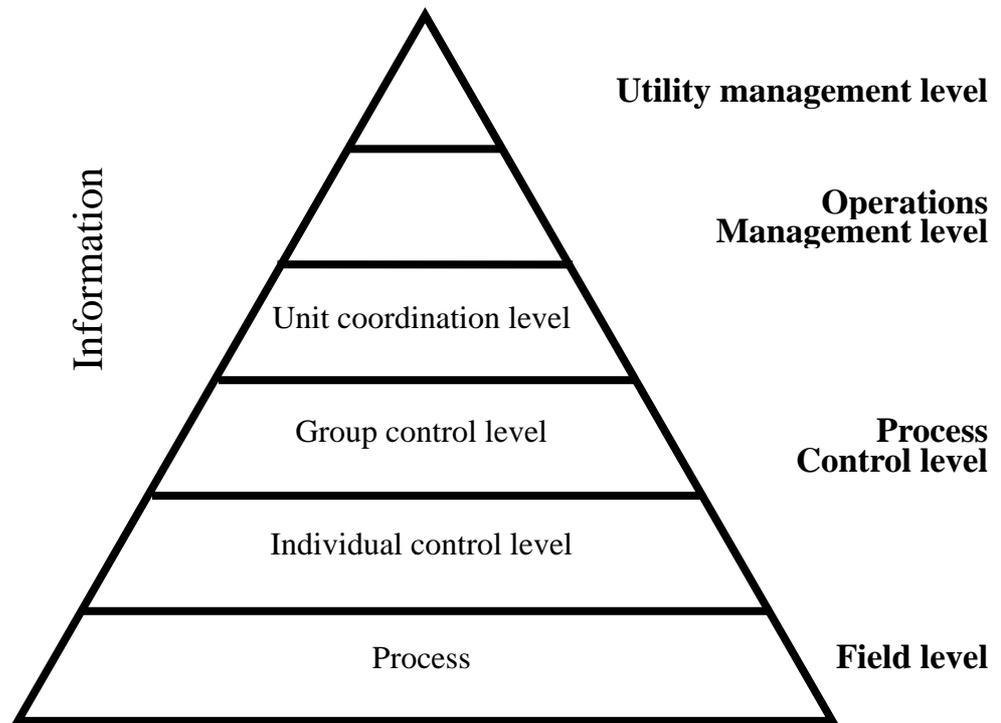
SIEMENS

Generations of I&C for Fossil Fired and Nuclear Power Plants



Semi Conductor Tech.

圖一 西門子儀控系統科技之進展



Integral I&C concept

Integration of intelligent field devices

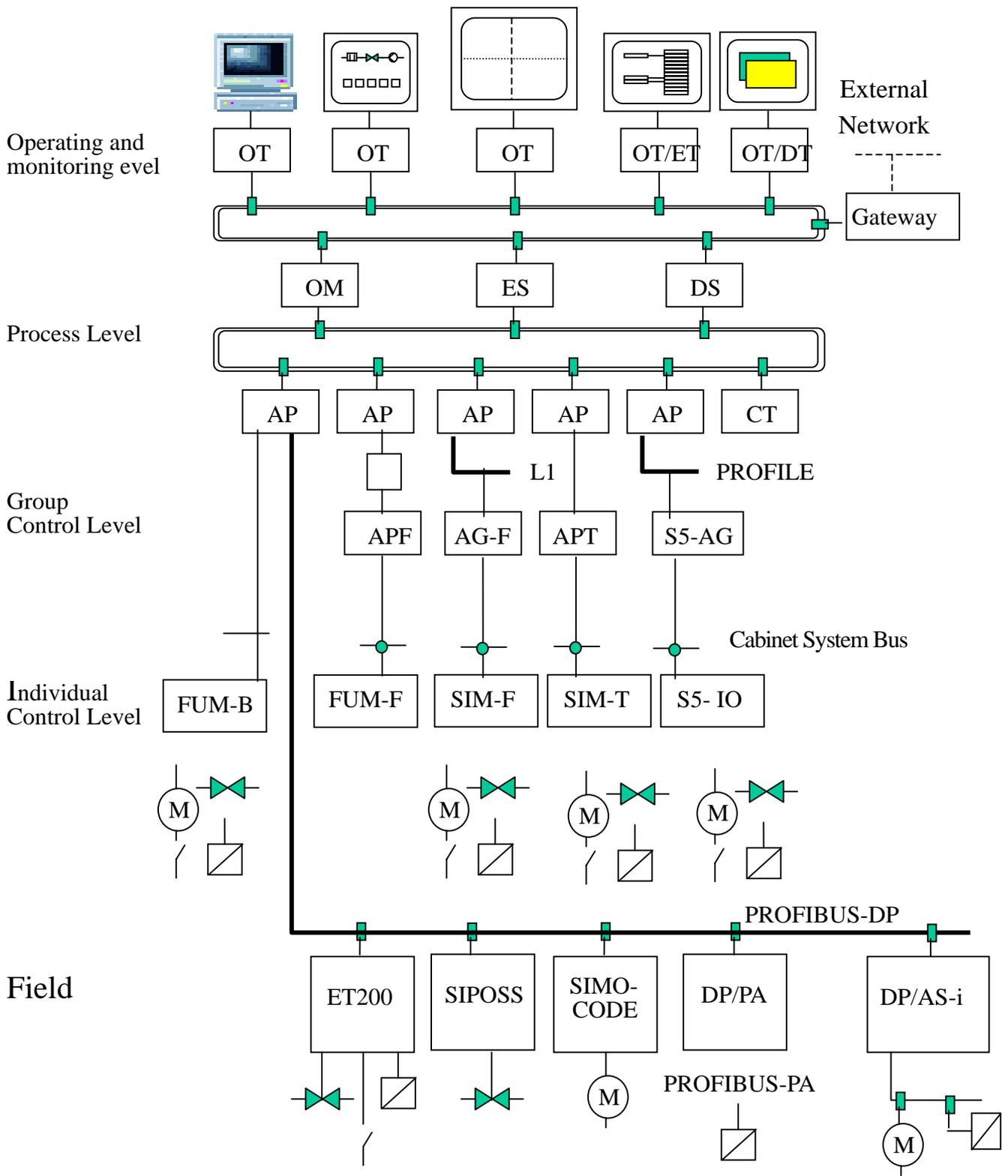
Uniform MMI consistent data

Continuous flow of information

Consistent standardization

Function hierarchy with increasing information density

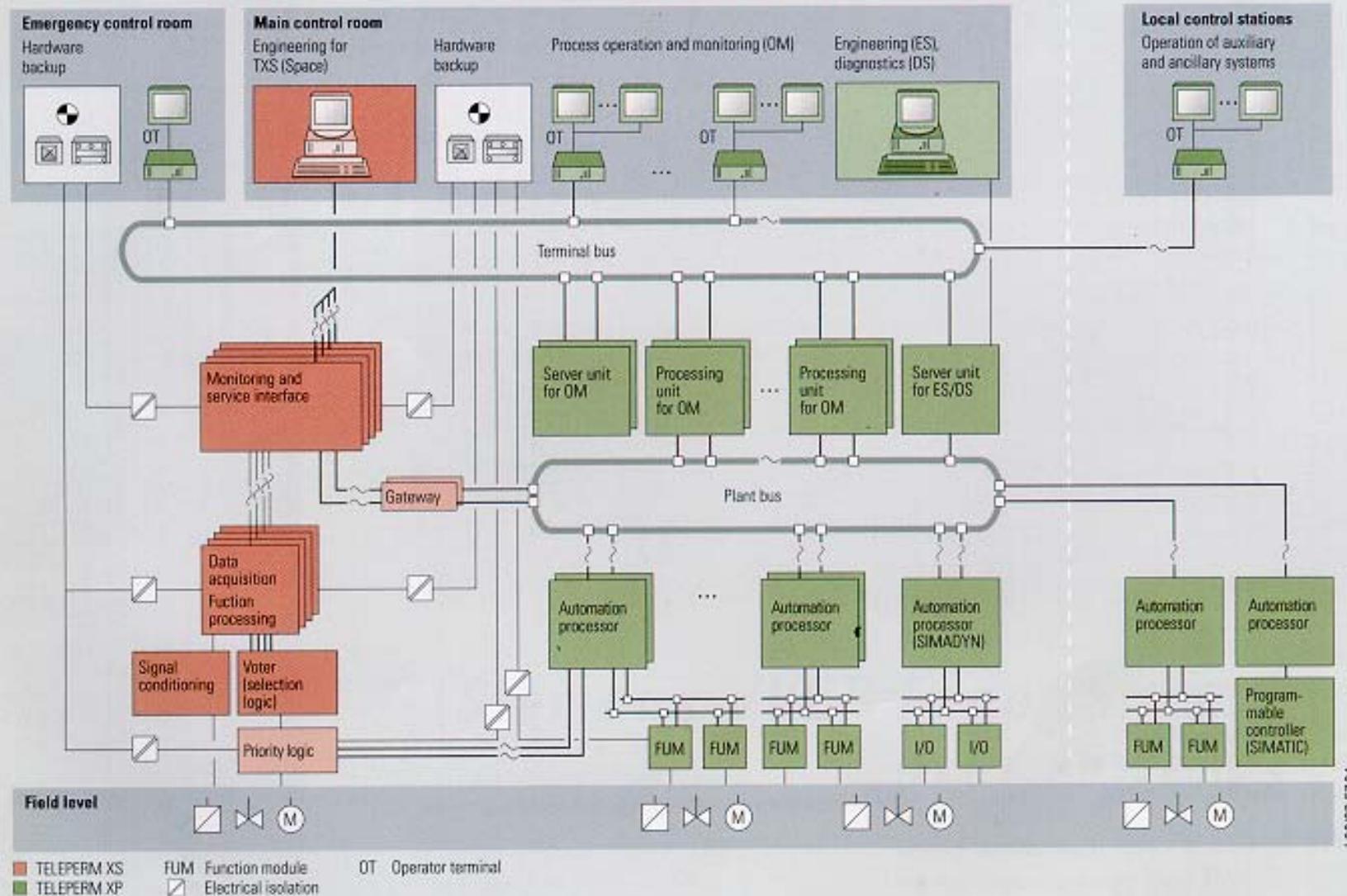
圖二之一 西門子公司儀控系統架構



Automation Levels in the TELEPERM XP process I&C system

圖二之二

I&C Structure with TXS and TXP in Detail



圖三西門子 Teleperm Xs & Xp 整合



圖四之一



圖四之二