

# 出國報告（出國類別：實習）

## 赴荷蘭參加 SGF-IEC Week 2023

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：許乃倫 綜合研究所電機助理研究專員

派赴國家/地區：荷蘭/阿姆斯特丹

出國期間：112年10月15日至112年10月21日

報告日期：112年12月15日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

赴荷蘭參加 SGF-IEC Week 2023

頁數 28 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司人事處/翁玉靜/ 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

許乃倫/台灣電力公司/綜合研究所/電機助理研究專員/ 2360-1227

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：112 年 10 月 15-21 日

派赴國家/地區：荷蘭/阿姆斯特丹

報告日期：112 年 12 月 15 日

關鍵詞：智慧電網、資通訊技術、IEC 61850

內容摘要：(二百至三百字)

- (一) Smart Grid Forum 每年舉辦 IEC 61850 week 廣邀 IEC TC57 成員與各國電力專業人員分享最新標準制定情形與各機構之實作情況，前兩年因疫情採線上論壇之方式，本年度將於 10 月 16~20 日於荷蘭阿姆斯特丹以實體方式舉辦。
- (二) 本次論壇有別以往將會場分為三區，主題分別為 IEC 61850、通用資訊模型(CIM, Common Information Model)、資通安全，本出國計畫報名項目為 IEC 61850 之分項，其下主要講題包含 IEC 61850 之演進與未來預計含括之項目、設備商針對新標準之解決方案與各國電力公司的實作結果。台電公司雖已推行智慧電網數年，但相關標準更新頻繁，如何跟上國際腳步並妥善應用相關技術解決現發生之問題將會是未來重要之工作。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

## 目錄

壹、出國任務與行程.....	1
貳、實習內容.....	2
一、DAY1.....	2
(一) 引言.....	2
(二) 歐洲電網管制與靜零排碳 .....	2
(三) 荷蘭-Alliander .....	3
(四) IEC TC 57 組織沿革與未來趨勢.....	6
(五) IEC 61850 標準制定近況 .....	7
(六) 集中式保護測試 .....	10
(七) 荷蘭-Stedin .....	11
(八) 巴西- Eletrobras .....	12
二、DAY2.....	14
(一) 德國- Stromnetz Hamburg.....	14
(二) 智慧電網相關網路應用 .....	15
(三) 英國- SP Energy Networks.....	17
(四) 英國-Scottish & Southern Electricity Networks .....	18
三、DAY3.....	20
(一) 冰島-Landsnet .....	20
(二) IEC 61850 於水力電廠應用 .....	22
(三) 荷蘭-TenneT .....	23
(四) 加拿大- Hydro-Quebec.....	25
參、心得與建議.....	28

## 壹、出國任務與行程

IEC week 2023 為由 Smart Grid Forum 所舉辦每年一度之智慧電網研討會，過去兩年因疫情因素採線上方式，今年則回復實體會議。與線上會議相比，實體會議之會場設有多個設備商之商品展示，且中場休息時有機會與各國電力從業人員進行交流。

本次論壇一共 5 日，且除第五日均分為三個場次進行，分別為 IEC 61850、IEC CIM、IEC 62443。第 1 日為工作坊，內容為各分部之基礎內容介紹，如 IEC 61850 之講題為標準內容、IOP 測試、與其他標準之關聯，礙於行程規畫並未參與。第 2~4 日為主活動，首日上午為三場次合一之演講，概述歐洲與全球電網所面臨之問題，下午起兩日半為 IEC 61850 之專題演講，包含標準制定方向、設備商之解決方案、各國電力公司之應用等。最後一日為如何轉譯工程知識給經理人或集團決策高層，此部分也礙於行程規劃並未參與。

本研討會為現電力工業最尖端與熱門之重點探討研究項目，台電綜研所可藉此進一步瞭解智慧電網標準之趨勢與各機構落實標準於實務面之進度與面臨之挑戰，以研討電力產業之應用與創新，對本公司推動智慧電網之業務頗具意義。

出國行程如下：

日期	活動內容
10 月 15 日(日)	往程(台北—阿姆斯特丹)
10 月 16 日(一)	往程(台北—阿姆斯特丹)
10 月 17 日(二)	Smart Grid Forum Main Event Day1
10 月 18 日(三)	Smart Grid Forum Main Event Day2
10 月 19 日(四)	Smart Grid Forum Main Event Day3
10 月 20 日(五)	返程(阿姆斯特丹—台北)
10 月 21 日(六)	返程(阿姆斯特丹—台北)

## 貳、實習內容

### 一、 Day1

#### (一)引言

研討會主活動第一日上午為綜合演講，其講題主要為近年電網之變化與標準如何因應。由圖 1-1-1，過去的電力從業者管理項目為左邊中間之四個藍色區塊，對於非綜合電業之業者可能僅限於部分項目，然而隨著智慧電網之導入，業者更重視對電網之狀態監視與各階層甚至外部之資訊交換。左下為配電網之新資訊交換對象，包含智慧電表、家用能源管理系統、分散式能源聚合商；左上為電網之整體管理，包含各階層通訊、通訊網路管理、電網操作系統；右方為實現上述功能所需要之設備，如智慧電表、資產管理平台、分散式能源資訊回傳設備、PMU 等，而智慧電網標準之目的多為調和這些設備之通訊與訂定基本能力需求。

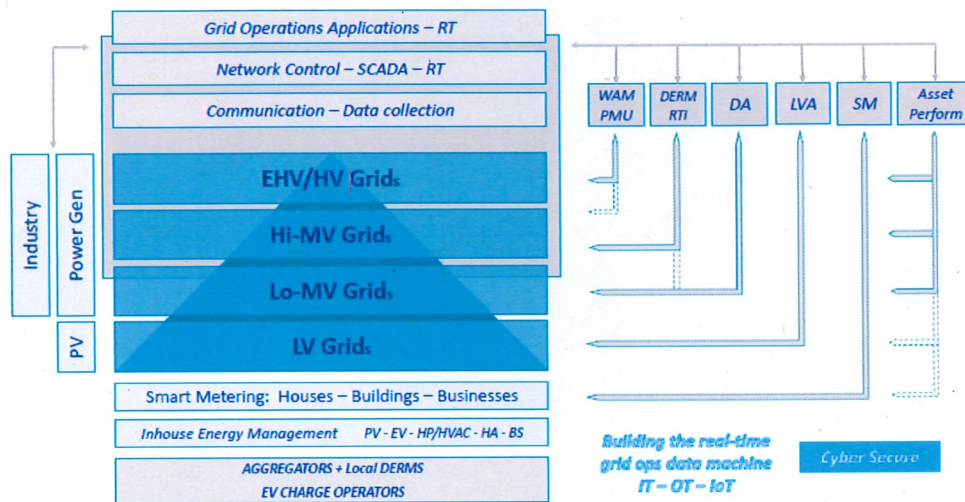


圖 1-1-1 電力網之整合項目

#### (二)歐洲電網管制與靜零排碳

講者 Jan Kostevc 來自歐盟電力管制合作機構，歐盟近年為達成淨零排碳，大量再生能源併網後電網無法負荷新的能源架構，發現要達成能源轉型必需先完善電網建設。如圖 1-2-1，過去電力從業人員認識之電力系統為電廠穩定發電，輸電線路傳輸電力後電相供給配電線路，配電線路再供電由用戶消耗，整體之電能傳輸為單向。能源轉型後之電系統則有巨大之改變，電廠不再僅併接於輸電網，也有可能併於配電網，輸電網仍扮演傳輸之角色，但電力潮流之變化因再生能源間歇性而更難預測，配電網與輸電網不再僅是單一方向而變成雙向傳輸，用戶可能也同時具備發電者之角色而與配電網之關係更為複雜。

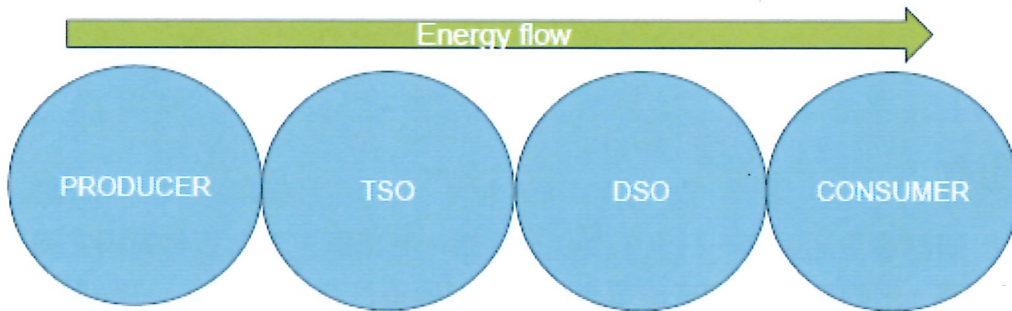


圖 1-2-1 過去之電網架構

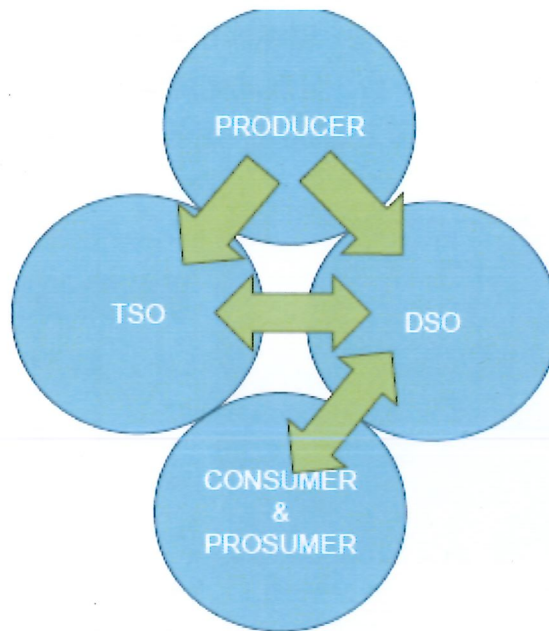


圖 1-2-2 現今之電網架構

面對新的電力系統架構，若搭配數位化之基礎建設，可以導入之相關應用包含表後之資訊分析、需求端管理、區域平衡、線路壅塞管理，然而這些功能之引入同時也需要電力管制單位的同意。如過去面對大量太陽光電併網時，加州之電力管制機關同意逆變器架構之發電設備參與電網之電壓調整，這些功能需要電力管制機關盡速評估並提出相關辦法。管制單位應持開放的態度面對新能源之參與，且積極鼓勵通訊網路相關建設。電網之更新以數位化為基礎，政策提供方向，管制單位規劃相關路徑，而各電力公司遵循其指引，期間需要各方合作方能加速並追上能源轉型之步伐。

### (三)荷蘭-Alliander

本場次由荷蘭 Alliander 之 Laurent van Groningen 報告其公司配電系統之改變。當地之配電近年主要面對兩項問題，日益增加之太陽發電與區域分布不均之電動載具用電。如圖 1-3-1，全球配電網在能源轉型後共同面臨太陽發電裝置容量之巨大成

長，荷蘭於 2017 至 2022 五年內成長 6 倍，而未來 2 年預估之成長量維持同樣大小。另一個問題是電動載具之電能補充，如圖 1-3-2，西歐是電動載具使用較為發達之地區，公有充電樁與人口比荷蘭是全歐洲最高。基於上述兩者，圖 1-3-3 顯示發電與供給於配電網造成不匹配之情形，而此情況日益嚴重。

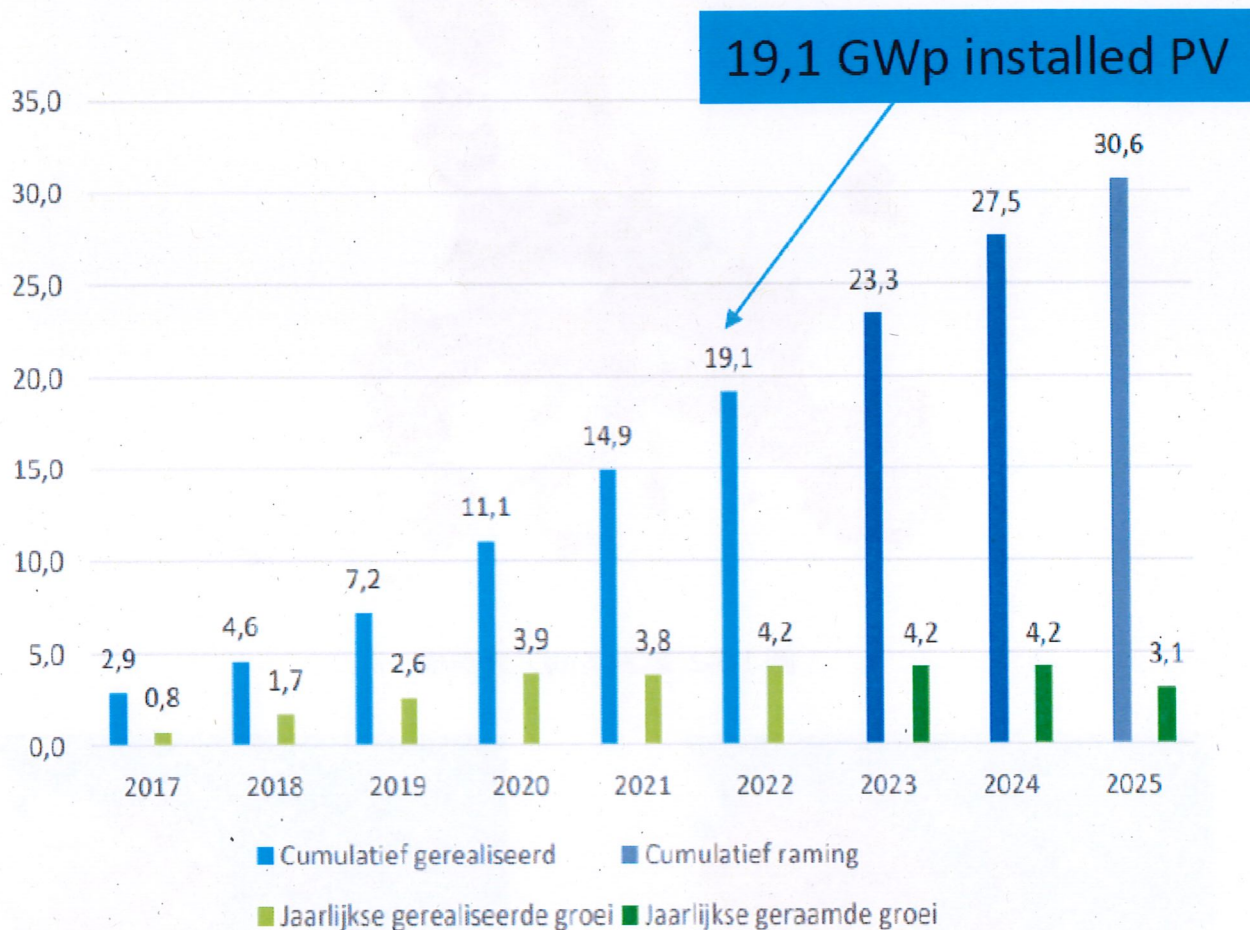
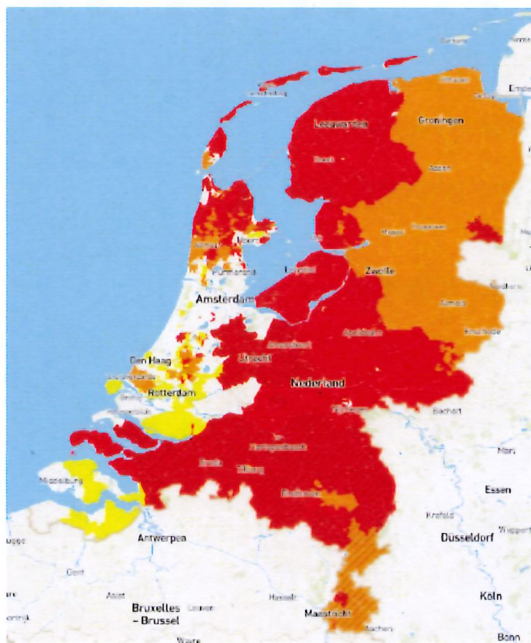


圖 1-3-1 荷蘭太陽發電裝置容量預估

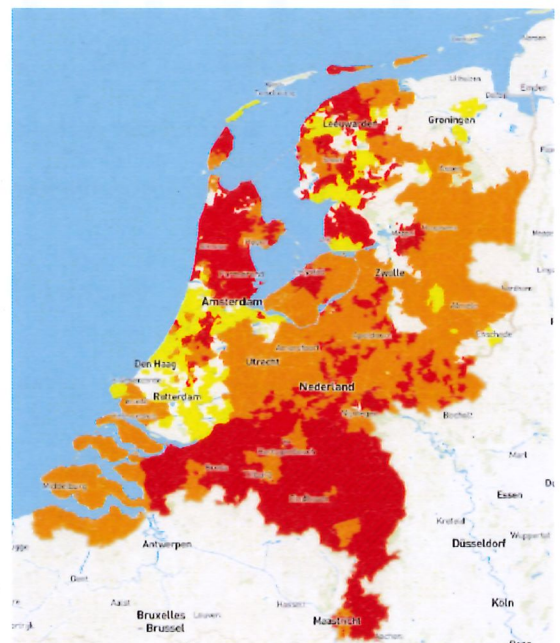
Publicly accessible charging points per 100,000 inhabitants (2022)



圖 1-3-2 歐洲各國之充電樁



Generation / infeed into grid



Demand

圖 1-3-3 荷蘭發電地圖與用電地圖

為解決此問題，講者認為未來配電網需要擴大其管理範圍，如圖 1-3-4 所示。過去之配電網操作者工作僅含線路之啟斷與資產維護部分，但隨配電網數位化引入更多監測設備，對線路狀況能有更即時之掌握，在線路壅塞時應啟動線路容量之管



理機制，此管理更可能於未來建立容量管理市場，以協助解決配電網線路壅塞之問題。Alliander 認為最重要的相關標準為 IEC CIM，主要可參考 IEC 62443，考量未來可能有容量管理市場，CIM 包含商業區塊之資訊模型建模可擴增參與度。IEC 61850 與 IEC 62443 目前尚未針對容量管理市場提出相關標準更新，但未來可持續關注。

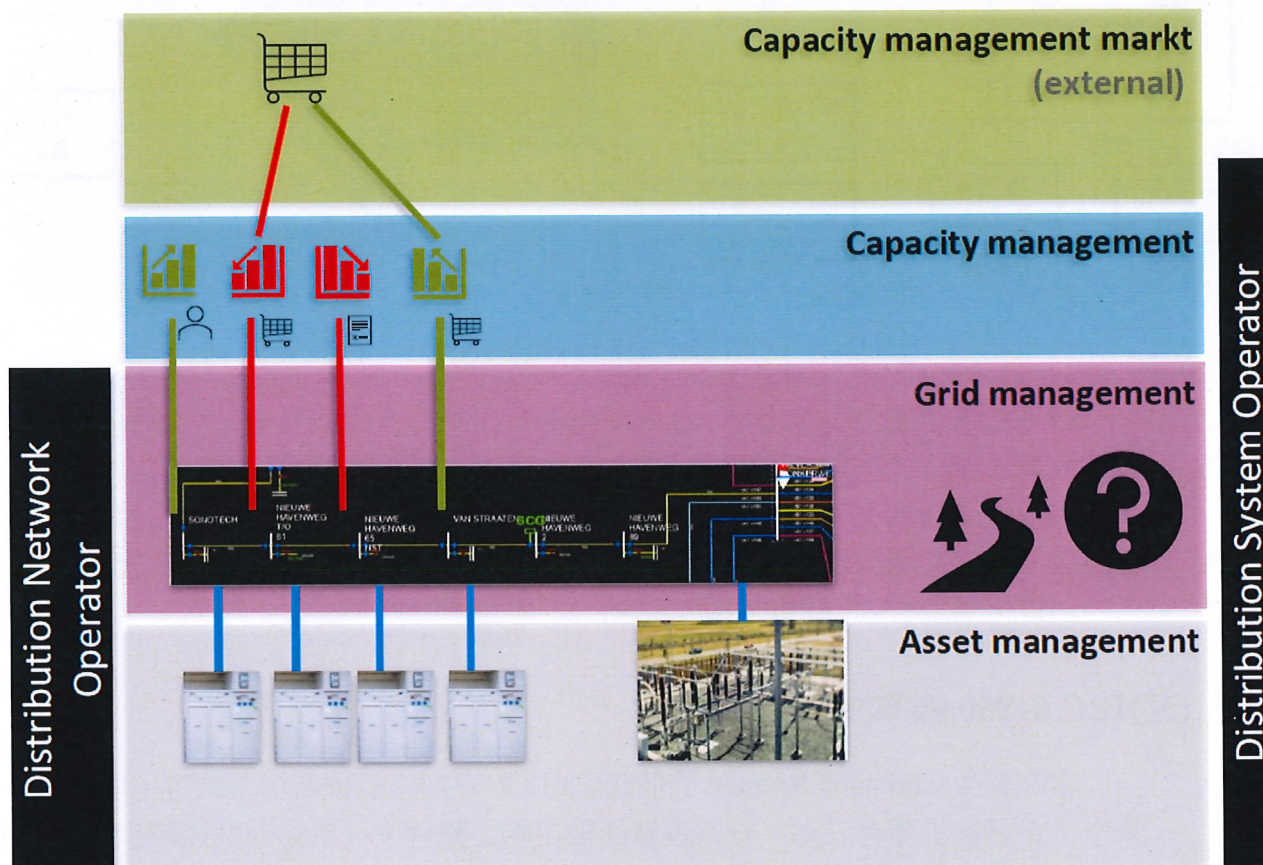


圖 1-3-4 配電網操作者到配電系統操作者

#### (四) IEC TC 57 組織沿革與未來趨勢

本場演講由 Alexander Apostolov 主講。智慧電網最初之動機主要有兩點，一為再生能源導致之能源轉型對電網影響逐漸增加，二為科技進步使各設備之通訊方式從傳統類比訊號走向數位訊號或網路線。基於此，如圖 1-4-1，最早於 1995 年 UCA2.0 會議上提出 GOOSE 通訊之構想。同時 IEC TC57 也於當時構想變電所自動化之標準，並成立工作小組 10、11、12。WG10 負責整體之架構與一般需求，WG11 負責 SCADA 與 IED 之通訊規範，即後來之 Station Bus，WG12 負責 IED 與流程設備間之通訊，即後來之 Process Bus。於 2003 年，初版之 IEC 61850 被頒布，而後整併三個工作小組為 WG10 持續維護。

於後續 IEC 將此標準之應用範圍擴增至電力系統之所有 OT 設備，包含發、輸配、分散式能源，並成立工作小組 17 與 18。WG17 負責分散式能源之相關標準制定，WG18 則負責水力電廠之標準。

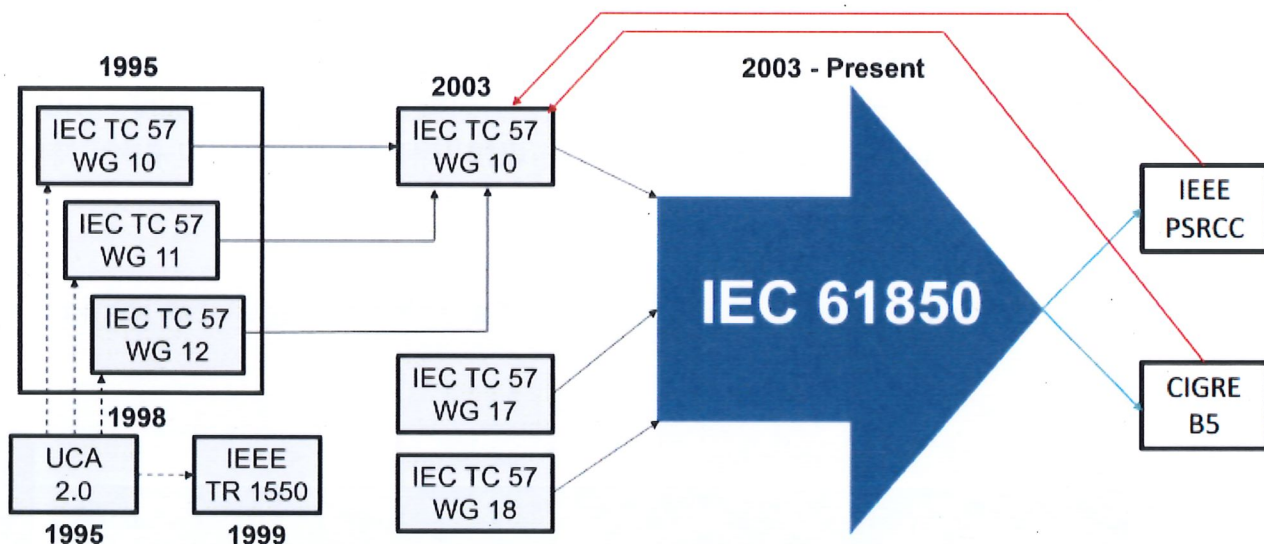


圖 1-4-1 TC57 IEC 61850 相關工作小組沿革

隨著標準涵蓋之內容增加，工作小組發現仍有許多現場設備商對標準理解有差距，除標準頒布外也需增進與其交流。同時標準之制定有需要各國之專家協助，工作小組持續邀請電力公司從業人員參與標準制定。也因其不斷擴增涵蓋內容，大部分時候會發現去調和現有之使用情境會比重新建立新標準更容易被使用者接受。工作小組現也邀請 IEEE PSRCC 與 CIGRE B5 成員參與標準制定。

### (五) IEC 61850 標準制定近況

本節課由 Christoph Brunner 介紹 IEC 61850 近期修訂或新增之內容。IEC 61850 未來工作目標主要有三點，一為邏輯節點功能之整合，一為保護與控制系統之集中化，最後為 SCL 語言與其他語言之持續整合。

邏輯節點功能之整合主因為現 IEC 61850 雖將資訊模型定義至邏輯節點，但仍未明確定義出如何使各邏輯節點進行資料交換以達成實際功能。以圖 1-5-1 為例 PDIS 為測距保護之邏輯節點，但實際跳脫斷路器為 XCBR，且圖中例子整合兩個測距保護進入 PTRC 以發出跳脫之 GOOSE 命令，同時還需傳輸命令給 RBRF 供跳脫失敗時之後續保護使用。現以各線路一 IED 之概念規劃方式如圖 1-5-2 所示，共使用 4 個 IED，一個為測距保護並跳脫斷路器，一個為處理跳脫失敗訊息，兩個為其他斷路器之跳脫 IED，各 IED 需要個別規劃較無邏輯性。以功能為基礎規劃則如圖 1-5-3 所示，雖然也需要 4 個 IED，但可發現 IED2~4 之架構都為接收 input 去跳脫斷路器，而 IED 1 為測距保護同時有兩個輸出，一為跳脫斷路器，另一為跳脫失敗訊號。IED 1 整合數個邏輯節點為一應用稱為基本應用剖繪(BAP, Basic Application Profile)。目前 IEC 61850-7-6 為 BAP 之指引，未來技術報告 IEC 61850-90-30 為應用 SCL 描述 BAP，基於此兩份標準未來變電所之 SCD 會包含各功能之 GOOSE 流向，而避免工程師手動規劃 IED 設定時出錯。同時這概念也是 top-down 工程之礎石，未來變電所設計將從應用與功能開始規劃，而非從 IED 之設定檔開始。

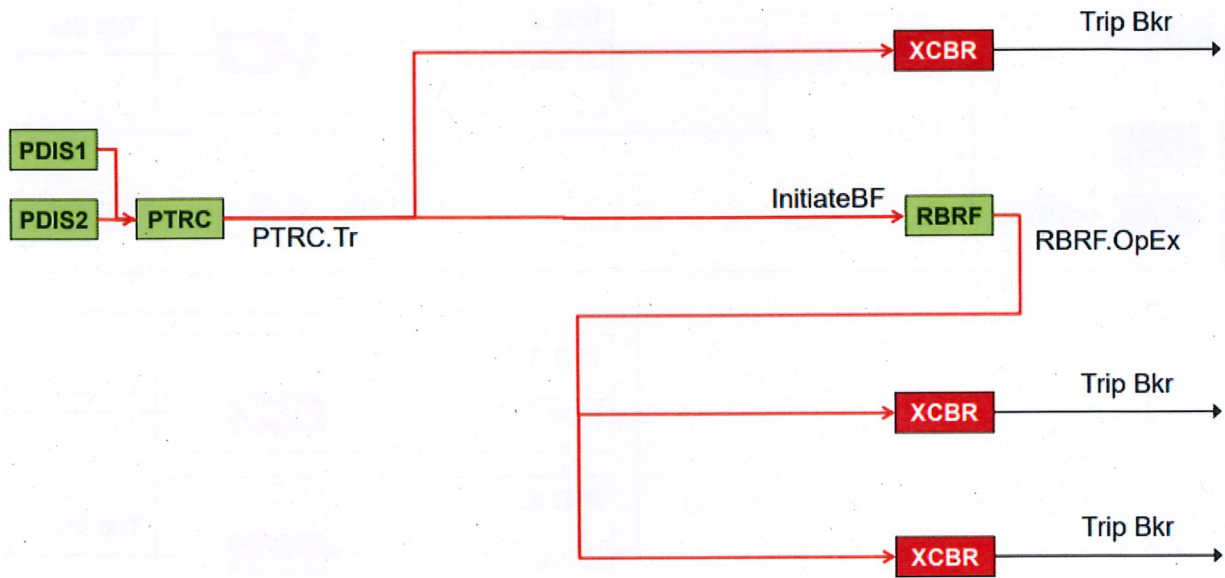


圖 1-5-1 測距保護流程

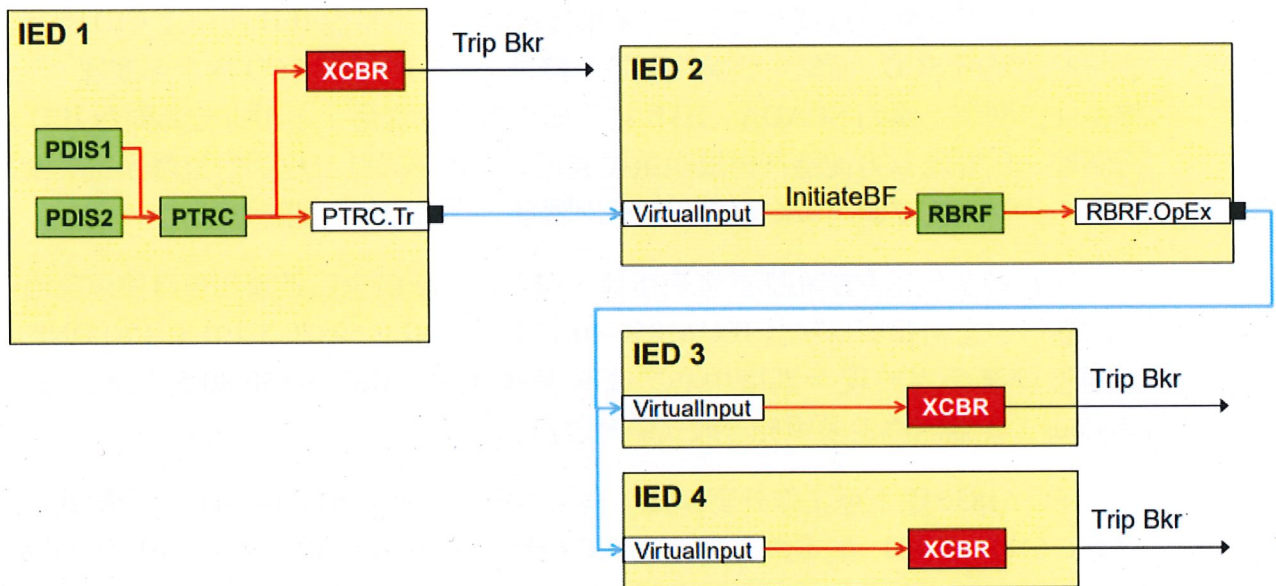


圖 1-5-2 以一線路一 IED 之概念規劃保護

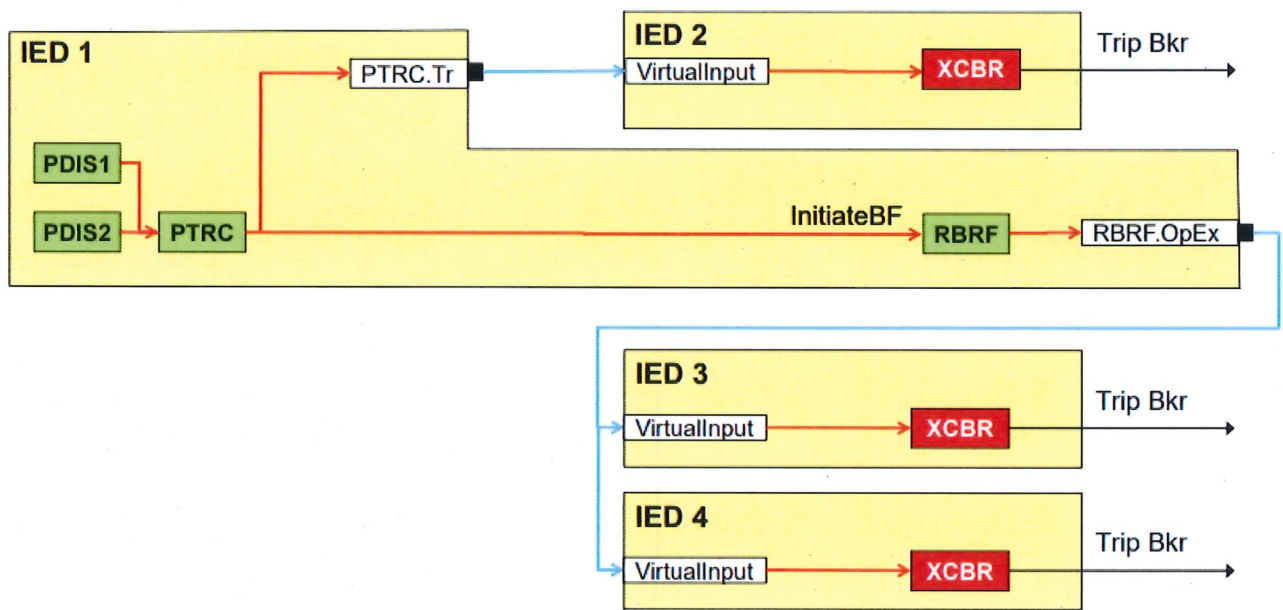


圖 1-5-3 以功能為基礎之規劃保護

集中式保護即前述概念之延伸，未來變電所之主體將從 IED 使用之 CID 轉為包含整體變電所 SCD，而集中式保護則是直接以一台主機進行 SCD 內全部處理，並直接由此主機與上層如 SCADA、HMI 或下層流程設備溝通，不再拆分為數台 IED 進行處理。此好處為方便進行模擬與重複利用，但需要設計工程師對整體系統更全面理解。此部分比較偏向 IEC 61850 之應用願景，目前還無向關標準提出。

SCL 與其他語言調和即前章節所述，避免提出新概念而是調和現有使用設備。目前進行之相關項目包含 IEC 61850-80-1，為調和 IEC 60870-5-101/104 和 DNP3，此兩種標準多用於現今調度中心之資料蒐集系統。IEC 61850-80-5 則用於調和 Modbus，此通訊協定多用於分散式能源之控制。

IEC 61850 除上述工作外野延伸包含水力電廠之 IEC 61850-7-410、分散式能源之 IEC 61850-7-420、配電網自動化之 IEC 61850-90-6、電動載具之 IEC 61850-90-8、風力發電之 IEC 61400-25、系統管理之 IEC 61850-80-7 與 IEC 61850-90-16。其他近期之工作項目可參考圖 1-5-4。

2023	2024	2025 and beyond
<b>User experience</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enhanced specification capabilities including IED specification</li> <li>Redundant devices</li> </ul> <b>Model extensions</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Travel wave fault location</li> </ul> <b>Communication</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mapping to Modbus – monitoring direction</li> <li>Network diagnostics and auto configuration</li> </ul>	<b>User experience</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alarm handling</li> <li>SCL extensions to model BAPs</li> </ul> <b>Security</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>RBAC</li> </ul> <b>Communication</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Validation of GOOSE and SV Messages</li> <li>Communication to control center</li> </ul>	<b>Base standard</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Refactoring UML model</li> <li>Edition 3 of core parts</li> </ul> <b>User experience</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>HMI configuration</li> <li>Support of system management</li> <li>Physical resource management</li> </ul> <b>Model extensions</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revision for Power Quality and Condition Monitoring</li> </ul>

圖 1-5-4 IEC 61850 近期工作項目

## (六)集中式保護測試

本講題由 Omicron 之 Fred Steinhauser 主講，介紹 Omicron 未來對於集中式保護之願景。如圖 1-6-1 所示集中式保護之基本概念為用集中式保護設備取代多個 IED，對上層之 Station Bus 與下層之 Process Bus 並無影響，僅讓原先 IED 間傳遞之 GOOSE 訊息改為直接於集中式保護設備內處理。因此，集中式保護設備所需之通訊功能也與一般 IED 相同，包含 MMS(Client/Server)、GOOSE、SV，且兩個 port 分別接 Station Bus 與 Process Bus。其測試與一般 IED 測試僅些微差異，因其可視為數個 IED 之群體，Omicron 原已設計測試 Station Bus 與 Process Bus 之測試情境模擬設備，可用其測試前述三種通訊方式功能。

Omicron 對此架構之願景是其測試與規劃之便利性。過去 IED 做類似測試時，往往僅等同於變電所局部設備做測試，不易一次使用多台 IED 配合其做完整之通訊測試。若調動多台 IED 進行模擬全變電所之測試時，首先面臨各 IED 均需設定，且測試環境僅能供該次測試使用，不利於重複操作。集中式保護之測試對象單一卻包含整體變電所，若非需測試跨變電所保護，則在測試不同變電所時也可使用既存之測試案例進行。此外集中式保護應僅一台設備，利於備份其設定檔進行測試或研究，也較利於模擬實際變電所情形。講者認為此架構之便利性有利於未來於市場推廣，電力從業人員應積極關注其後續發展。

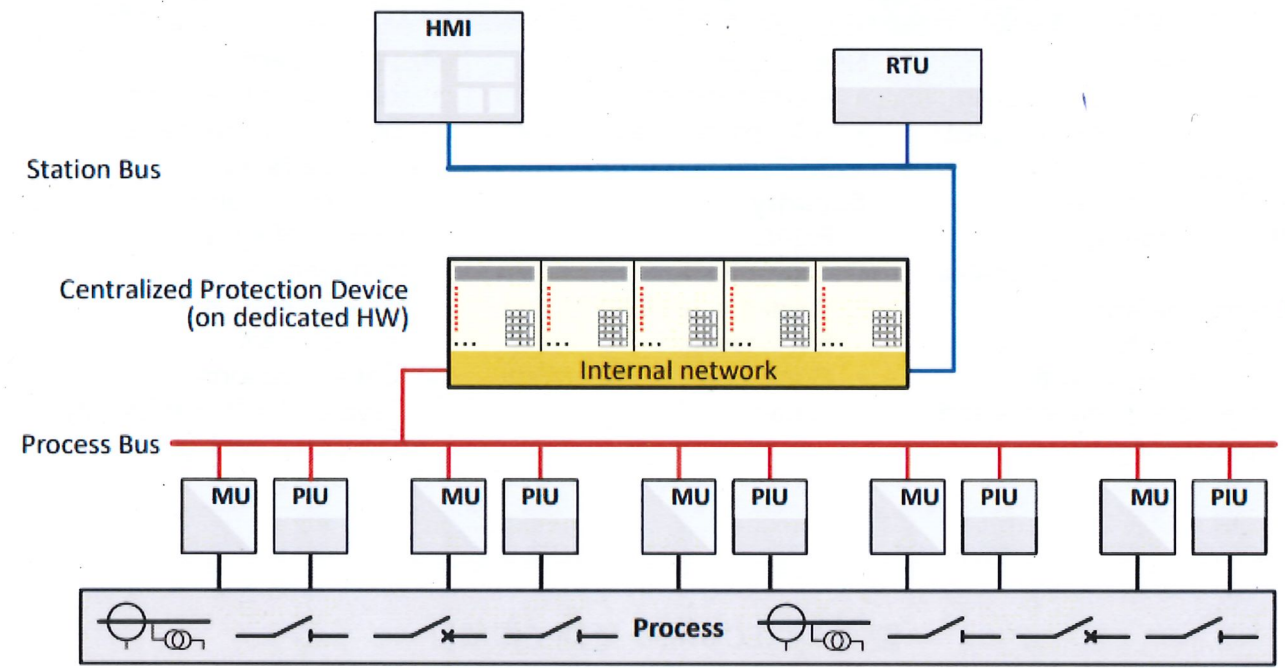


圖 1-6-1 集中式保護變電所

### (七)荷蘭-Stedin

本主題講者 Rene Troost 來自荷蘭 Stedin，Stedin 為荷蘭南部之輸配電公司。同前面各電力業者面對之問題，Stedin 之系統現含 2.4GW 太陽能，1GW 風力，36,000 具電動載具電能補充設備，並評估於 2030 時達 7GW 太陽能，1.6GW 風力，155,000 具電動載具電能補充設備。面對能源轉型，該公司策略有三，新建線路、優化監測能力、優化使用程度降低壅塞。

在推行智慧電網過程中，很大的挑戰是技術人員與經理人之溝通。對技術人員而言，經理人之刻板印象包含會複雜化問題、需要花費大量心力處理組織內議題、難以推動計畫、不了解現場實務、特別注重 KPI，但講者認為多數經理人對新科技持開放態度，且能引入不同於技術人員之觀點。技術人員需更主動去了解經理人想法，以讓經理人能了解技術人員。

回到電網議題，Stedin 之智慧電網計畫始於 2007 年，其過程如圖 1-7-1 所示。2005 時 Stedin 併購數家電力公司，各電力公司有不同之 PAC 系統，且高度依賴於設備商，且功能各異。為求整合，Stedin 決定引入 IEC 61850 作為公司各變電所之標準。選擇 IEC 61850 之原因為其為國際標準，且架構包含 SCADA 與 OT 系統，當時認為此標準值得長期投資。2012 年，Stedin 成功建立多設備商之 PAC 系統，2014 年，開始上到下之工程規劃，2015 年開始模組化，2019 年開始 Process Bus 之先導場域，2020 年建立 IEC 61850 架構之配電自動化系統。

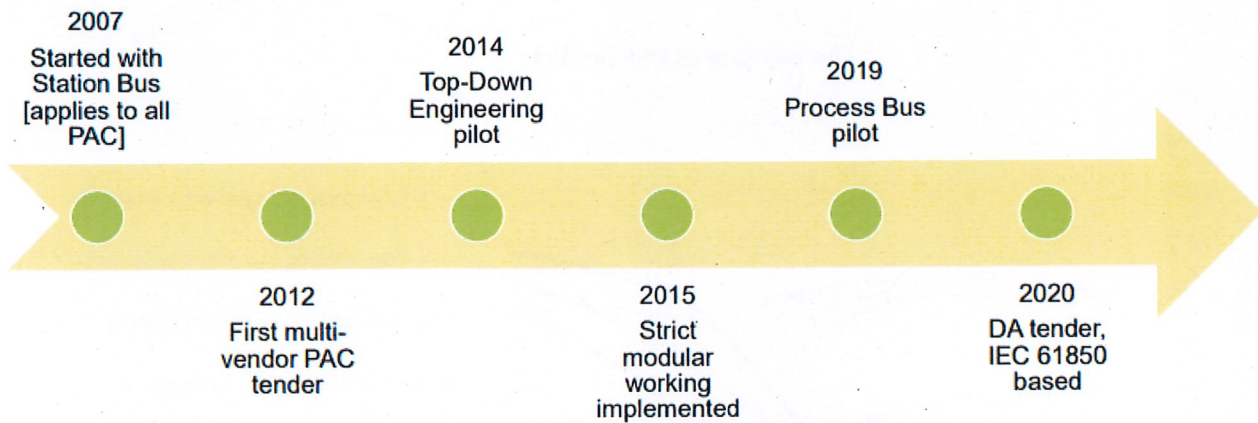


圖 1-7-1 Stedin 智慧電網沿革

Stedin 於 2020 開始 IEC 61850 之配電自動化，其架構如 1-7-2 所示，頭端之 RTU 會透過廣域網路與現場感測元件和感測元件通訊，後端以 MMS 與 OT 和 IT 系統分別傳送資料，另有管理系統進行韌體管理與設定值設定。預計於 2031 完成共 22,000 變電所配電自動化。

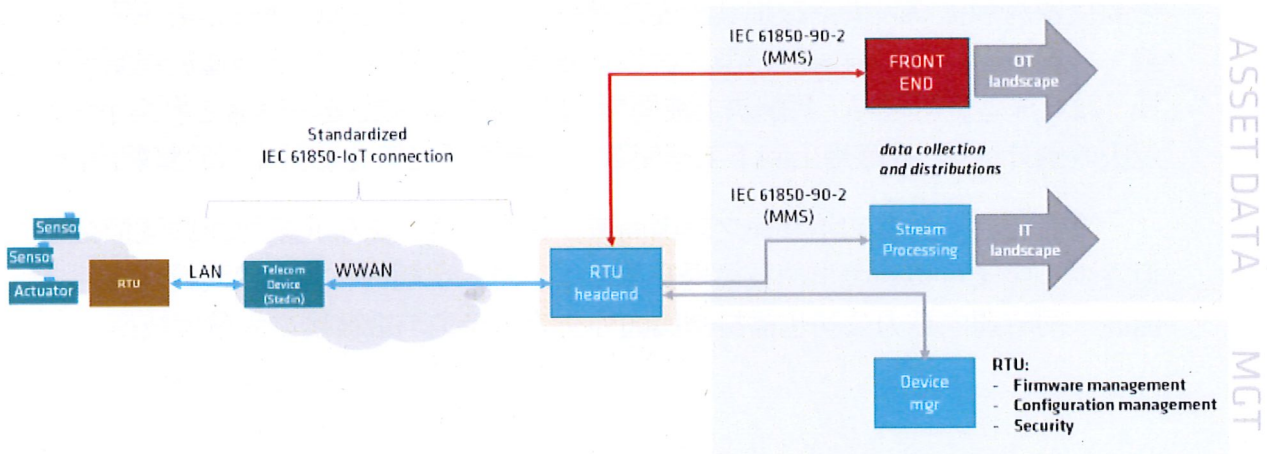


圖 1-7-2 Stedin 之 IEC 61850 配電自動化架構

## (八)巴西- Electrobras

講師 Pablo Humeres 來自巴西 Electrobras，講述該電力公司於 IEC 61850 之進程與如何與供應商合作。IEC 61850 變電所之計畫其工作項目包含符合標準、確保互操作性、具備合適之保護功能、相關維護工具與實際驗證。

巴西之電力系統約有 50%水力發電、11%分散式能源、12%風力、5%光電，總容量 211GW，且預計 2027 年會成長 10%。高壓輸電線路總長 179,311km，預計 2027 成長 20%。巴西現有 16 座具 Process Bus 之數位化變電所，且另有 15 座興建中。如圖 1-8-1，預計於 2026 年數位化變電所數量會超過傳統變電所。與傳統變電所相比，數位化變電所興建速度更快，節省硬線且占地更小。

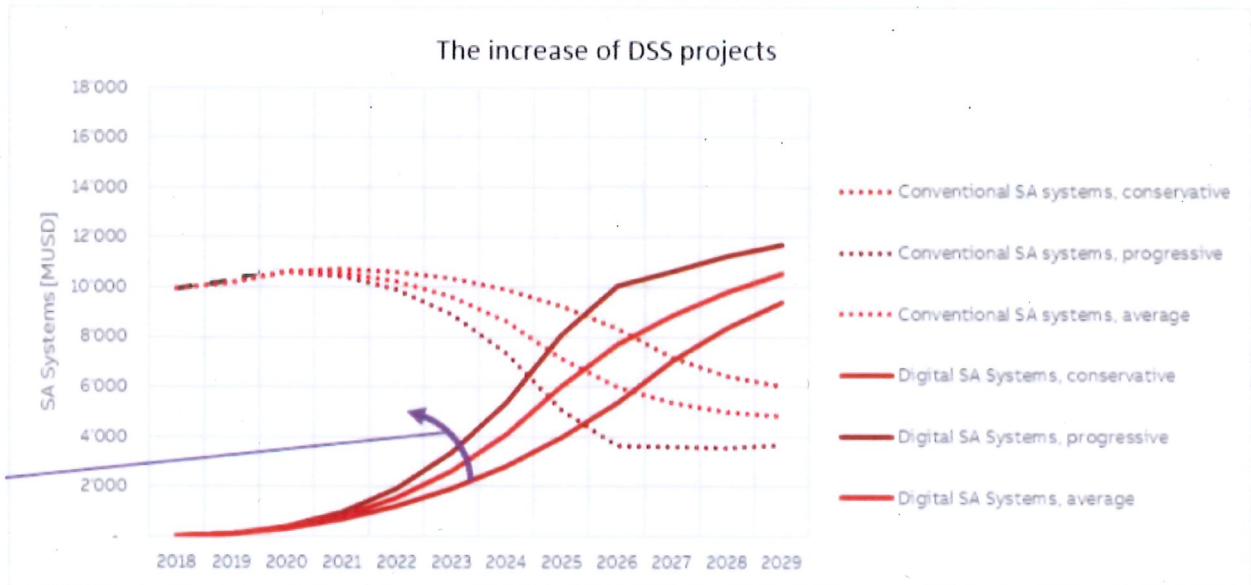


圖 1-8-1 巴西數位化變電所成長

在興建數位化變電所時，講者提及多數巴西之量測設備商不具備網路通訊功能，需要反覆溝通提高設備商改進其設備之意願。通訊設備之基礎建設亦需花費大量金錢。多數既有計畫很難臨時轉型為數位化變電所，且往往此概念多僅於規劃階段提及，而無法落實於現場。為解決上述問題，Electrobras 成立量測設備之專案小組，廣泛吸收國外經驗。且應用上到下工程使數位化變電所之概念能更扎根於整體設計中。

講者認為於計畫初始參與之設備商較少很容易導致數位化變電所興建價格昂貴，但逐步發展後可透過競爭使技術提升與價格下降，現國內也陸續出現符合條件之設備商。同時國內電力公司也需持續與國外交流，汲取前端發展之經驗與技術。



## 二、 Day2

### (一)德國- Stromnetz Hamburg

講者 Bendic Ritt 來自德國 Stromnetz Hamburg，該公司為德國漢堡地區之配電公司，該公司容量為 1.6GW，有 55 座 110kV/10kV 之一次變電所。本演講講述其有關一次變電所數位化之規劃。

相較於輸電公司，配電公司之規模較小且缺乏相關資源，欠缺將變電所數位化之動機。然而面對能源轉型，如前述為講者所述，大量小型光電與電動載具電能補充設備併於配電網導致配電線路壅塞之情況頻發，配電公司不得不思考如何改善其轄下電力系統。

Stromnetz Hamburg 於 2020 開始 UW2030 計畫，期望建立公司內 110kV/10kV 一次變電所之規範且涵蓋 IEC 61850 之相關技術。其預計於 2025 年前興建示範場域如圖 2-1-1 所示，並以此經驗為基礎興建後續一次變電所。此示範場域包含兩條 110kV 饋線以 H2-Bridge 連接、2 具 110kV/10/10kV 變壓器、4 具 10kV 匯流排(2AIS、2GIS)，並期望使用 Process Bus、Station Bus、上到下工程、集中式保護、IOT、遠端控制等技術。

Stromnetz Hamburg 執行計畫時面臨幾個問題，首先為不清楚 IEC 61850 之網路架構與通訊協定，並需建立相關網路效能之測試實驗室。其二為不了解 IEC 61850 之資訊模型，如 LN、DO、DA，以及標準心涵蓋之 BAP 架構。為解決問題，Stromnetz Hamburg 開始相關訓練課程，並設立獨立組織架構辦理計畫，並挑選人員以輪替方式參與計畫以提高全體員工對相關知識的了解，同時設立測試實驗室。未來預計安排 FAT/SAT 之測試訓練、例行性之公司教育訓練、並編纂相關操作文件。

110 kV substation

110/10 kV substation

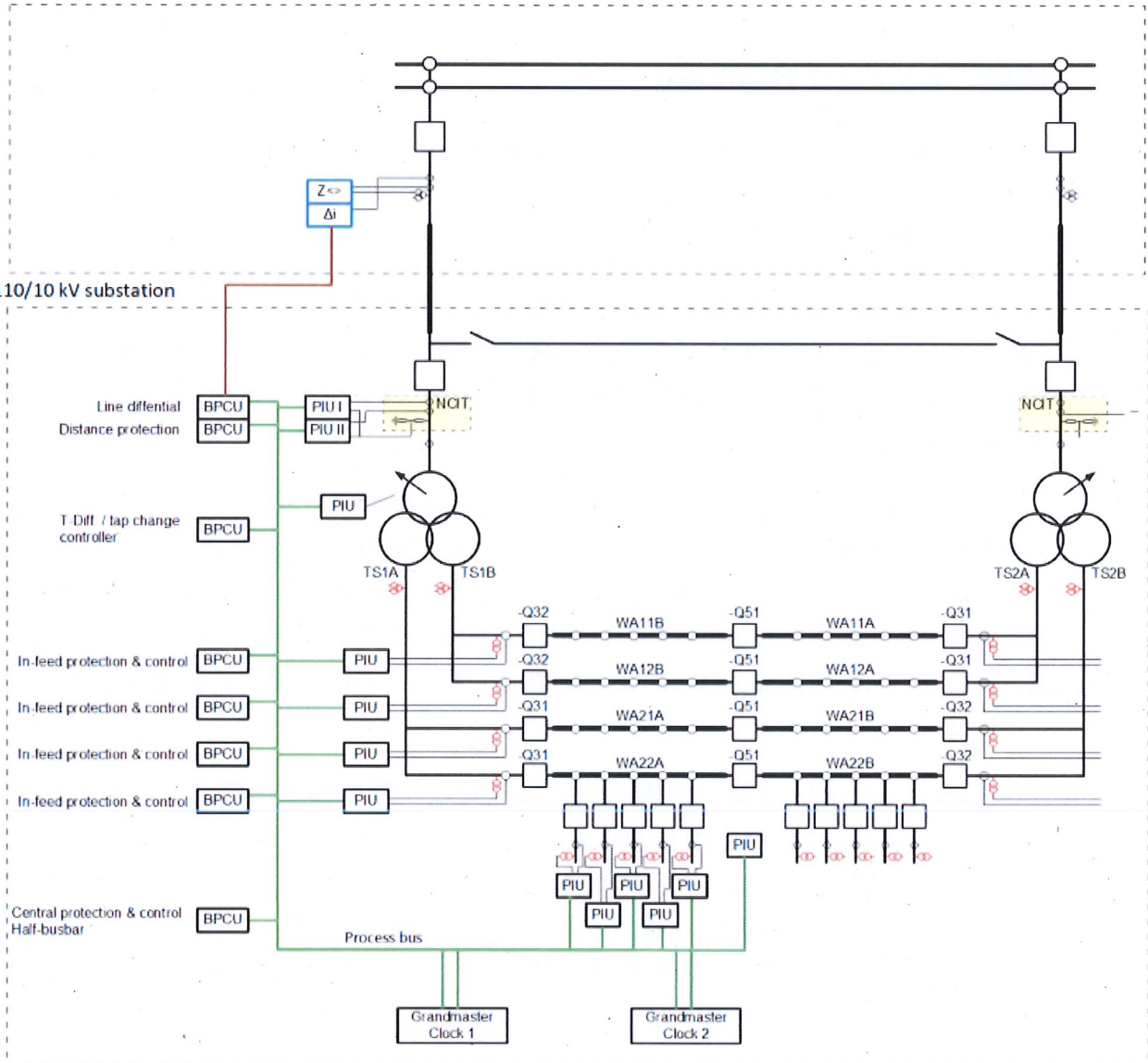


圖 2-1-1 Stromnetz Hamburg UW2030 示範場域規劃

## (二)智慧電網相關網路應用

本講題由 NOKIA 公司之 Hansen Chan 主講，介紹 NOKIA 對 IEC 61850 之相關網路架構。講者展示之智慧電網網路架構如圖 2-2-1 所示從饋線到變電所，再到變電所間資訊交換，而後傳輸至資料中心或調度中心。各處之資訊交換因應用需求不同，使用之通訊協定意有所差異。以變電所內通訊為例，從上至下各設備都需校時用之 PTP，而量測設備資訊交換使用 SV，開關啟斷、IED 通訊使用 GOOSE，SCADA 下達命令使用 MMS。除此之外還有網路規劃方式，如 PRP 與 HSR 兩種架構，取決於系統可靠性與回復能力之需求。而未來這些架構還需考量虛擬化設備之使用，要如何符合其可靠性與延遲時間要求。

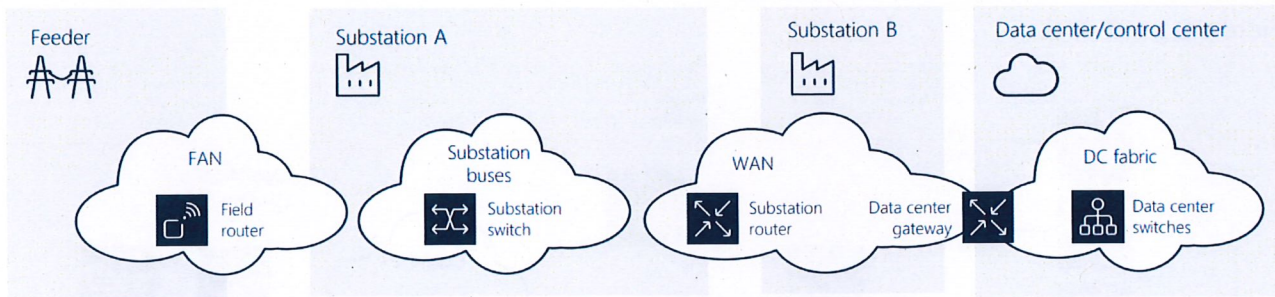


圖 2-2-1 智慧電網網路架構

變電所間或與資料中心之資料交換或會使用 WAN，講者認為未來需使用 IP/MPLS WAN 以符合需求如圖 2-2-2。因電力網之不同資料即時性需求不同，IP/MPLS WAN 可以給予不同服務不同標籤，使其具優先層級差異。

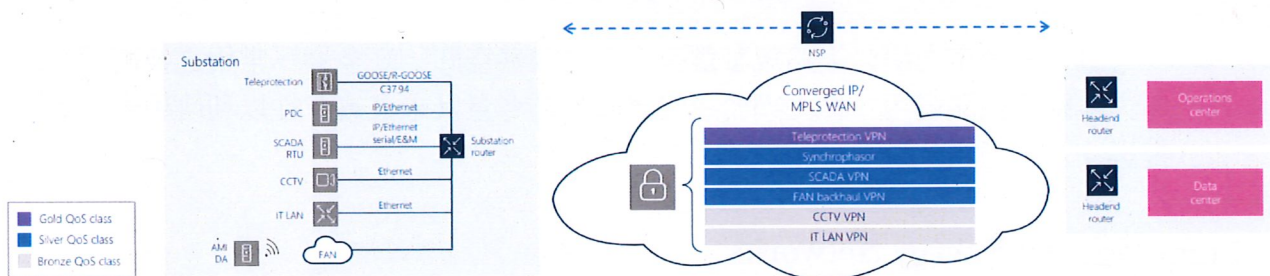


圖 2-2-2 IP/MPLS WAN

時間同步亦是智慧電網非常重要之議題，現我國各變電所多自設 GPS 時鐘，並以此為基準校時。NOKIA 建議若變電所具備 WAN 功能後，可使用 WAN 為時間原，如圖 2-2-3 之架構。

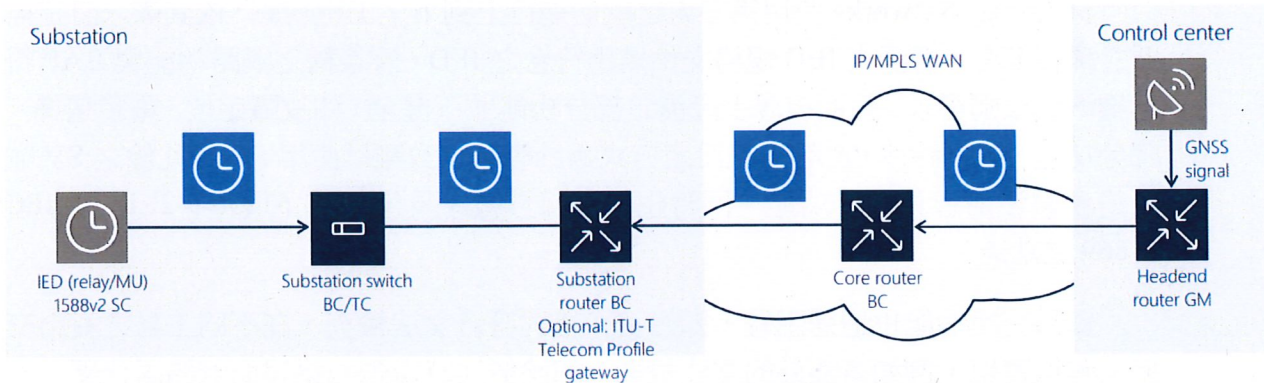


圖 2-2-3 時間同步架構

講者建議配電現場之設備可以採用無線網路進行控制，如圖 2-2-4，設備包含 PMU、SCADA RTU、線路開關、配電自動化之邊緣運算器。此架構可減少現場佈線，且仍具備高可靠性。

## Field area network

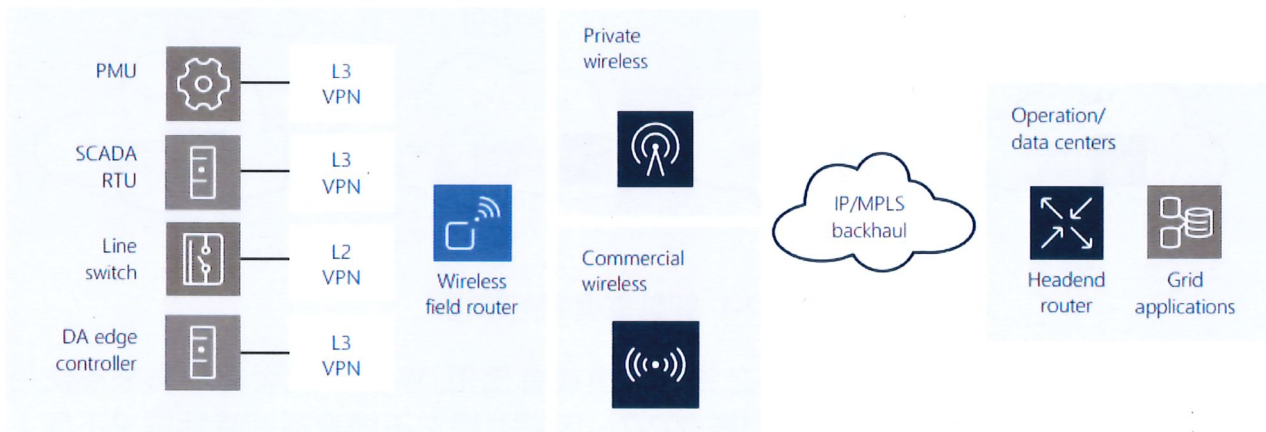


圖 2-2-4 配電自動化

講者認為電力網之網路規劃還有很大之改善空間，許多通訊常用之技術都可於電力網進行相關運用，電力網於網路建設時需考量其未來擴充性以利使用未來更迅捷與安全之通訊系統。

### (三)英國- SP Energy Networks

本講題由 Jennifer Mackenzie 來自英國 SP Energy Networks 介紹該公司進行多設備商專案的過程。IEC 61850 本質上希望各設備之資料交換有固定之格式，不再受限於各設備商之特殊規格，上到下之工程更是從變電所功能出發，於最後階段再依 IED 之功能需求放入符合之 IED。SP Energy Networks 基於此精神開始多設備供應商之計畫，以期能開放廠商競爭降低價格，並能更迅速更換故障設備提高供電品質。

SP Energy Networks 使用第三方之軟體進行上到下之工程規劃，依其需求訂定需要之邏輯節點，再匯入 IED 規格文件選出符合之 IED，該架構之網路功能與 BAP 符合標準與電網需求。然而市場上設備之部分功能並不健全，如故障定位、電壓選擇。部分功能，如冗餘性，於設備之設定方式過於複雜以致難以使用。訂閱冗餘之 SV 並不是多數設備皆具備之功能。同時也只有部分廠家具備 IEC 61850-9-2LE 與 IEC 61869 之功能。

資料交換功能也遭遇困難，即使資料格式符合文法檢查，在不同工具之資料交換仍難以實現，例如有額外的文法規則，卻餘錯誤時僅告知錯誤而無錯誤代碼。部分可選用之資料被設定為必須，且部分應可更改之名稱無法更改。即使輸入正確之 ICD 檔，卻展現出不同預期之功能。對 CID 檔應保留之設定內容各廠商不相同。

各設備即使設定相同展現之功能亦有差異，如時間與品質之資料屬性期處理方式不同；部分設備對測試功能之設定有預設值，如僅允許遠端或當地使用；監控用邏輯節點之表現有差異，例如 LCCH PRP。

儘管面對諸多困難，講者對多設備商之計畫仍持正面態度，畢竟標準期許各設

備之互操作性，未來也應會陸續更新標準內容以期解決相關困難。

#### (四)英國-Scottish & Southern Electricity Networks

本講題由 Mohseen Mohammed 來自英國 SSEN 介紹該公司電網之擴建計畫。如圖 2-4-1，因能源轉型英國現正大量興建離岸風機，全英國現離岸風機裝置容量已達 11.2GW，預估 2030 年時將達 50GW。同時英國也積極擴增電網容量以應對即將到來之風力發電，如 Holistic Network Design 規劃共 23GW 容量之線路，其中 11GW 位於蘇格蘭。

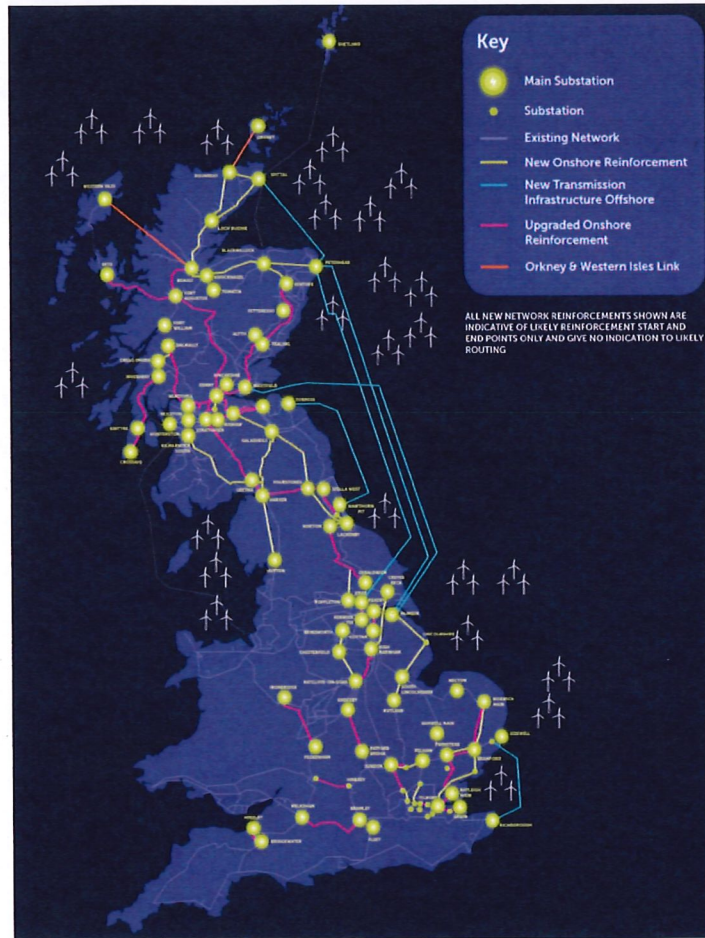
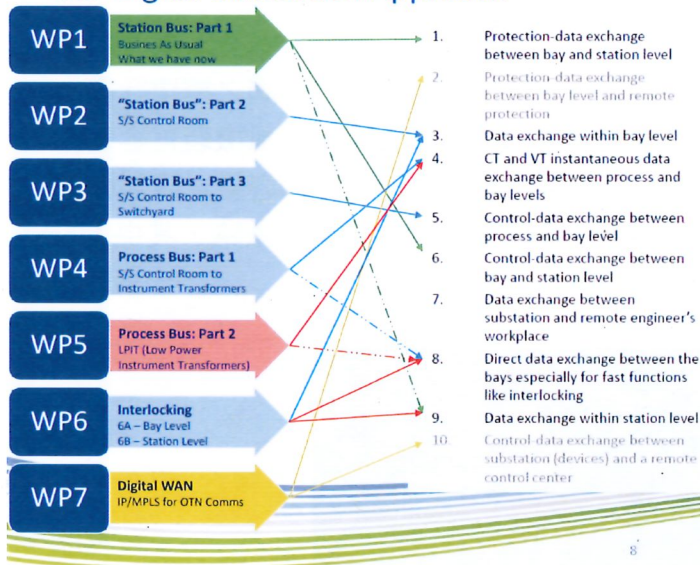


圖 2-4-1 SSEN 電網擴建

SSEN 已於 2018 興建四座具 Station Bus 符合 IEC 61850-8-1 之變電所，並整合具標準保護功能之 IED 設定檔。SSEN 也進行英國第一次之 IOP 測試，同時登錄符合之 IED 於冊。未來 SEEN 針對數位化變電所規劃 7 個工作項目，如圖 2-4-2，包含現有 Bus Station 功能維持、變電所控制室納入 Bus Station、變電所控制室到開關廠納入 Bus Station、變電所控制室到儀器用變壓器納入 Process Station、低功率儀器用變壓器納入 Process Station、Bay Level 與 Station Level 之互鎖機制、使用 IP/MPLS 之廣域網路。

# Digital Substations

## Our Digital Substation Approach



## BS EN 61850 Communication Model

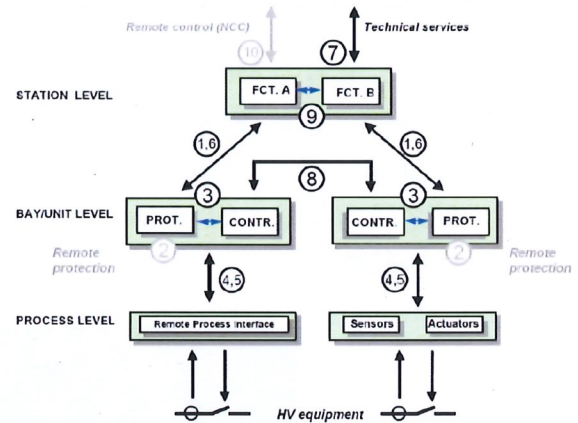


圖 2-4-2 SSEN 數位化變電所工作項目

其整體日程於 2022 開始進行相關研究，2023 開始各項目之細部設計，2024 完成先導案廠並開時應用於實際案廠興建，並於 2024 年底至少完成 2 處數位化變電所。此專案最特別處為預計採用 SDN 進行網路規劃，考量其能提升資訊安全，降低冗餘性要求，且可即時監控網路狀況。

### 三、 Day3

#### (一)冰島-Landsnet

本講題由 Birkir Heimisson 來自冰島 Landsnet 介紹該公司 IEC 61850 之應用情境。冰島之電力系統尖峰發電量約為 2.4GW，其能源 70%水力，30%地熱。輸電線路架空線 3199km，電纜 327km，共 85 間變電所。電壓等級分三種 220kV、132kV、66kV，線路圖如圖 3-1-1。

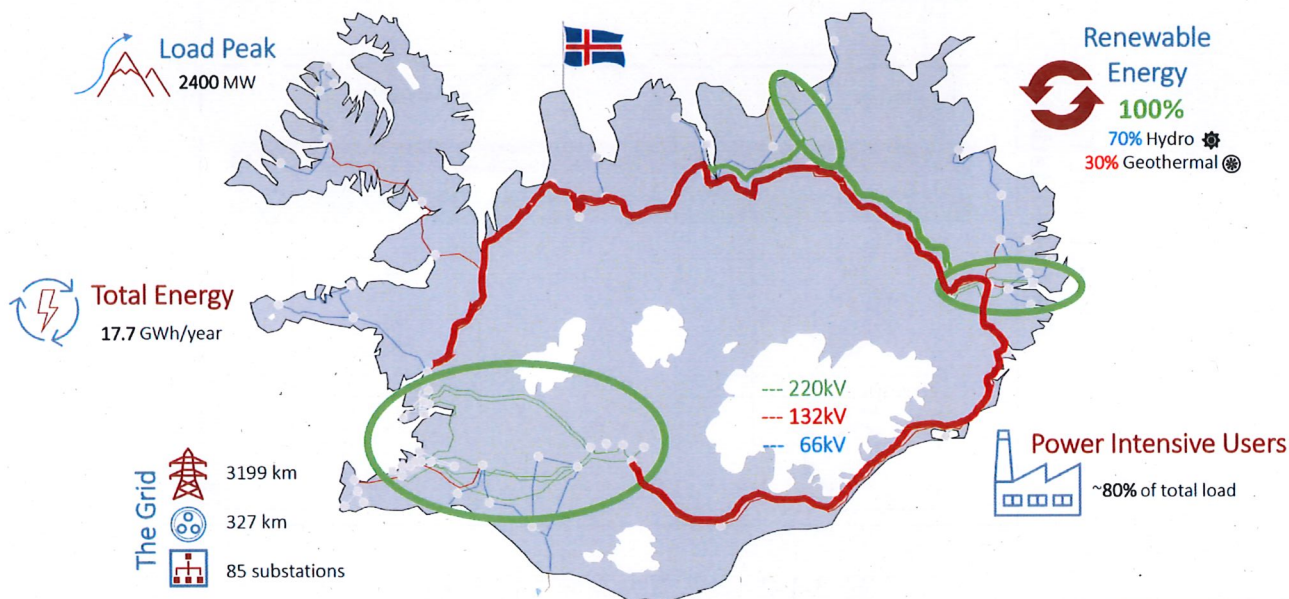


圖 3-1-1 冰島電力系統

因地廣人稀，該公司架設約 110 具 PMU 用以監控電網狀態。目前全島共 12 間變電所已完成數位化，其設計採用上到下工程，可使用不同供應商之設備。其變電所之網路如圖 3-1-2 所示，可分為兩種，一種為服務網路，類似一般 IT 網路，可連至服務網路之伺服器；另一種為 IEC 61850 網路，包含 Station Bus 與 Process Bus，且具備 PRP 架構，連線對象包含調度中心 SCADA、其他變電所、PMU 管理系統。跨變電所通訊線採用 C37.94，未來預計使用 Routable GOOSE 和 Routable Sampled Values。考量當地維護人員較難進行現場維護，其系統之 PTP 訊號亦是透過 WAN 發送，再以變電所內時鐘做為冗餘，如圖 3-1-3。

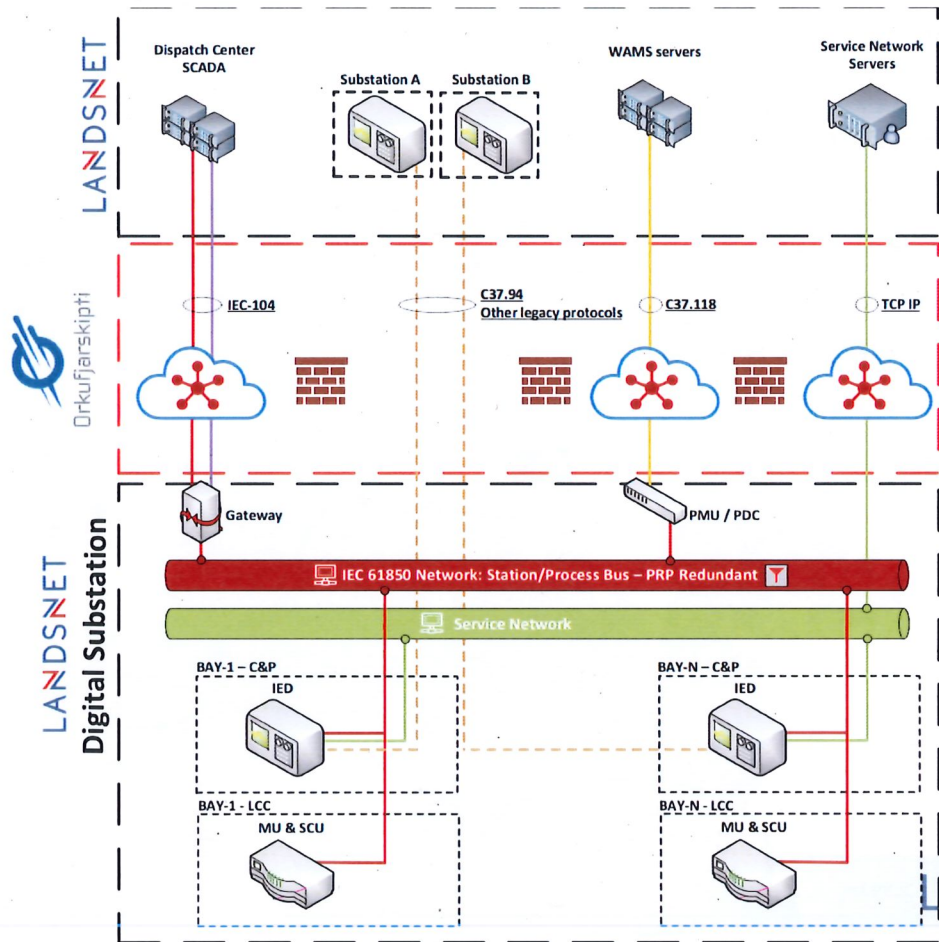


圖 3-1-2 冰島電力系統網路架構

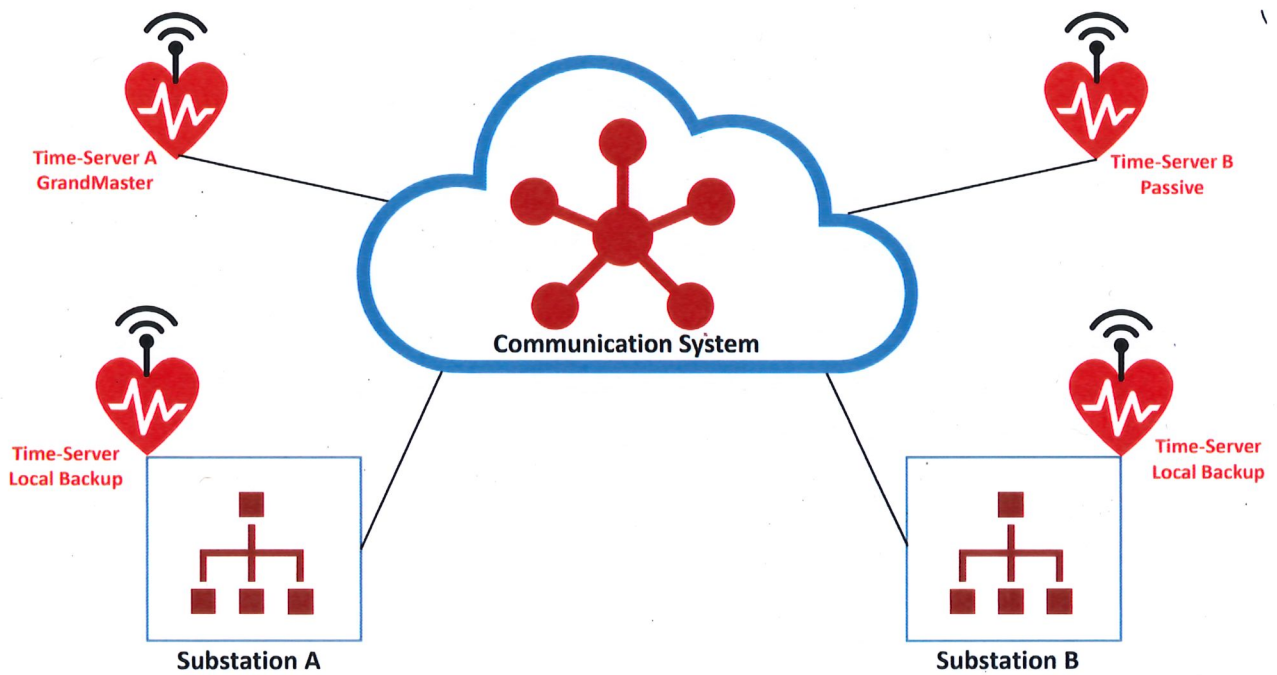


圖 3-1-3 冰島電力系統 PTP 架構

現 Landsnet 於其系統進行廣域網路之 PRP 與 HSR 架構測試，如圖 3-1-4 與圖 3-1-5。冰島因其地理與氣候因素，難以人員進行維護，為此廣泛開拓各種廣域網路



之應用情境以提升系統可靠性，雖與台灣之情境差異甚大，但其研究與應用之精神值得借鑑。

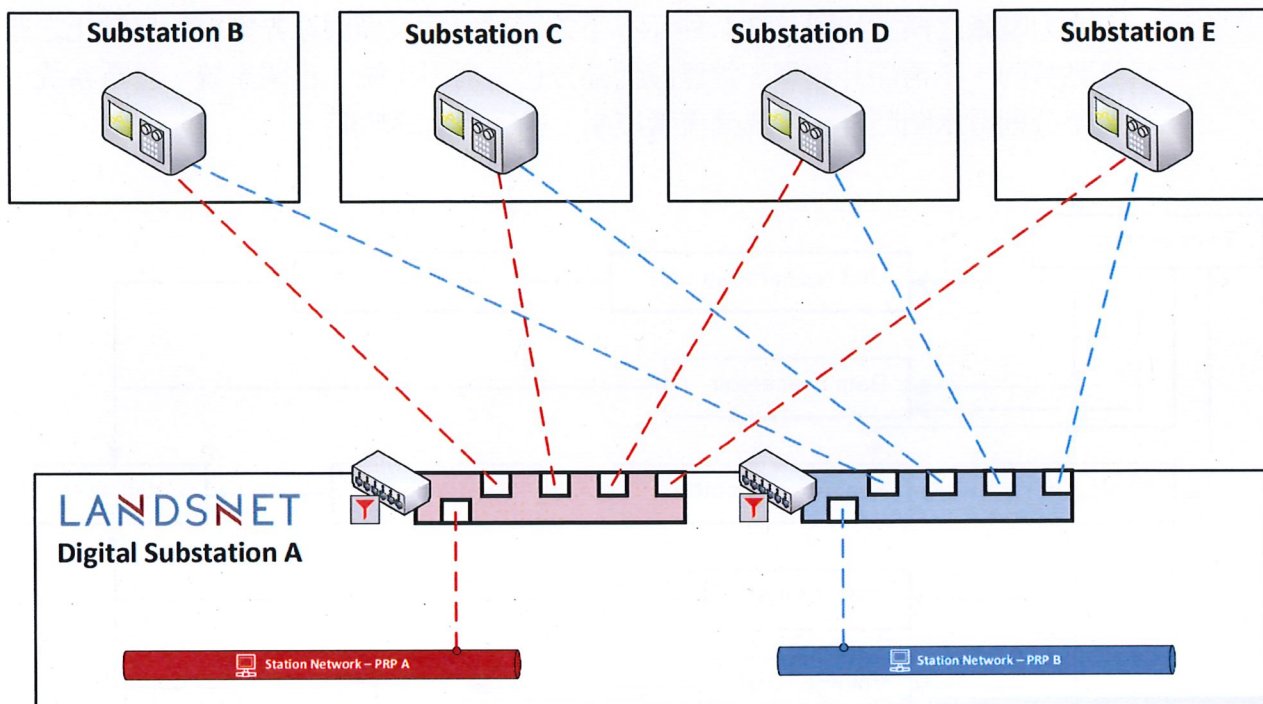


圖 3-1-4 廣域網路 PRP 測試

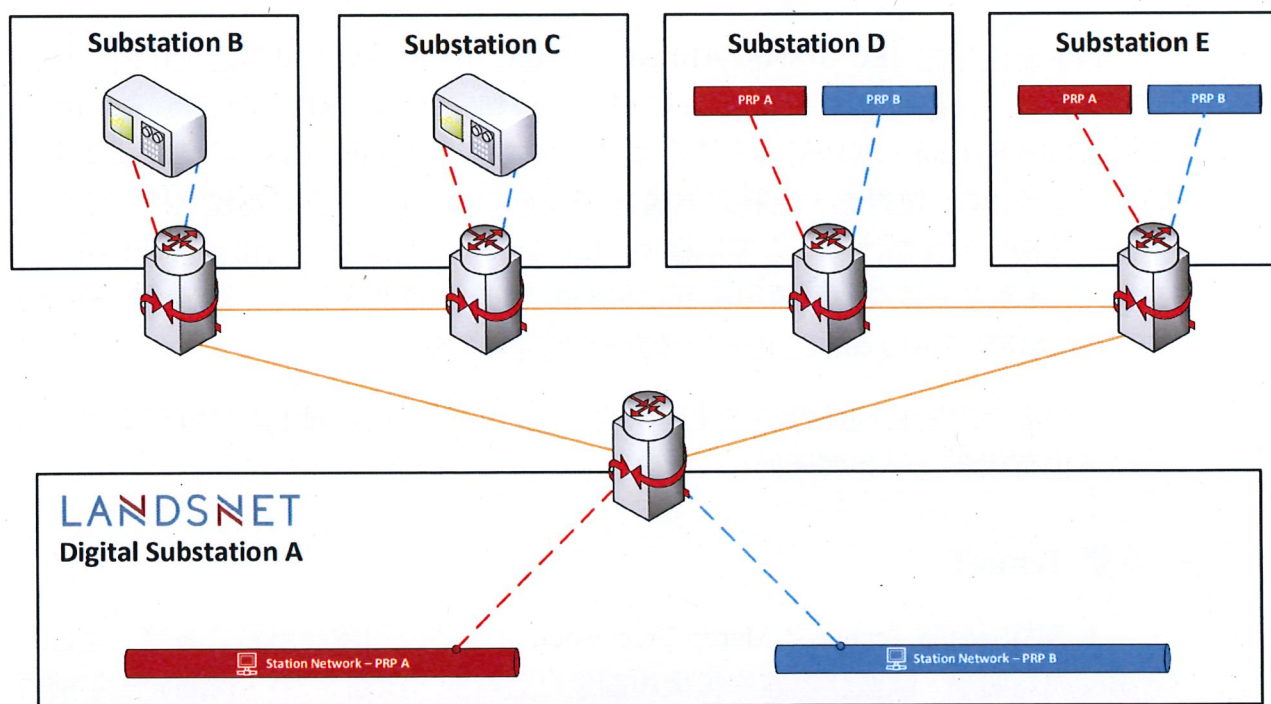


圖 3-1-5 廣域網路 HSR 測試

## (二) IEC 61850 於水力電廠應用

本講題由 IEC TC57 WG18 之 Eric Wejander 介紹近期 WG18 有關 IEC 61850 用

於水力電廠之工作內容。WG18 目前雖僅頒布有關水力電廠之 IEC 61850 內容，但其目標包含大型蒸氣與氣渦輪之資料模型。

水力電廠之模型如圖 3-2-1 所示，下方變壓器等設備與原先變電所自動化之邏輯節點雷同，不再額外建模。實體設備部分包含河川系統、水閘系統、發電系統，功能部分則有水閘門控制、渦輪流量控制、發電控制等功能。

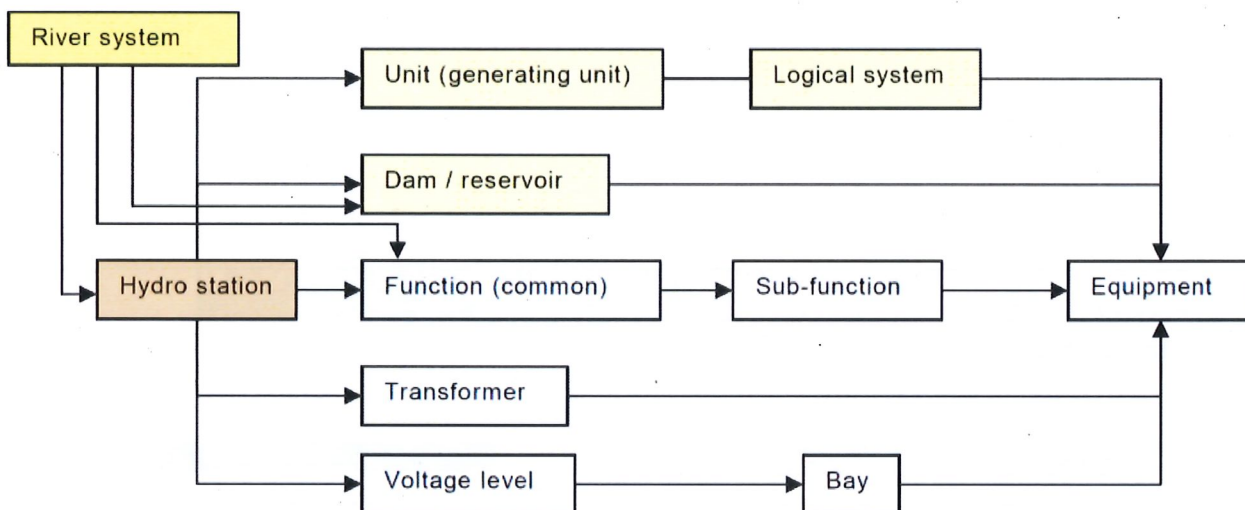


圖 3-2-1 水力電廠模型

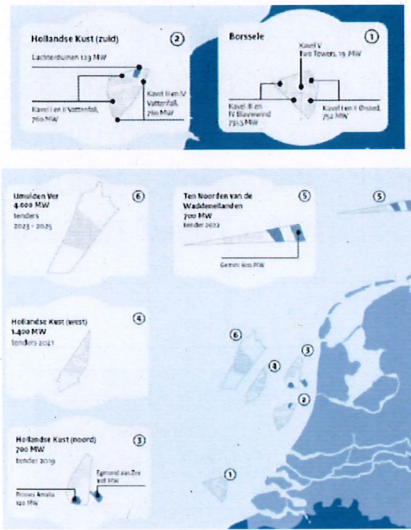
目前制定中之 IEC 61850-7-410 ed.3 與 IEC 61850-7-510 ed.2 之工作內容包含 RDS 導入、階層式架構、其他 IEC 61850 標準之調和。RDS 全名為 Reference Designation System，其功用為系統化命名系統內各設備，IEC 61850-7-510 ed.2 希望將此系統與 SCL 做對應。階層式架構為 IEC 60050-351，其目的為建立控制流程之階層式架構，包含物件導向之控制模型。IEC 61850 其他標準之調和包含 IEC 61850-7-420 之發電設備資料模型調和與 IEC 61850-7-500 之量測、監視、控制邏輯節點調和。IEC 61850-7-410 ed.3 之正式版預計於 2024 年底頒布。

與會者有提問目前此標準之使用狀況，講者表示部分中國水力發電有使用，目前台電也有相關之研究案進行。

### (三) 荷蘭-TenneT

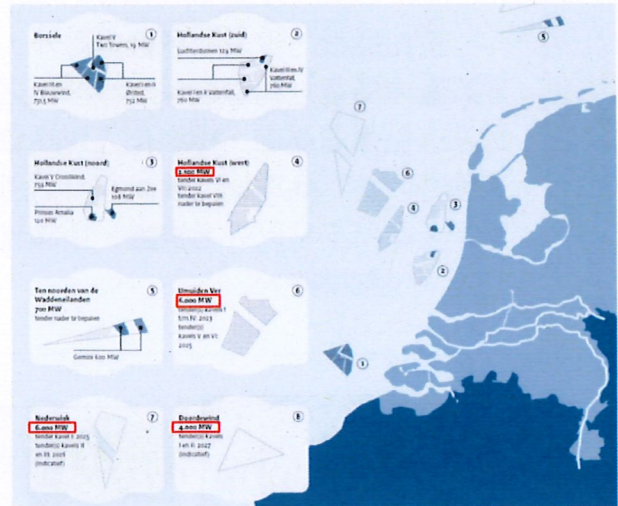
本講題由荷蘭 TenneT 之 Martin Greenwood 介紹該公司離岸風電之發展。隨著淨零排碳成為顯學，歐盟諸國離岸風機規劃量日益增加，如圖 3-3-1，荷蘭於三年前規劃之 11GW 現已規劃 21GW，圖 3-3-2 則顯示德國 TenneT 至 2030 已規劃 14GW。

### NL Plan to 2030 (3 years ago)



11GW

### NL Plan to 2031 (now)



21 GW

圖 3-3-1 荷蘭離岸風電建設

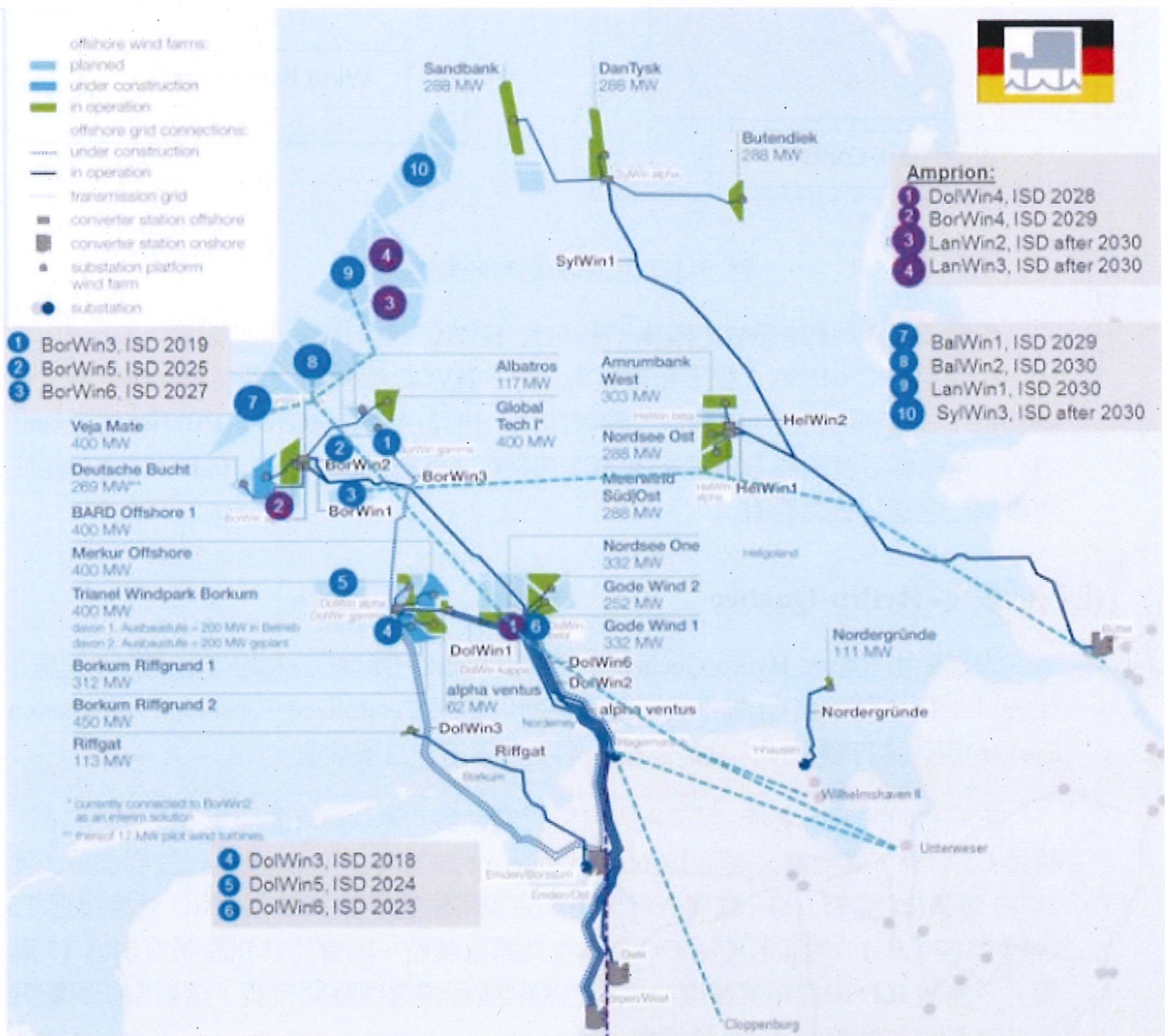


圖 3-3-2 德國離岸風電建設

離岸風機之建設除風機本體外，相關輸電設備與變電所也式至關重要。TenneT 建設離岸風電之輸電網採取標準化之方式興建，並期望此標準能符合荷蘭與德國之電業管制機關要求。標準化之建設會增加初期投資，但若計畫具再利用性則可於未來獲得收益。輸電網之建設同時需考慮離岸變電所之特性，類似於冰島之變電所，離岸變電所不易以人力維護，且為無人化，需要確保其高可靠性，TenneT 採用三重之方式規劃網路。

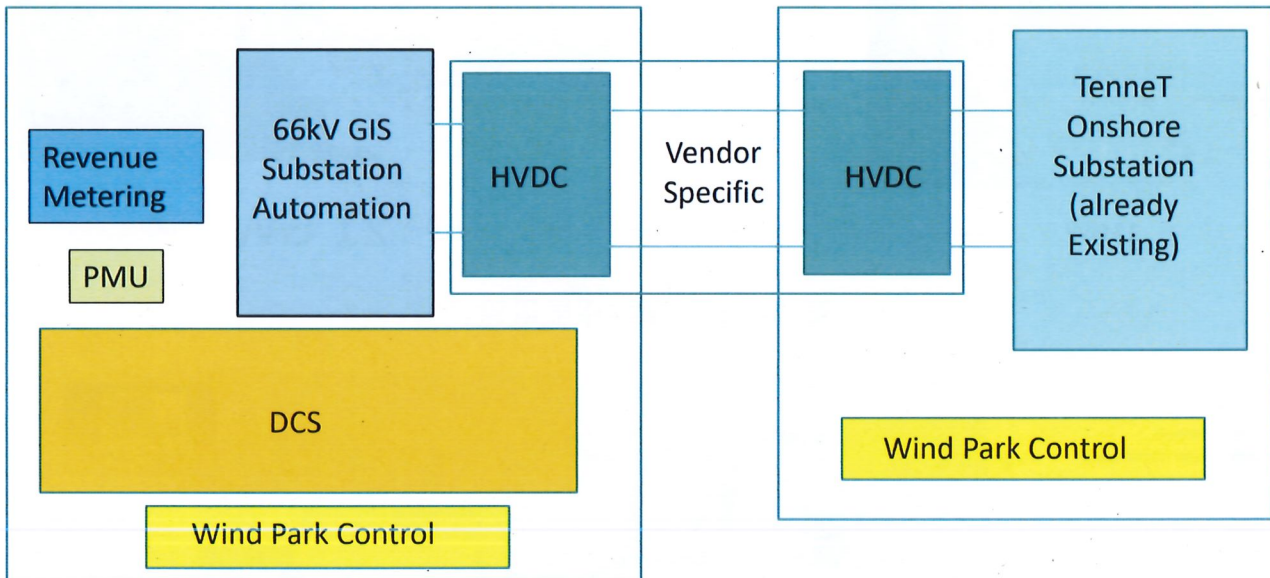


圖 3-3-3 離岸風電系統整合

如圖 3-3-3，離岸風機之設備同時包含 HVAC、HVDC、輔助設備，TenneT 於 HVAC 採用 IEC 61850 之標準化變電所通訊，HVDC 與輔助設備為廠家自定義之通訊協定。三者資訊傳至 OT 資訊交換網路後，再藉由 IEC 60870-5-101/104 送至調度中心。有與會者表示現 HVDC 已有 IEC 61850 之資料模型，未來 HVDC 之建設應使用標準化之通訊較為合宜。

#### (四)加拿大- Hydro-Quebec

本講題由加拿大 Hydro-Quebec 的 Carl Boucher 介紹該公司如何監測網路效能。如圖 3-4-1，該公司建立集中式變電所自動化系統(Centralized-Substation Automation System)用以進行變電所之功能診斷，本次介紹下方三項功能。

首先是時間同步功能，因該系統監控對象包含 PMU，對時間同步之要求非常高，根據 C37.118，高效能之網路其 total vector error 誤差需在 1% 以內，一般要求至少要為 T3 等級(誤差  $25 \mu s$ )。講者表示使用該系統可驗證多數 IED 之 PMU 精度接近 T5 等級(誤差  $1 \mu s$ )，然而若使用 GOOSE 做為訊息載體，則會使其訊息精度超出 T3 範圍。令多數 IED 未宣稱其精度之原因也與其處理器處理時間有關，透過系統可觀察到 IED 於繁忙狀態時 PMU 精度會下降。



圖 3-4-1 C-SAS 系統功能

每 30 分，C-SAS 就會傳送同步訊號給所有 IED，並透過圖 3-4-2 之方式計算各過程需花費之時間。依此方法可確認 IED 之同步功能是否正常，C-SAS 也會對於誤差過大之 IED 發布警報。該公司同時利用此系統進行高流量時 IED 能力測試，發現僅一家 IED 不受高流量之情況影響，其他廠牌 IED 之效能會指數衰減。

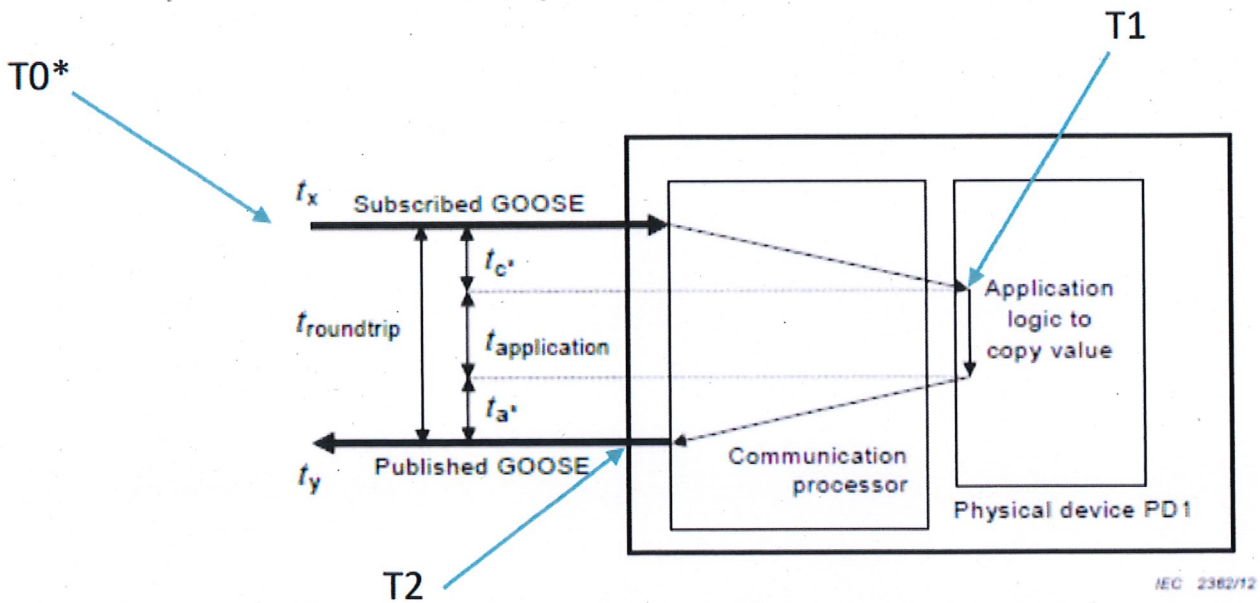


圖 3-4-2 GOOSE 效能計算

有了精確的同步系統後，最大的功能是持需監測各操作之延遲時間，如開關啟斷之反應時間。這數據是非常優秀之預防保養指標，在持續監測的過程中也可明顯發現開關啟段時間逐漸拉長。講者表示未來希望能將 SV 納入此系統之監測範圍內，並提升 COMTRADE 資料之時間校正功能。

## 參、心得與建議

經歷兩年之線上會議後 Smart Grid Forum 再次舉辦實體之 IEC 論壇，並將主題擴增至同時三個場次，本次出國雖只參與 IEC 61850 之部分，亦感到收穫良多，未來若有業務需求也希望能參加 CIM 或資安之講座。

本大會講者為全球各地之電力從業人員，但都指出面對能源轉型時電網功能的提升刻不容緩。本公司雖已逐步改建傳統變電所為數位化變電所，但較缺乏利用數位化變電所資料收集之能力，進一步做加值應用的案例，透過本次大會可看到國外之應用方式，如線路容量之監控、預防保養之資料蒐集等，可供業管單位參考。

最後，IEC 61850 仍是持續增進之智慧電網標準，廠商也陸續推出其不同之應用設備，期望公司能持續跟進國際發展之趨勢，順利達成淨零轉型之目標。

