

# 出國報告（出國類別：開會）

## 參加 2017 東亞電力技術研討會

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

姓名職稱：洪紹平 所長

蒲冠志 研究發展企劃室主任

張文奇 電機研究專員

陳曉薇 一般工程資深研究專員

王永富 電機助理研究專員

張志榮 一般工程專員

梁威志 電機工程專員

溫建樹 高壓試驗專員

陳思瑤 電機工程專員

派赴國家：韓國

出國期間：106 年 9 月 4 日至 106 年 9 月 8 日

報告日期：106 年 11 月 6 日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加 2017 東亞電力技術研討會

頁數 45 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司人資處/陳德隆/ 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

洪紹平/台灣電力公司/綜合研究所/所長/ 2360-1001

蒲冠志/台灣電力公司/綜合研究所/研究發展企劃室主任/ 2360-1170

陳曉薇/台灣電力公司/綜合研究所/一般工程資深研究專員/ 2360-1166

張文奇/台灣電力公司/綜合研究所/電機研究專員/ 2360-1236

王永富/台灣電力公司/綜合研究所/電機助理研究專員/ 8078-2308

張志榮/台灣電力公司/綜合研究所/一般工程專員/ 8078-2272

梁威志/台灣電力公司/綜合研究所/電機工程專員/ 8078-2253

溫建樹/台灣電力公司/綜合研究所/高壓試驗專員/ 8078-2411

陳思瑤/台灣電力公司/綜合研究所/電機工程專員/ 8078-2460

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 開會

出國期間：106 年 9 月 4-8 日 出國地區：韓國

報告日期：106 年 11 月 6 日

分類號/目

關鍵詞：東亞電力技術研討會，電力系統自動化，再生能源，智慧配電，試驗與檢驗

內容摘要：(二百至三百字)

- (一) 2017 東亞電力技術研討會(East Asia Electric Technology Research Workshop)於 9 月 4-8 日在韓國濟州島舉行，本項研討會的會員機構除本所外，尚包括中國電力科學研究院(CEPRI)、日本電力中央研究所(CRIEPI)、韓國電氣技術研究所(KERI)。
- (二) 本屆研討會輪由 KERI 主辦，共同討論(Plenary Session)主題為 Power Automation and ICT Application，分組討論(Technical Session)主題包括：Smart Utilization of Power & Energy、Power System Analysis and

Operation、Renewable Energy and Integration、Maintenance and Smart  
Distribution Network、Testing & Measurement 等研究領域。

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、開會內容 .....	2
一、Plenary Session .....	2
二、Technical Session.....	5
(一)Smart Utilization of Power & Energy .....	5
(二)Power System Analysis and Operation.....	20
(三)Renewable Energy and Integration .....	25
(四) Maintenance and Smart Distribution Network .....	31
(五)Testing & Measurement.....	36
三、技術參訪 .....	38
參、心得及建議 .....	44
肆、參加會議照片 .....	45

## 壹、出國任務與行程

2017 東亞電力技術研討會(East Asia Electric Technology Research Workshop) 於 9 月 4-8 日在韓國濟州島舉行，本項研討會的會員機構除本所外，尚包括中國電力科學研究院(CEPRI)、日本電力中央研究所(CRIEPI)、韓國電氣技術研究所(KERI)。

本屆研討會輪由 KERI 主辦，在議題討論前，會議先由各機構針對其公司 R&D 發展策略及面臨的挑戰作深入報告與交流，本屆研討會由本所洪所長領隊參加，並安排各領域研試人員發表簡報。

本屆研討會共同討論(Plenary Session)主題為 Power Automation and ICT Application，分組討論(Technical Session)主題包括：Smart Utilization of Power & Energy、Power System Analysis and Operation、Renewable Energy and Integration、Maintenance and Smart Distribution Network、Testing & Measurement 等研究領域，上述研討會議題均為當前電力事業重要探討與研究的項目，為能進一步深入瞭解電力技術之研發趨勢，本所相關研試領域人員有必要積極與各國專家研討電力技術相關議題。

藉由參加本會議，可與國際電力機構討論本公司高層關切議題與各會員國討論、獲得國際電力技術成果與經驗分享外，更增進電力科技研發能力及經營管理議題之解決能力，提昇本公司電力供應安全、服務品質及經營管理之研發與改善能力。另可獲取各會員國最新電力科技與系統安全管理之資訊，作為規劃與改進本公司相關業務之參考。

此外，2019 年東亞電力技術研討會將由本所在台灣舉辦，主辦國可獲得研討會討論議題之提議權。為能充分發揮此會議之效益並拓展國際能見度，本所亦派研究發展企劃室國際交流主辦人員參加本會議，前往了解研討會運作方式並向其他國際機構取經。藉由主辦此會議，可將本公司面臨之技術問題、各系統單位營運需求、經營策略等納入討論議題中，以獲得國外電力機構之經驗與成果，並展現本公司研究發展成果、提升國際知名度，進一步建立國外交流管道。

出國行程如下:

日期	活動內容
9月4日(一)	台北→韓國濟州島(往程)
9月5日(二)	參加 2017 東亞電力技術研討會
9月6日(三)	參加 2017 東亞電力技術研討會
9月7日(四)	技術參訪
9月8日(五)	韓國濟州島→台北(返程)

## 參、開會內容

### 一、Plenary Session

(一)本屆全會(Plenary Session)主題依序報告之內容主題、單位與報告人如下:

1. Wireless Virtual Private Network Technologies for Smart Distribution and Utilization Service, 中國 CEPRI, Dr. Tong Jie。
2. A Feasibility Evaluation of Smart Grid Communication Platform - Applicability of XMPP, 日本 CRIEPI, Mr. Hiroyuki Yusa。
3. The Development of Wind Turbine Information Integration System, 台灣 TPRI, Ms. Szu-Yao Chen。
4. Study on Power Telecommunications, 韓國 KERI, Dr. Kim Jaemoon。

(二)茲簡述各報告主題之內容如下:

#### 1. Wireless Virtual Private Network Technologies for Smart Distribution and Utilization Service

本報告介紹用於智慧配電的無線虛擬私人網路。首先提及目前通訊應用主要著重於銷售、營運、施工與供應，例如:電力資訊蒐集、負載控制。其提及目前無線網路架構的一些問題，其中於公共網路中因廣域 IP 可尋址、公開開放特性，導致可能有資安風險，並且目前無線網路設備終端可能都還是使用一般通信的 SIM 卡，而且資訊的邊界 Gateway 可能有時不是連接單一網路而是會連接到其他網路。

本案所論述的新無線虛擬私人網路架構，於無線網路設備終端是使用工業級應用的 SIM 卡，並且邊界 Gateway 不連接於其他網路、使用專用網路、私有 IP 且與公共網路實體隔離。本案所論述的新無線虛擬私人網路架構已於實驗室架設並測試。

## **2. A Feasibility Evaluation of Smart Grid Communication Platform - Applicability of XMPP**

本報告首先提到智慧電網應用下，配電自動化、智慧電表與需量反應之資訊可以被互相使用，但這三種應用是使用不同的應用層協定，使得這些資訊不易被互相使用。

為了使這三種應用的資訊可以被互相使用，應於這三種應用間有一個通訊平台以整合應用層協定，而整合的好處在於資料格式的通用以及通訊協定的一致，為的就是可以簡化應用程序的開發和運行。本案所提出的是利用 XMPP 技術的通訊平台。

XMPP 是一通訊協定，XMPP 訊息使用 XML 編碼，其有加密與認證的資安機制還有避免服務中斷的機制。目前已被 IEC 62056 與 OpenADR 採納，也將要被 IEC 61850 採納。

以下是本案通訊整合的三個重點:1.通用的 XML 數據格式 2.統一的 XMPP 通訊協定 3.統一的 ACSI API。本案將以上架構用三台一般的電腦實作，分別是兩台 XMPP Client 與一台 XMPP Server，並經過測試。

## **3. The Development of Wind Turbine Information Integration System**

本報告分為六部分，首先針對風機資訊整合系統開發的背景先介紹，再介紹風機資訊整合系統開發所遇見的問題，再簡介 IEC 61400-25 內容與 IEC 61850 變電所，最後介紹風機資訊整合系統與結論。

由於各國發展再生能源，這些再生能源也需要 SCADA 監控與資料蒐集。風機本身都有原廠 SCADA，但本案希望可將各廠家風機資訊整合，故要建立一個風機資訊整合系統。但建立本風機資訊整合系統會遭遇到兩項挑戰:第一，資料命名與排列不一致。第二，本案風機與 IEC 61850 變電所相連，如何將變電所與風機資訊整合，以達到更有效率的資料蒐集與監視。而風機部分採用 IEC 61400-25 可解決這兩項問題。因 IEC 61400-25 統一風機資料命名與排

列且 IEC 61400-25 與 IEC 61850 有相同資料結構與通訊協定，使得 IEC 61850 變電所資料易與 IEC 61400-25 風機資料整合。

簡介 IEC 61400-25 內容中介紹 IEC 61400-25 通訊與資料模型。IEC 61400-25-2 內定義了不同的邏輯節點來代表風力發電廠設備資訊模型，而 IEC 61400-25-3 定義了交換資訊模型資料的服務，IEC 61400-25-4 定義將模型資料從伺服器端傳送到客戶端的通訊協定。在客戶端用定義於 IEC 61400-25-3 的服務取回伺服器端資料且顯示於 SCADA 圖面。而本案風機資訊整合系統就是先將目前風機的 OPC 伺服器轉為 IEC 61400-25 伺服器，而於 SCADA 內的 IEC 61400-25 客戶端再使用前述通訊方式將不同廠牌風機資料取回。

簡介 IEC 61850 變電所中介紹 IEC 61850 全功能變電所架構。全功能變電所的架構為兩個 bus: station bus 與 process bus，三個 level: station level, bay level 與 process level。於 station level 內有一 SCADA 電腦，bay level 內有數個 IED，process level 內有數個 MU 和 Breaker IED。而本案所要連接的全功能 IEC 61850 變電所已完成 SCADA，風機資訊整合系統是要將整合好的風機資訊再整合至全功能 IEC 61850 變電所 SCADA。

介紹風機資訊整合系統中介紹通訊架構、開發流程與開發結果。風機資訊整合系統的通訊架構是先用 OPC 將不同廠牌的風機資訊取回 Gateway，於 Gateway 內做通訊協定與資料轉換之後再將資料送至全功能 IEC 61850 變電所 SCADA。整個開發流程有四步驟:第一，先了解風機內部有哪些資料，再將需要用到的邏輯節點先建置於 ICD 檔。第二，透過 Gateway 內的 OPC 客戶端將風機 OPC 伺服器資料取回 Gateway，並且於 Gateway 內建立一個 IEC 61400-25 伺服器。第三，將剛剛建立的 ICD 檔匯入 IEC 61400-25 伺服器。第四，了解各風機資訊意義並將這些風機資訊對應至代表其資訊的邏輯節點。以上便是整個開發流程。最後全功能 IEC 61850 變電所 SCADA 便可藉由 Gateway 取回不同廠牌的風機資訊且顯示於 SCADA 圖面。

結論中陳述本系統所達成之目標與未來展望。本案將不同廠牌的風機資訊整合，且將 OPC Items 轉為 IEC 61400-25 邏輯節點。另外也整合了全功能 IEC 61850 變電所與風機資訊，且將 IEC 61400-25 運用於現場。未來也希望將本案系統應用於其他場域，以解決其他風場相同問題。



#### 4. Study on Power Telecommunications

本報告簡介 KERI 於電力通訊方面的研究，內容包含:1.寬頻電力線通訊共存機制。2.智慧電表網路最佳化。3.電動車便攜式充電器。4.變電所高可靠度通訊。5.PRP/HSR。6.PTP。7.基於機器學習的預測與最佳化需量反應。

電力線通訊提供了雙向通訊的能力，使得通訊的基礎建設範圍較其他有線/無線技術更加全面。但不能互通的電力線通訊技術是一項問題，因此 KERI 提出了一個於不能互通的寬頻電力線通訊技術的共存機制。

智慧電表網路最佳化希望使用混合或是結合的有線/無線網路通訊技術以及 IOT 技術，以將原本無彈性的架構變成有彈性的架構、易於增加裝置且高速通訊的架構。

目前韓國已有多所半數位化變電所，且陸續增加中，未來也規劃將改建為全數位化變電所。數位化變電所有高可靠度的通訊，station bus 的 IEC61850-8-1 與 process bus 的 IEC61850-9-2，與 PRP(IEC 62439-3)/HSR(IEC/IEEE 61850-9-3)/PTP(IEC61588, IEEE1588-2008 v.2)通訊，這些可支援 Gbps 的傳輸速度、通訊設備 N-1 故障時通信的無縫連接以及精確的時間同步。而全數位化變電所的一項好處在於減少銅線的使用，減少銅線的使用可減少銅線購買以及佈線的施工費用。KERI 開發一備援網路交換器，具 PRP/HSR/PTP 功能且經過測試。

基於機器學習的預測與最佳化需量反應是依據外部因素(如天氣、時間)以及負載歷史資料，使用機器學習方法預測負載，並且依據一些限制因素，用機器學習方法找到最佳化需量反應策略以達到削峰填谷的目的。

## 二、Technical Session

### (一) Smart Utilization of Power & Energy

本議題為電力能源之智慧運用化，參與探討之內容包含：1. 開發具有高再生能源滲透力的電力系統之適應性資源規劃模型 (Development of Flexibility Resource Planning Model for Power Systems with High Renewable Energy Penetration:). 2. 台灣空調自動化需量反應系統的實施與評估 (Implementation and Evaluation of Automated Demand Response System

Targeted on Air Conditioner in Taiwan). 3. 電力電子用於直流配電系統(Power electronics for dc distribution system)。以下分別說明其內容：

1. 開發具有高再生能源滲透力的電力系統之適應性資源規劃模型：

(1)研究背景

日本自從 2009 年啟動政府電力收購制度(Feed-In Tariff, TIF)以來，日本有關太陽光電及風力發電等之再生能源裝置容量逐年增加，至 2016 年 12 月年底為止，其太陽光電及風力發電已安裝之容量分別為 37.6GW and 3.24GW，當時之尖峰負載為 153GW。大量的再生能源併入電力系統已經造成系統調度的一些問題，例如剩餘電力，缺乏電力平衡能力等其示意圖如圖 2-1-1 所示，另外，再生能源預測誤差與臨時變化均是系統操作的一大不確定因素，所以需要一些彈性的資源來補償再生能源發電的不確定性。

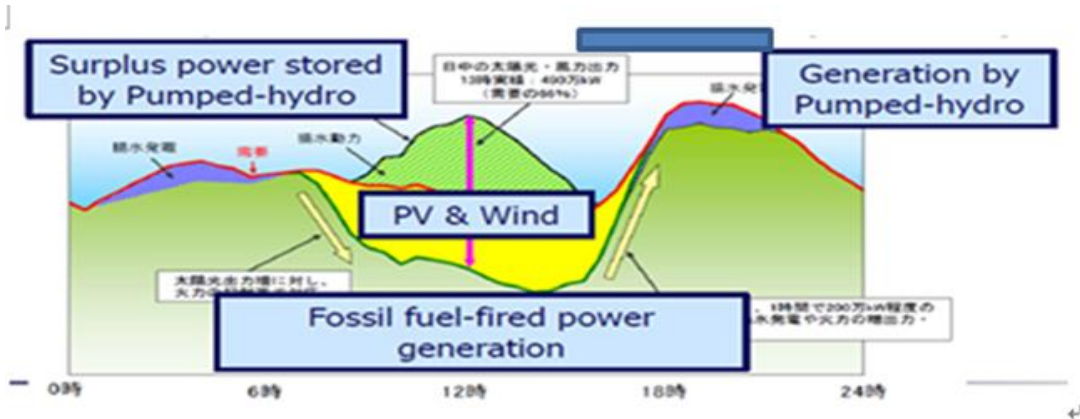


圖 2-1-1 大量再生能源發電併入系統之示意圖

除此之外，日本電力中央研究所(CRIEPI)也同時探討虛擬電廠(Virtual Power Plant, VPP)對該國電力系統的貢獻程度，虛擬電廠乃結合資通訊技術及務聯網技術去聚合分散式發電資源、可控制負載及能源儲能裝置進行供需平衡調整進而對電力系統有所幫助。自 2016 年起，日本已啟動 7 個由政府補助的虛擬電廠示範計畫進行研究，參與計畫之分散式電源容量約有 19.1MW，其示意圖如圖 2-1-2 所示

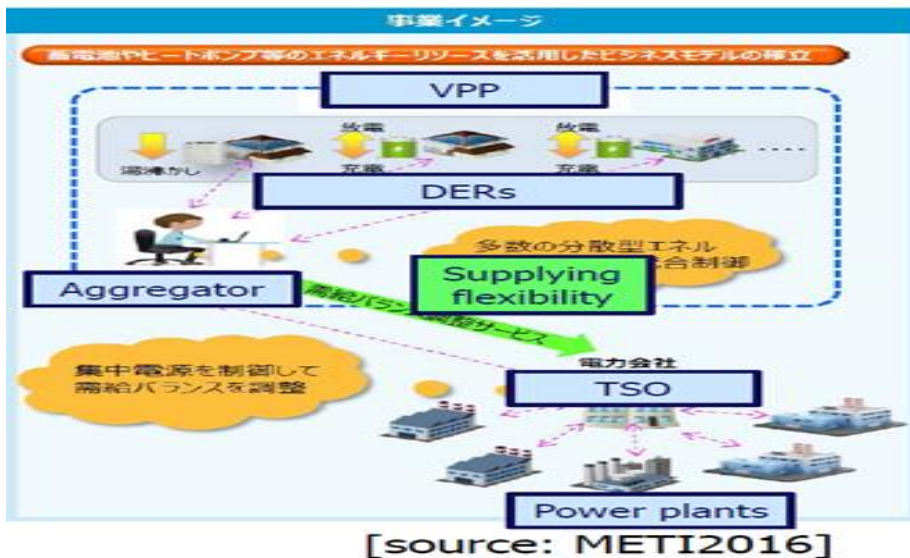


圖 2-1-2 日本虛擬電廠之示意圖

### (2) 模型建立

為了應付大量再生能源併入系統所造成不確定因素以及系統成本影響，日本電力中央研究所正發展一套彈性資源規劃模型，其示意圖如圖 2-1-3 所示，此模型主要目的為探討以一年為基準之具有大量再生能源併入電力系統之系統成本，其考慮的因素及條件包含 a. 每小時負載量、發電成本、蓄電池儲能系統及需量反應成本資料、太陽光電及風力發電發電資料、各種燃料發電機組容量及發電廠操作限制及需量反應控制策略等外，另外也考慮了再生能源之不確定性、需量反應及儲能系統可彈性控制能力。

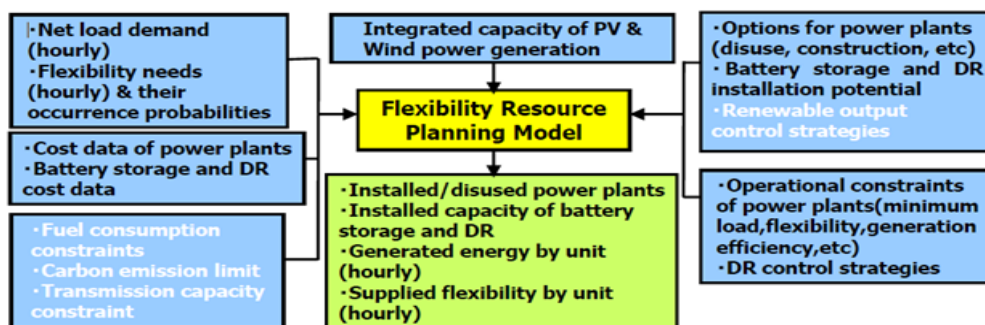


圖 2-1-3 適應性資源規劃模型

### (3) 案件探討 Case study

目標區域：日本東北電力公司區域，其系統容量為 13.7GW，其中包含太陽光電 5.52GW 及風力發電 2.51GW，其負載曲線圖如圖 2-1-4 所示。

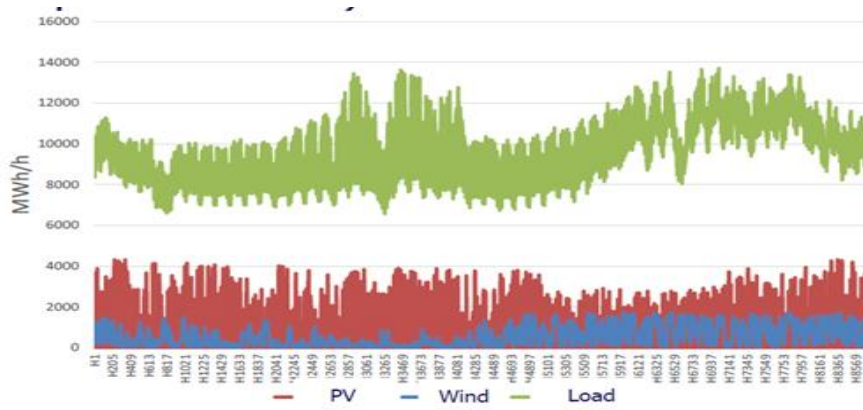


圖 2-1-4 東北區域含 PV 與風力發電之系統曲線圖

經分析，再生能源年使用率情形 14%，最高發電比例為 31%(5 月份)，最低發電比例為 2 月份下大雪的時候約為 3%，其模擬假設參數如下：

A. 彈性調整資源：

(A)傳統發電廠：火力(煤、油及天然氣)及水力發電廠

(B)蓄電池儲能系統：容量共 2GW，其中 1GW 為每小時平衡系統供需使用以及系統具剩餘電力時充電儲存電能，另 1GW 作為小時內之彈性運用。

(C)需量反應資源：經調查，約有 0.86GW 熱泵浦 heat pump water heaters 容量作為小時平衡調度用，另有 0.3GW 空調主機可控容量作為尖峰抑低及小時平衡調控用。

B. 目標函數：系統費用，包含固定成本、燃料成本、機組的啟動成本(發電機組、儲能系統、需量反應)。

$$TC = \sum_G (f_G^0 * K_G * N_{G,d,h}) + \sum_{G,d,h} (C_G^0 * U_{G,d,h} + C_G^1 * X_{G,d,h}) + \sum SUC_G * U_{G,d,h}^{START} + \sum Pr_{d,h}^S * C_G^1 * \text{sgn}^S * DX_{G,d,h}^S$$

其中，

G:unit, d:representative day, h:hour, S:probabilistic event of forecasting error

U, USTART, X:commit(binary), start-up(binary), generated energy

DXS: flexible capacity at probabilistic event S

PrS: probability of probabilistic event S

$f_G^0, C_G^0, C_G^1, C_G^1, SUC_G^0$ : coefficients of costs

C. 限制式：模型主要限制式計有：每小時電能平衡、概率事件靈活的平衡能力及預期能量未能提供的上限，其公式如下

Hourly energy balance :

$$\sum_G X_{G,d,h} - \sum_G ST_{G',d,h} + RE_{d,h} + OTH_{d,h} = L_{d,h}$$

Flexible capability balance at probabilistic events :

$$\sum_G DX_{G,d,h}^S + DXO_{d,h}^S T = SI \xi_{d,h}^S$$

Upper limit of expected energy not supplied :

$$\sum Pr_{d,h}^S * DXOUT_{d,h}^S < EENS$$

其中，

RE: renewable energy(mean)

OTH: hydro hydro and geothermal energy

L: load demand

SIG: renewable forecasting error from mean value

DXOUT: power shortage in flexibility supply

EENS: annual expected energy not supplied

D. 假設情境：

參考案件：系統上沒有再生能源

情境 A：高再生能源滲透力，彈性可調控電源為火力機組及水力機組

情境 B：高再生能源滲透力，彈性可調控電源為火力機組、水力機組、蓄電池儲能系統及需量反應方案。

基本條件：既設 5 台核能機組重新啟動。

### Spring weekend w/ high daily renewable share(31%)

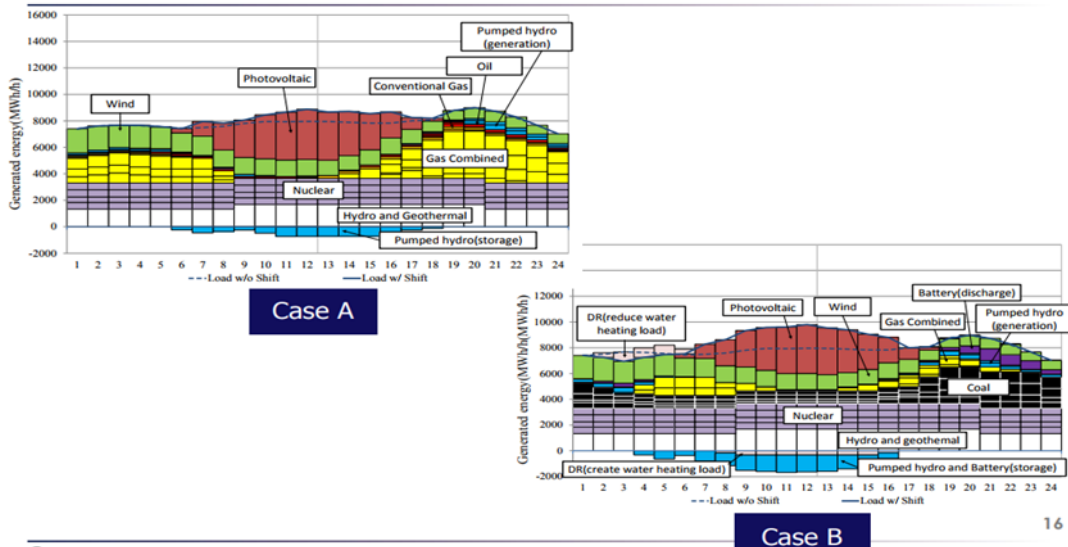


圖 2-1-5 情境 A 及 B 模擬結果

(4) 模擬結果

根據上述模擬及情境架設下，其模擬結果如圖 2-1-5 所示，由圖中可看出情境 A 及情境 B 中各可調控電源的分布情形。經適應性資源規劃模型分析其不同情境之系統成本如圖 2-1-6 所示，由圖得知情境 A 之系統成本(15.4)比情境 B(11.4)較高些。

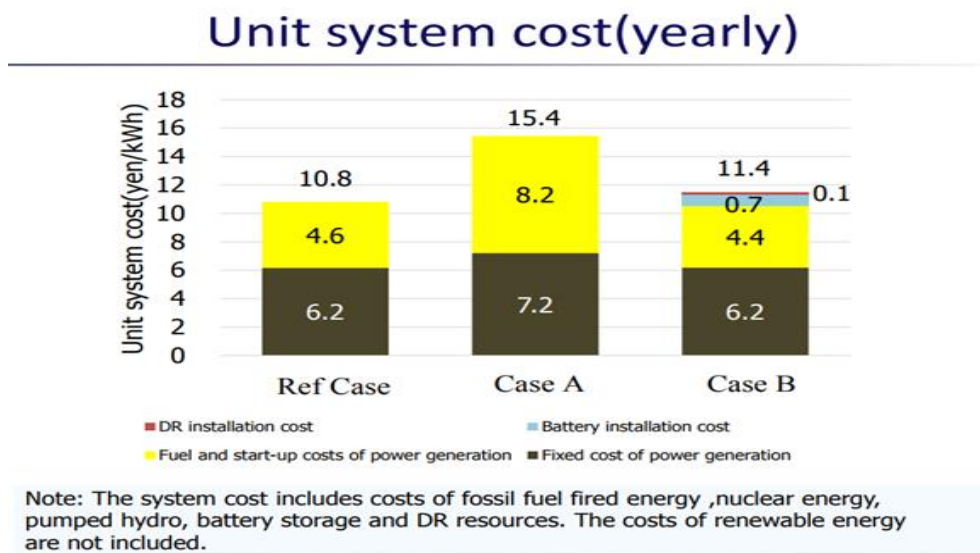


圖 2-1-6 情境 A 及 B 之系統成本分析圖

## (5)結論

日本電力中央研究所已發展一套適應性資源規劃模型，此模型主要目的為探討以一年為基準之具有大量再生能源併入電力系統之系統成本並結合各種可調控電源如火力機組、水力機組、蓄電池儲能系統及需量反應方案進而將電力系統成本最小化以節省成本。

## 2. 台灣空調自動化需量反應系統的實施與評估

### (1)研究背景

台灣地處亞熱帶地區，夏季期間外氣溫度及濕度高導致空調裝置用電量高，依據相關研究顯示，空調用電量在夏季尖峰負載占比約 30%~40%。亦有研究指出夏季尖峰時段下午 1 至 2 時，溫度升高 1°C 時系統負載量將提高約 600 MW，由此顯示空調係造成系統夏季尖峰負載之主因。本文的目的為探討自動需量反應服務應用在空調主機負載所能帶來的負載管理效益，並評估其可行性。

為解決電力系統即將面對的電力供需不平衡問題，本文將針對短期供電壅塞問題，於北部供電瓶頸區域尋找約 70 台大小型空調主機作為負載管理

標的並探討降載控制方法。在此同時，本文將以 OpenADR 標準規格為基礎建置一套空調自動需量反應系統平台，執行用戶端空調自動需量反應試行措施，建立驗證空調自動需量反應績效評估方法，並於建置與試行期間蒐集空調自動需量反應實務面問題及解決方法。

以下將說明空調自動需量反應系統的架構、建置方法及過程、事件的試行方法以及效益評估。

## (2)自動需量反應系統的架構

空調自動需量反應系統平台架構圖如圖 2-1-7 所示，主要可分為平台端系統與用戶端裝置等，本系統乃建立在已經過 OpenADR 聯盟驗證過之 VTN 及 VEN 系統架構上，本研究所建置之自動需量反應平台，亦維持完全相容於 OpenADR 2.0 之規範。

### A. 平台端系統

平台端系統主要可以分成核心、通訊、Web 與資料庫等四個模組伺服器，以下分別說明其功能。

#### (A) 核心模組伺服器：

核心模組為本平台端系統最重要的模組，負責維持整個平台的運作，包含了維護需量反應事件狀態、發送簡訊或電子郵件通知、Push Mode 排程與執行、計算基準用電容量(CBL, Custom Base Load)...等。

#### (B) 通訊模組：

通訊模組負責用戶端裝置定期連線回平台端查詢需量反應事件及維護用戶端裝置的連線狀態，以供操作人員參考。

#### (C) Web 模組：

本模組則提供操作人員友善的瀏覽器操作介面用以發佈需量反應事件及提供用戶查詢資料。

#### (D) 資料庫模組：

為避免資料遺失或損毀，為兩台叢集鏡像運作。因應當用戶數量增加時，可能同時間會有大量用戶端裝置連線或用戶登入查詢資料，可能會造成平台端系統處理效能之瓶頸與資料庫存取之效率，平台端系統亦可根據實際需求，擴充伺服器及資料庫的叢集架構。

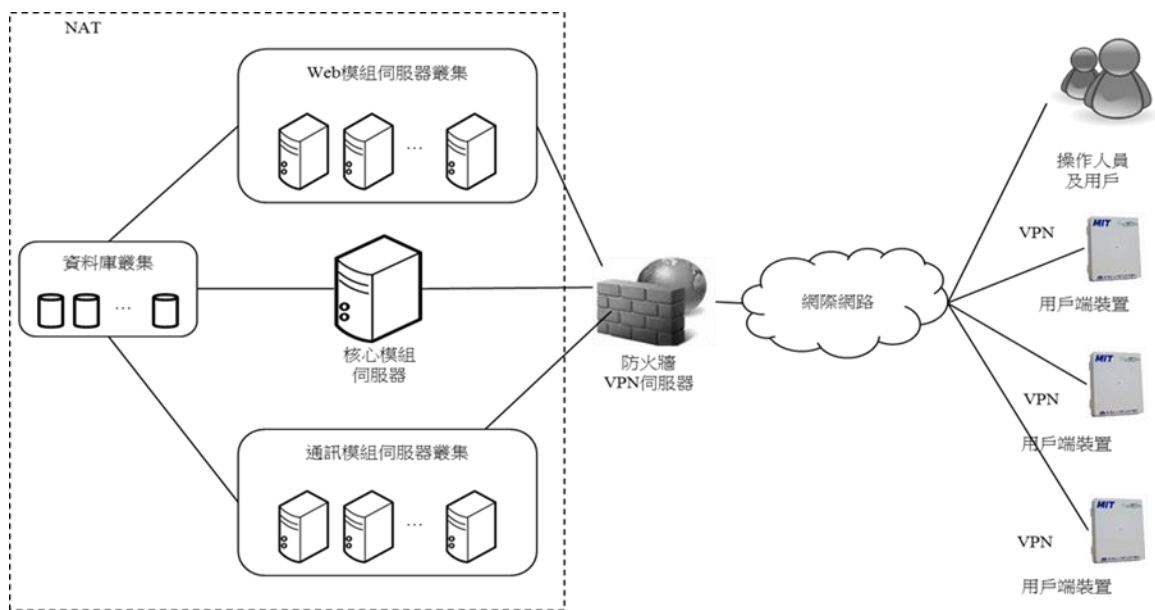


圖 2-1-7 自動需量反應平台系統架構

## B. 用戶端裝置

自動需量反應用戶端裝置部分，包含了 OpenADR VEN 載體以及實體的控制介面，VEN 載體為 ARM 處理器以 Linux 作業系統為基礎的工業級微電腦。搭配周邊網路介面以及可程式控制器(PLC, Programmable Logic Controller)。基於以簡易安裝原則，將用戶端所需之配備，除電表外其餘均配置於箱體內整合為一箱體(以下簡稱 VEN 控制箱)，兼具防水、防塵(IP65)、抗震(IEC 60068-2-64)等功能。

用戶端控制介面為因應現場控制標的(空調主機)的多樣性設計了多種樣態，基本配備即包括了乾接點輸出(250V Dry contact output)、串列通訊協定標準 Modbus-RTU (RS-485 port)、Modbus-TCP (10/100M RJ-45 port)以及 EICF (Energy Information & Communication Framework Spec. 10/100M RJ-45) 等控制介面。網際網路通訊方面 VEN 載體提供 RJ45 網路接頭，若遇佈建實體網路線困難的現場，VEN 載體亦支援 3/4G、Wi-Fi (IEEE 802.11 a/b/g/n/ac)等網路擴充介面，其示意圖如圖 2-1-8 所示。



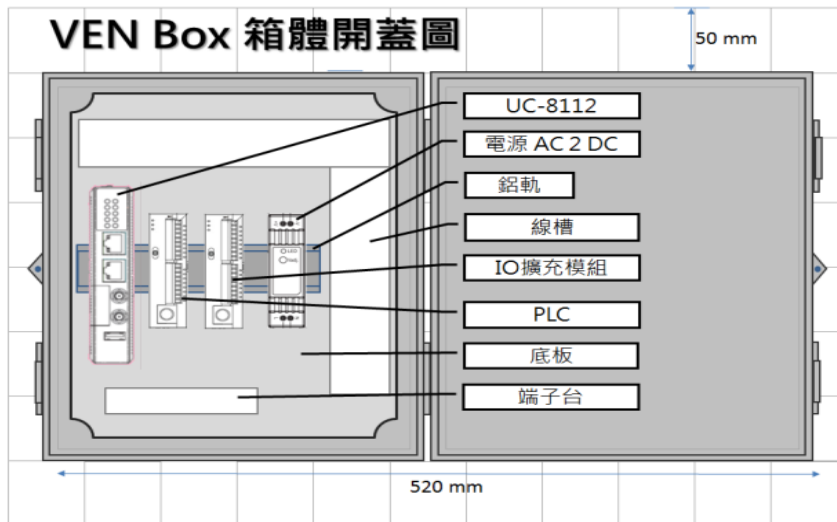


圖 2-1-8 自動需量反應用戶端裝置內裝示意圖

### (3) 建置方法及過程

本研究針對短期供電壅塞問題，於國內北部供電瓶頸區域尋找約 70 台大小型空調主機為負載管理標的，受控用戶涵蓋於台北市內湖區、松山區、中山區、桃園市、新竹縣市及金門縣。受控用戶行業別涵蓋廣泛，包含了學校(大學)的教學大樓與體育館、廠辦合一的大樓、辦公大樓、廠房、大賣場、飯店、行政中心等各式建築等二十餘處。空調主機的冷凍能力自 10 冷凍噸(RT)至 1290 冷凍噸不等。主機的廠牌包括國外廠牌開利(Carrier)、全恩(TRANE)、約克(YORK)、麥克維爾(Mcquay)、頓漢布希(Dunham Bush)、大金(DAIKIN)及新晃(SINKO)以及國內廠牌含大同、東元、天基、中興電機、國祥及鑫國等。主機形式亦包括離心式、螺旋式、往復式及渦捲式。

用戶的空調主機的控制手法、空調系統電力的配置、通訊線路都有很大的差異性，在設備與線材備料前與工班前往現場勘並與用戶協調溝通上是最重要的前置工作。且即使已經進行過場勘與溝通，在實際施工時依然有很大的機會變更工程的內容或系統架構，故設備在設計時留有調整與擴充的彈性十分重要。空調自動需量反應的現場設備主要包含了用戶場域能源管理系統、網際網路通訊等部分。以下分別說明：

#### A. 用戶場域能源管理系統類型

由於用戶所裝置空調主機之機齡、廠牌、型式均不盡相同，故其控

制模式與整合模式均有所差異，所以 VEN 控制箱與空調控制端銜接的方式是本文較大的挑戰。經分類後，本文將空調主機控制及管理模式分為以下幾種模式：

(A) 半自動控制模式：

用戶因空調系統的操作方法無法自動化，在本文中便採取半自動的模式，也就是降載事件發送到 VEN 控制箱之後，降載的動作則交給用戶端的操作人員手動控制執行降載。用戶無法提供給 VEN 控制箱自動控制的原因大致分成以下幾類。第一類是用戶的空調主機原本就是只有手動操作，礙於改裝經費高昂與空調主機的(老舊)保固問題，本研究無法改裝空調主機控點。第二類是用戶有中控系統，但因為機組安全與責任問題也傾向採用間接自動控制。第三類是用戶有中控系統但控制邏輯與流程複雜並需要人員介入決策。例如儲冰式空調系統接收前一日的需量反應事件通知時，其儲冰時機、儲冰量、融冰時機等都需要重新設定與排程，尚無法將其標準化與自動化。

(B) 全自動控制模式：

本文可直接經由 VEN 控制箱控制空調負載的用戶，如圖 2-1-9 所示，依自動控制的通訊界面可分為以下三種，第一種是乾接點介面控制，第二種是 EICF (Energy Information and Communication Framework) 介面控制，第三種是 Modbus 介面控制。以下依現場實況為例說明。

a. 乾接點

透過乾接點(dry contact)訊號告知現場進行降載，不論是控制器、圖控(SCADA)、能源管理系統(EMS)或是建築自動化中控系統(BAS)都可以藉由這種方式溝通。

本文 VEN 控制箱的乾接點接至現場原有控制點，原空調系統整合商需要改寫控制邏輯，定義降載時的操作流程，在控制點接收到訊號時控制空調主機。

b. EICF 介面

VEN 控制箱可透過 EICF 的資料交換介面與現場的中控系統或 EMS 傳遞資訊，EICF 是利用 XML (Extensible Markup Language) 形式定義的資料格式<sup>[3]</sup>，其實體之接線上需要乙太網路連接，本計畫 VEN 控制箱透過乙太網路與中控電腦連接以控制空調。

### c. Modbus 介面

本文中採用 Modbus 介面銜接方式有包含 Modbus-TCP 協定及 Modbus-UDP 兩種模式進行空調主機之控制。

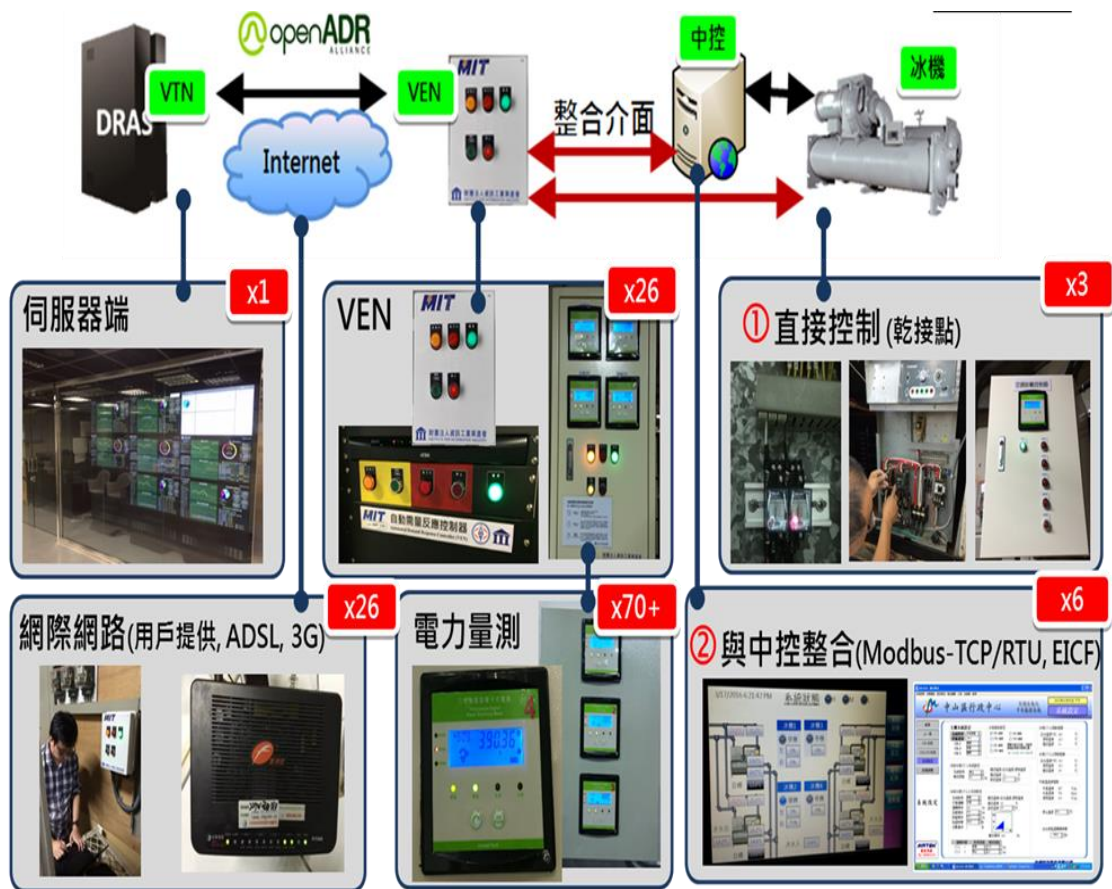


圖 2-1-9 自動需量反應空調主機控制介面示意

### B. 網際網路通訊

在 VEN 控制箱與網際網路通訊部分，本研究約半數的用戶願意提供網際網路供 VEN 上網，但部分用戶則無法提供。可以提供的用戶如學校或辦公大樓，因其本身功能性質，網際網路交換器接點本來便配置的密度較高，IP 的管理完整，無論在線路的佈建及網點的取得相對容易。但像是大賣場則是原本就沒有密度較高的網路佈點，或是像行政中心與網路安全要求嚴格的廠房、辦公大樓無法提供上網的接點。或是有提供上網但有較嚴格的網路控管，例如鎖 IP、限制 TCP 服務 port 或須提供確切的 service 以供用戶的網路防火牆控管，因本研究的 VTN 為固定 IP 且 VPN service 等都符合用戶安全需求。

用戶若無法提供網點便需要尋求其他上網方式。本研究採用兩種方式上網。

#### (A) 有線網路：

第一種方式是經用戶同意申請有線網路即 ADSL。這種方式的優點為網路品質較可靠，上網的成本較低，目前一般低速的 ADSL 如下載 2M 上傳 64K 的頻寬即可滿足本研究中通訊的需求，每月通訊成本約兩百多元新台幣。但缺點是若電信機房與 VEN 控制箱之間的距離較遠，不但佈線工程成本高、通訊品質變差，用戶對於佈線工程的意願與配合度也是困難點。由於佈線工程需要配合現場需求，要求不高的地點如辦公室佈線可以走牆腳、輕鋼架、既有線槽或架高地板內，牆面上採用線槽或壓條修飾即可。但在要求較高的電力機房或是空調主機機房則會要求全程採用 PVC 管或是 EMT 管以符合法規(消防)。甚至管線要穿過牆面時需要銑孔工程並填塞防火泥等工程都會讓工程的時間、成本與難度提高很多。

#### (B) 無線網路

第二種方式是採用無線上網即 3G 上網，這種方式的優點是安裝成本低、工時短、用戶配合意願高。缺點是通訊品質較不易掌握、設備成本高、通訊成本高且 3G SIM 卡有遭竊的風險。採用 3G 上網的方式在 VEN 控制箱中需要安裝 3G 模組及天線等組件並申辦 3G SIM 卡，目前一般 3G 不限量(吃到飽)方案月費約新台幣四百多元不等。在場勘時也必須確定 VEN 控制箱位置並量測該位置(各家 ISP)的 3G 訊號品質。即便如此 3G 訊號還是會因為天候、環境屏蔽、同頻段干擾或是同基地台用戶數而影響傳輸品質。用戶現場與後台主機間網際網路通訊皆透過虛擬私人網路(VPN, Virtual Private Network)進行加密以確保資料安全。

#### (4) 執行結果及效益評估

本研究試驗對象包含辦公大樓、廠辦大樓、旅館、購物中心、大型賣場。受控用戶之空調皆為提供冷房舒適度而非工業生產恆溫環境或機房冷卻使用。現場空調主機廠牌、型式、控制方式與管理方式各有不同，所以控制方式與效果也不同。本研究所探討之空調主機控制方式共有一下四種 1. 限制冰水主機負載：利用冰水主機本身負載限制功能。例如：螺旋式冰水主機滑塊控制、空調主機變頻器降頻或是離心式主機的轉速設定。2. 關閉部分空調主機：有多台空調主機或壓縮機運轉，關閉部分空調主機(或壓縮機)或關

閉大噸數主機開小噸數主機來實施負載抑低。3. 調整空調系統閾值：透過調高空調系統控制參數抑低需量。例如調高冰水溫度設定值來達到主機降低負載的效果。4. 利用儲冰轉移負載：在需量抑低時段關閉冰水主機，由融冰供冷。以下只針對限制冰水主機負載舉例說明其控制成效

#### 冰水主機負載限制法

當現場時常只有一台冰水主機運轉時，為避免直接關閉空調主機造成現場室內溫溼度變化太大的影響。故採用冰水主機負載限制法是有效的方法，此方法之條件是現場空調主機有提供負載限制的操作方式。較傳統的負載限制方法是透過螺旋式空調冰水主機滑塊(Slider)之控制電磁閥的控制點來限制負載<sup>[6]</sup>，也有採用空調主機變頻器降頻或是離心式空調冰水主機的葉片轉速設定調降來達到負載限制的效果。

一般控制主機負載限制時會避免將負載限制設定太低以避免空調主機效能太差。另外若空調主機沒有在滿載操作的狀態，降載的效果也會較差或降載失敗。以下是僅一台螺旋式冰水主機的降載操作實例。

圖 2-1-10 為新○市政府冷凍能力一百冷凍噸螺旋式冰水主機的歷時負載曲線圖。橫軸為時間(hr)縱軸為負載(kW)。該主機在上午 08:00 開啟後穩定的在滿載 60kW 的狀態下運作，當日的自動需量反應負載抑低時段設定在下午 14:00 至 16:00，降載時 VEN 端直接控制滑塊電磁閥開關，將負載限制到 75%。負載約可在一分鐘內降至 42kW 左右。在 16:00 復歸時負載回復 60kW，該現場於 17:30 工作結束關閉主機。經計算，依經濟型需量競價措施量測方式 CBL 為 60kW，負載抑低量驗證為 18kW，本方法以適用於緊急型事件，以緊急型措施量測驗證之抑低量亦為 18kW。

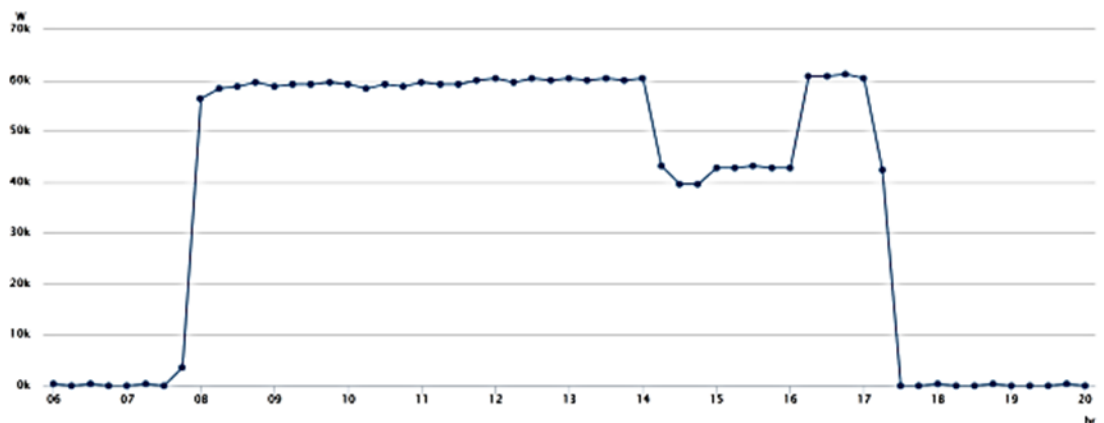


圖 2-1-10 冰水主機負載限制控制法負載曲線

## (5) 結論

本研究之空調自動需量反應技術旨在探討一個大量、快速反應、可驗證以及效益明顯的需量反應解決方案之可行性。經由本研究的實務施作與試行，綜觀技術層面的各項條件，國內已具備完整技術可施行空調自動需量反應措施。以下簡述各項技術條件之成熟度。

在目前資通訊技術的成熟度下，自動需量反應技術可以迅速且大量的下達需量反應事件。本研究所建置之自動需量反應平台架構可在 15 秒內將事件發送至所有 VEN 控制箱。而研究中所操作之空調主機的負載抑低控制的反應時間(自 VEN 下達控制訊號至冰水主機負載降至穩定點)短則於 1~2 秒內完成，最長約 2~3 分鐘完成，視空調系統特性而定。本研究二十餘高壓用戶在試行當中同時執行單一自動需量反應降載事件可有效抑低總量約 1.2MW 持續兩個小時(採用需量競價措施經濟型計算方式)。

在負載抑低的驗證方面，目前國內高壓用戶已佈建 AMI (Advanced Metering Infrastructure) 自動讀表架構，現行的需量反應相關措施也已經有基準用電量的計算公式作為需量反應驗證與回饋用戶的計價基準。

在負載抑低效益方面，本研究試行案場之中央空調冰水主機負載的效益以負載抑低量與裝置容量的比例計算。唯亞熱帶氣候之因素，空調在五月至九月間較具有降載空間。在夏季外氣溫度 35°C 以上，一般負載抑低量可達裝置容量的 10%~20%，例如建物內總數 100 冷凍噸的空調主機，概估其裝置容量為 75kW，其負載抑低的能力可達 7.5kW~15kW 以上。

### 3. 電力電子用於直流配電系統(Power electronics for dc distribution system)

由於經濟發展用電需求量快速的增長，使得高電壓、長距離、大容量傳輸電力的需求愈來愈明顯，因此交流輸電面臨了穩定度及可靠度的考驗，高壓直流輸電系統又逐漸為人們所重視，於是世界各國紛紛投入高壓直流輸電的研究行列。高壓直流輸電是一種以高電壓直流電方式輸送電力的系統，在長距離輸電的情況，高壓直流輸電具有輸電量較大、線損較少、線路成本也較低的優勢。高壓直流輸電之缺點在於其換流站體積龐大，因此較適合遠距離點對點之傳輸或電網之連結。

高壓直流輸電系統除了研究輸電線路系統，世界各國也逐漸探討直流配電系統及低壓用戶直流供電系統，例如美國 LBNL、CPES 及 EPRI 等研究單位一直探討及建立用戶端直流供電系統，亞洲之日本、韓國等國家也一直探討 DC 配電系統的技術研發。本文即由韓國電力公司韓國電氣技術研究所(KERI)提出應用於直流配電系統的電力電子設備技術。

韓國於 2010 至 2012 年進行直流配電系統應用於家庭及大樓的系統建置與測試，其用戶端直流供電系統圖如圖 2-1-11 所示，其供電直流電壓為 380V，此系統可連接再生能源、儲能系統及直接供電至直流負載，如直流加熱器及日光燈等。在此系統中基本組成元件包含 DC 電源供給器，直流及交流雙向轉換器等。

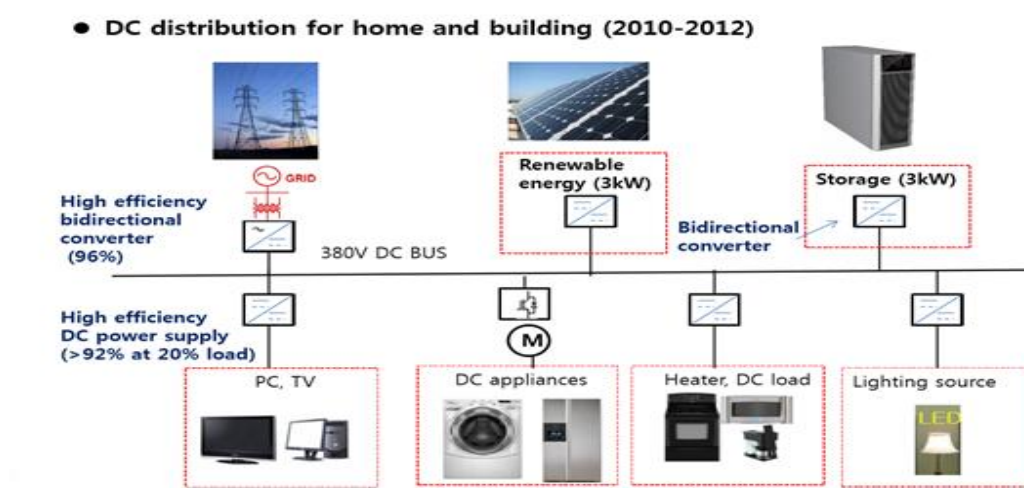


圖 2-1-11 低壓直流供電系統圖

韓國電氣技術研究所(KERI)致力研發適用於低壓直流配電系統的各種電力轉換器(power convertor)，包括目前研究成果為：

適用於低壓直流配電系統之電力轉換器，其示意圖如圖 2-1-12 所示

- (1) 50kVA AC/DC converter
  - 3-Level NPC, efficiency 96%, power factor over 0.97
  - bidirectional operation, input voltage compensation, LVRT function
- (2) 10kW DC/DC converter
  - Dual Active Bridge(DAB) converter, wide input operation

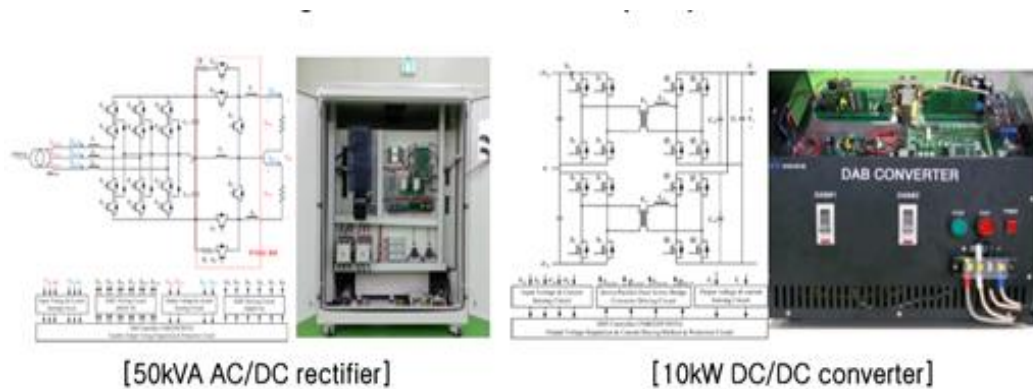


圖 2-1-12 適用於低壓直流配電系統之電力轉換器

另外，韓國電氣技術研究所(KERI)在 Gochang 電力試驗中心(如圖 2-1-13)進行低壓直流配電系統的相關試驗，如

- A. 建置變電所低壓直流配電線路工程以進行長距離及低負載之測試
- B. 發展適用於低壓直流配電線路 AC/DC 整流器，其容量為 150kW 及 300kW
- C. 進行直流電源供給系統，保護系統及系統可靠度的認證

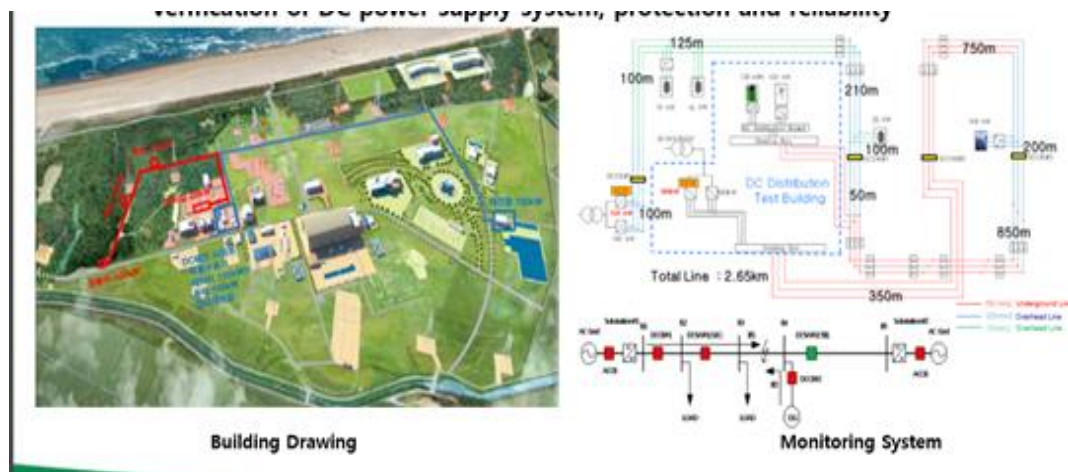


圖 2-1-13 Gochang 電力試驗中心

韓國電氣技術研究所(KERI)進行各種電力轉換器的技術研究，其研究成果不但已獲得肯定並實際在直流電網進行測試，未來將持續進行相關研究並能夠實際運用於各種電壓等級的直流輸配電系統中。

## (二) Power System Analysis and Operation

此技術研討內容主要是談論 1. 調度自動化系統的功能驗證 2. 先進氣渦輪機廢熱系統研究與開發 3. 利用 PMU 量測驗證發電機參數。



## 調度自動化系統的功能驗證

本文主要介紹調度自動化系統的功能驗證技術，在電力系統和安全方面發揮關鍵作用。隨著電網發展，調度自動化系統的軟體模組明顯增加，變得越來越複雜，因此更難以驗證模組的功能。本文提出了解決在調度自動化系統中執行的軟體模組功能驗證問題。首先提出了功能驗證測試平台框架。然後詳細描述測試平台的關鍵組件。主要組成部分，電網模擬整合了長期電力系統模擬和二次設備模擬，模擬數據通過使用標準通信協議（如 IEC104）同時發送到調度自動化系統以形成模擬環境因此，軟體模組可以像往常一樣驅動來處理即時電網數據。在此基礎上，測試模組的功能和特性，是專門為幾個軟件模塊設計的。並對模組的響應數據進行收集和分析，以評估其功能和質量。最後，簡要介紹一個應用程序來證明功能驗證技術的驗證。本文所代表的技術可用於測試調度自動化系統的模組功能，也可用於幫助開發新的軟體模組。

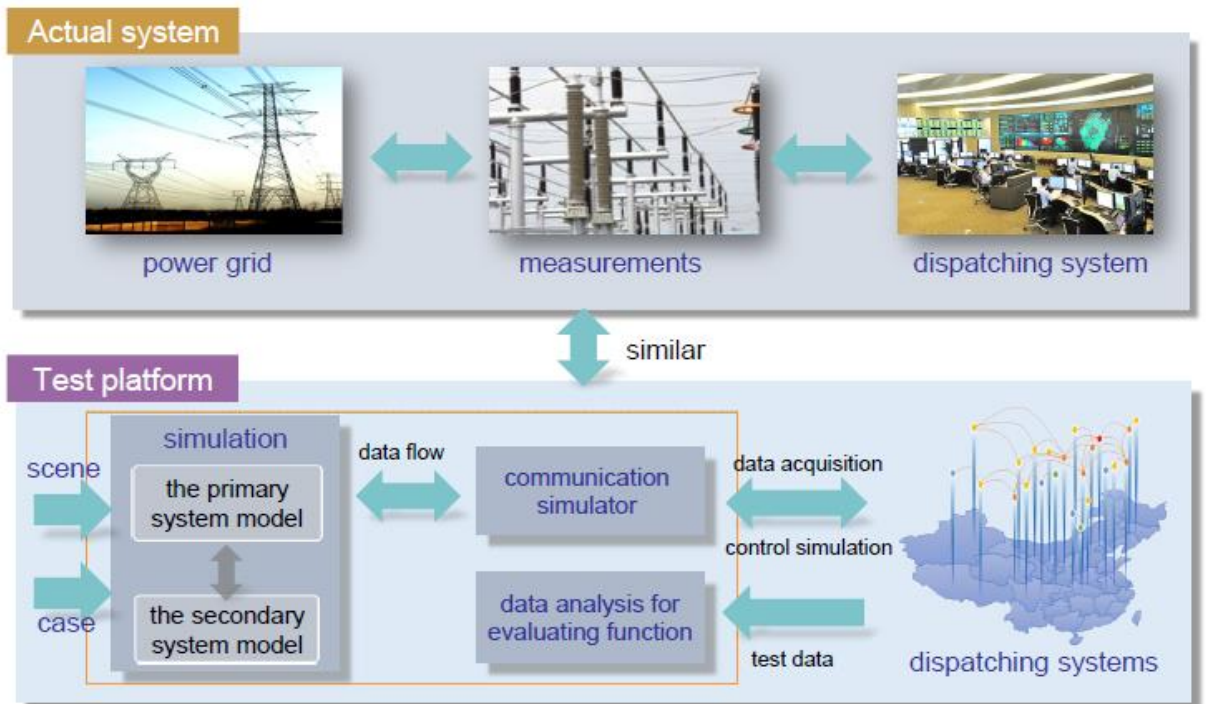


圖 2-2-1、調度自動化概要

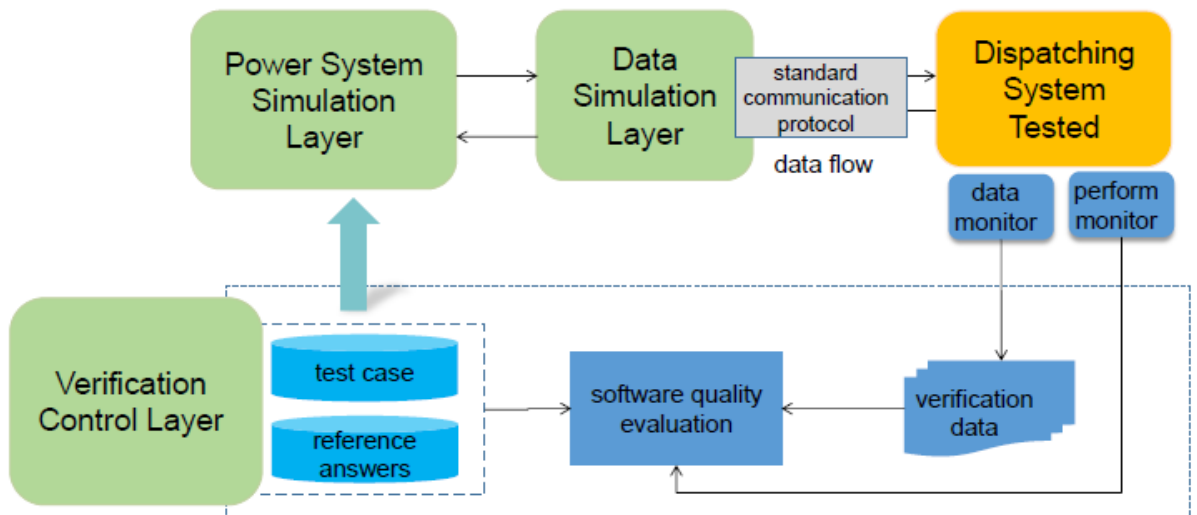


圖 2-2-2、軟體模組

### 先進氣渦輪機廢熱系統研究與開發

先進的氣渦輪機廢熱系統是一種循環使用廢熱的氣渦輪機系統，主要是能夠比中型的覆循環機組提高熱效率，而氣渦輪機廢熱系統不須要汽輪機，因此比中型的覆循環機組有更高的使用彈性。

CRIEPR I 與相關廠商於日本開發一套先進氣渦輪機廢熱系統，為了驗證系統的結構和循環性能建立了一 3MW 機型的先導型計劃，由兩級離心壓縮機，兩級軸流式渦輪機，單罐式燃燒器，換熱器，加濕塔和水回收塔組成。而運行試驗的結果，按照設計實現了計劃的電力輸出和熱效率，證實了系統作為發電系統的可行性。試運行試驗已經進行了幾天，通過分析工廠數據來闡明各種特性，如環境溫度變化的影響，部分負載特性和啟動特性。之後，一個 40MW 規模的先進氣渦輪機廢熱系統也被建造起來，並且開始操作測試。該系列包括具有軸流式壓縮機，軸流式渦輪機和多罐式燃燒器的重型燃氣輪機，其具有比先前的 3MW 級試驗機更高的燃燒溫度和壓力。

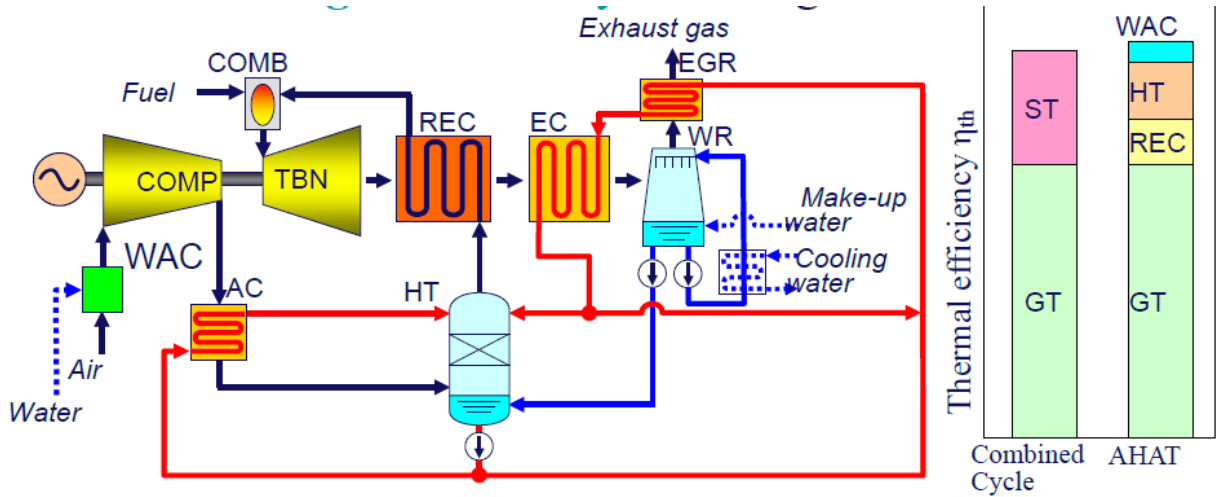


Fig. AHAT System

- |      |             |     |                       |     |                                   |
|------|-------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------------------|
| AC   | :Air cooler | EGR | :Exhaust Gas Reheater | TBN | :Turbine                          |
| COMB | :Combustor  | HT  | :Humidification Tower | WAC | :Water Atomization Cooling system |
| COMP | :Compressor | REC | :Recuperator          | WR  | :Water Recovery system            |
| EC   | :Economizer |     |                       |     |                                   |

圖 2-2-3、先進氣渦輪機廢熱系統組成圖

Item	Unit	Value	Item	Unit	Value
Rated power output	kW	3,680	Turbine entry temp.	°C	1,180
Electrical efficiency	%LHV	42.46	Turbine exhaust temp.	°C	669
Gas turbine speed	rpm	17,800	Fuel	-	LNG
Inlet air flow	kg/s	10.3	NOx emissions (@15%O <sub>2</sub> )	ppm	<10
WAC flow ratio	%	1.5	Humidification rate	kg/s	1.25
Pressure ratio	-	8.1:1	Water recovery rate	kg/s	1.39

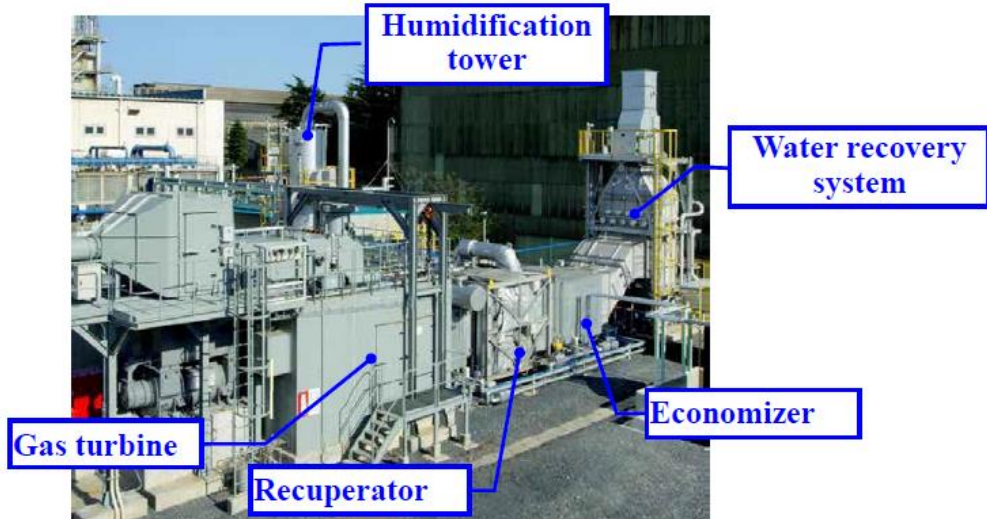


圖 2-2-4、3MW 等級計劃

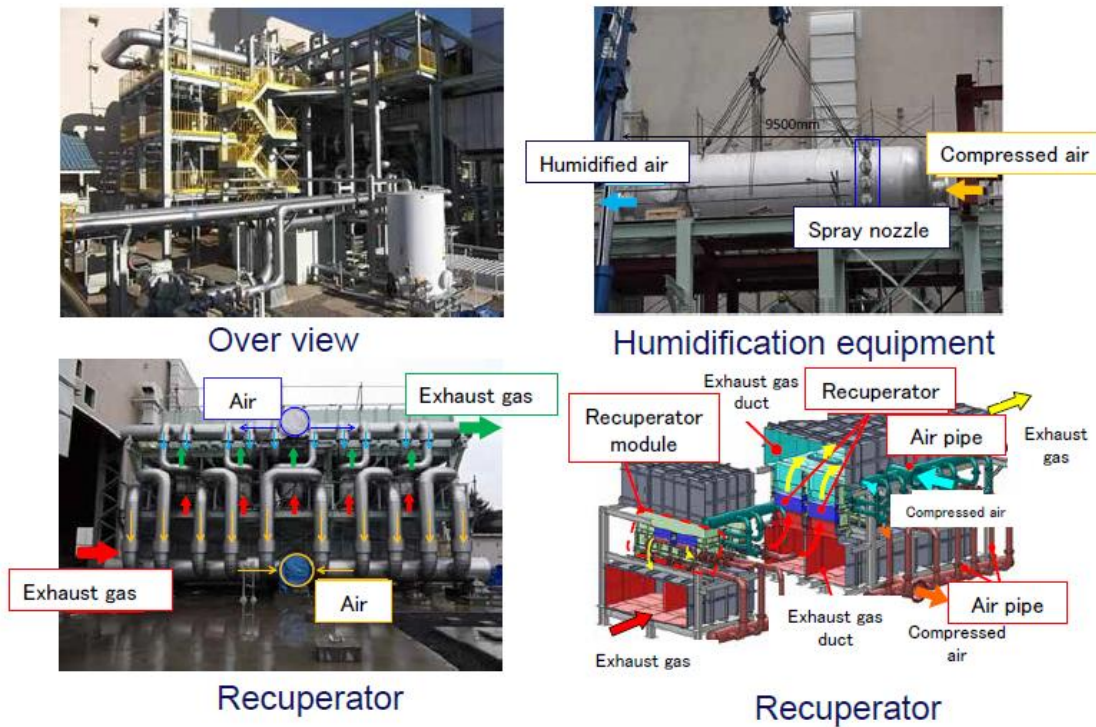


圖 2-2-5、40MW 等級計劃

### 利用 PMU 量測驗證發電機參數

本文介紹了使用相量測量單元數據的發電機和控制系統參數驗證和校準的原型工具。於 2014 年韓國 DANGJIN 火力電廠安裝了 12 台 PMU，並監控六台發電機組。而 PSS/E 提供了用於模型驗證的回放功能，開發的原型模型正在使用，並驗證了 11 次跳機事件。

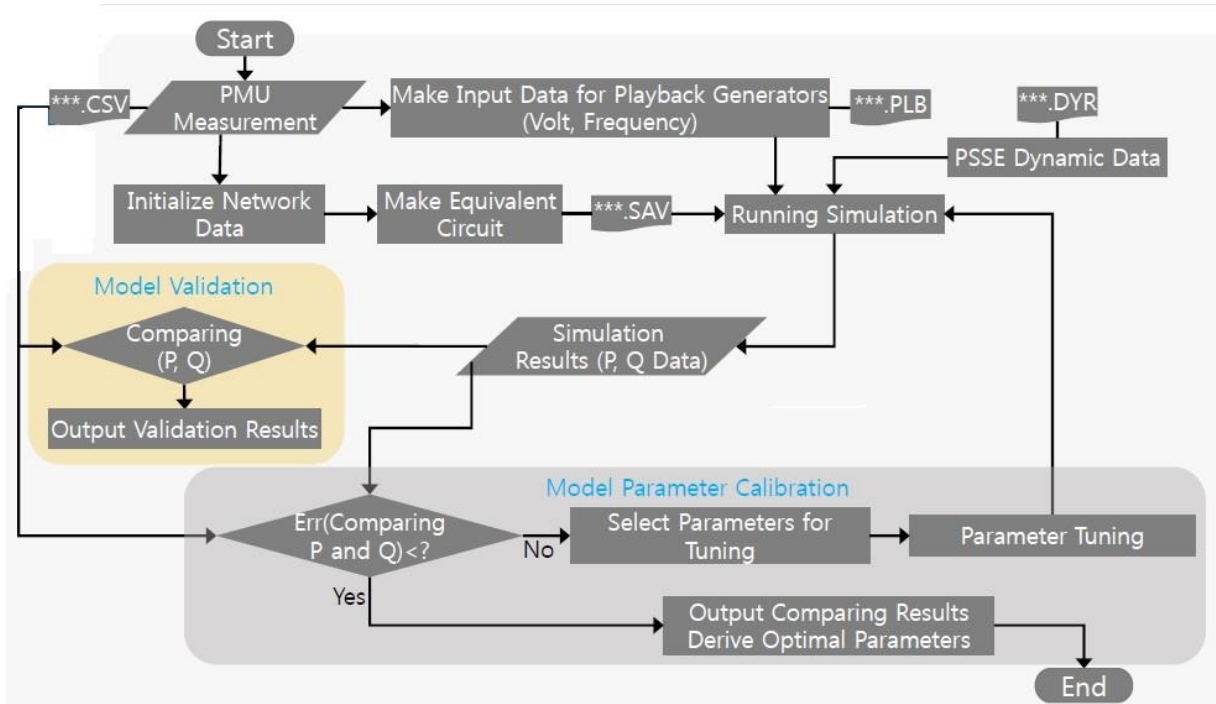


圖 2-2-6、利用 PMU 驗證模型流程

### (三) Renewable Energy and Integration

本次東亞電力技術研討會中的再生能源技術討論議程共有三篇論文投稿，由 TPRI、CREIPI 及 KERI 等三個機構提出，題目分別是 Development and Implementation of Wind Power Forecasting System 及 System-wide Evaluation of Performance Improvement of Thermal Power Generation for Renewable Energy Integration 及 The Development of Advanced Technology Using the BMS platform。

綜研所報告的內容為風力發電預測系統，該系統應用模糊類神經網路技術，結合風速歷史資料與數值天氣預報氣象資料，開發台電風場 6 小時及 48 小時的風力發電預測系統，並透過網頁即時提供預測結果供電力調度處及再生能源處參考應用。本風力發電預測系統的準確度，以澎湖湖西風場為例，其領前 4 小時與領前 24 小時的預測均化平均誤差百分比分別為 6.5%、8.8%，已符合某些國家對於風電併網誤差 10%、20%的要求。

由台灣目前的風力發電分佈圖及政府能源政策的風力發電裝置容量目標表可預期未來幾年風力發電的裝置容量迅速增加，為維持電網的穩定及電力調度的需求，開發風力發電預測系統已成為台電公司研發規畫中的重點項目之一。從電力系統的觀點來看，電力供給與需求量必須隨時保持平衡，系

統才能維持穩定運作，所以整個系統的發電量是隨著負載變化進行調整以維持系統頻率的穩定。雖然負載變化會隨季節和每日不同時段而有差異，但其變化基本上是有跡可循且可以預測的，所以透過調度發電機組可以及時因應系統頻率的變化；然而，風力發電屬於間歇性能源，當少量的風力發電注入電網，其發電量的變動可以由整個電力系統吸收。但是當風力發電在電網的佔比提高到一定比例時，其注入電網電力的變動易造成電力系統不穩定，且無法預估的出力也將增加電力調度困難度及電網運轉投資與操作成本。

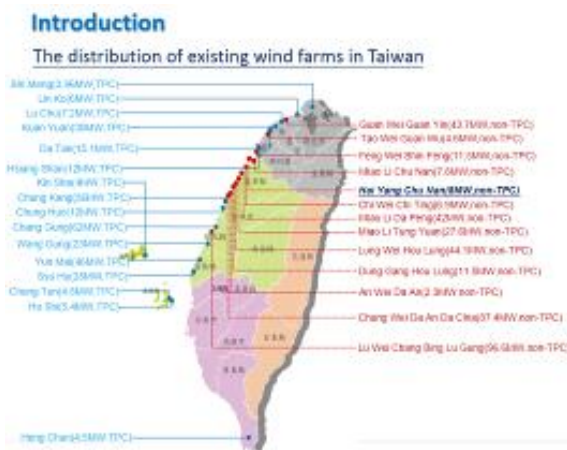


圖 2-3-1 台灣風力發電分佈圖

Year	2015	2017	2020	2025
On-shore (MW)	647	686.7	1,200	1,200
Off-shore (MW)	0	8	520	3,000
Total	647	694.7	1,720	4,200

"1000 on- and off-shore wind turbine" Project

圖 2-3-2 台灣風力發電發展目標

風速是決定風力發電效能最重要的因素，然而地形、溫度、氣壓、緯度等都對風速的影響存在著非常複雜且高度非線性的關係，導致利用傳統物理模式或統計方法進行預測有相當的難度，特別是針對長領前時間的預測應用。因此本預測系統採用模糊類神經網路(Fuzzy Neural Networks, FNNs)技術開發而成，結合風速歷史資料與數值天氣預報資料，建立不同領前時間長度的風力發電預測系統。

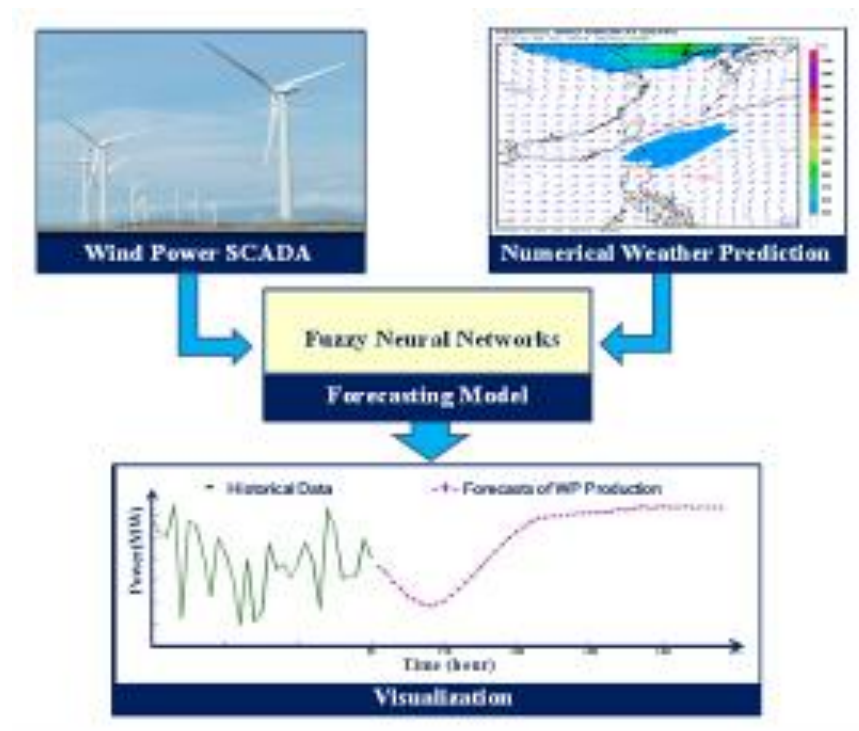


圖 2-3-3 風力發電預測方法

台電公司現有 16 個風場，為提供再生能源處在運維時程、調度單位在機組排程的規劃參考，綜研所分別對台電風場進行 6 小時及 48 小時風力發電預測系統動態網頁的建置以即時呈現預測資訊。

### On-line Operation – 0.25~6hr Forecasting System

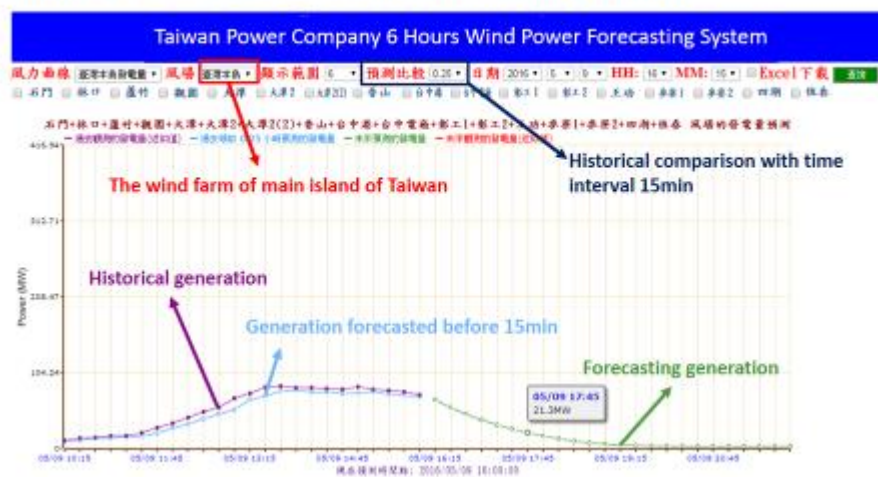


圖 2-3-4 6 小時風力發電預測系統網頁

## On-line Operation – 1~48hr Forecasting System

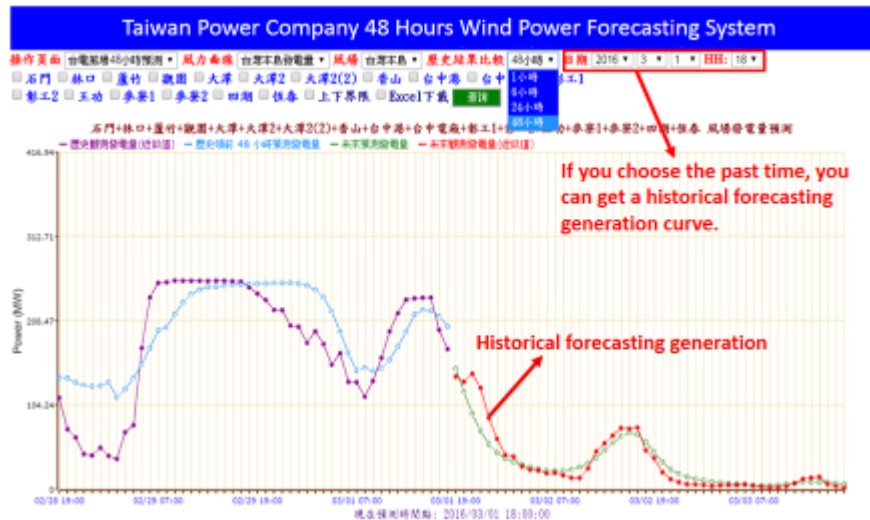


圖 2-3-5 48 小時風力發電預測系統網頁

風力發電預測系統網頁均可調整預測時間點、不同風場的組合及歷史結果比較等參數，以利於使用者對關注的風場進行查詢分析應用。圖 2-3-4 及圖 2-3-5 中的左側紫色曲線為歷史觀測發電量，藍色曲線則為過去 6/48 小時領前 15 分鐘/1 小時的預測發電量值，其右側綠色曲線為未來 6/48 小時的預測發電量值，紅色曲線為觀測的發電量。

在預測系統準確度成果方面，2017 年上半年台電各風場的領前 4 小時及領前 20 小時的預測大至上都符合中國在 2014 年發表在 IEEE 論文中訂定的標準，其 NMAE(Normalized Mean Absolute Error)分別為 10%(領前 4 小時誤差)及 20%(領前 20 小時誤差)。核三、林口等風場預測誤差較大的原因是因為該風場地形較複雜，風速受地形影響而難以預測。

### Verification – Forecasting Accuracy Estimation

6 hours forecasting system		48 hours forecasting system		
Statistical duration : 2017.01~06		Statistical duration : 2017.01~06		
Wind farm	4 hours ahead NMAE(%)	Wind farm	4 hours ahead NMAE(%)	24 hours ahead NMAE(%)
HuShi	8.08	Hushi	6.52	8.80
ChungTun	9.28	ChungTun	7.81	9.85
LuChu	10.76	ChungHuo	9.36	10.29
WangGung	11.16	WangGung	9.99	11.90
ChungHuo	11.26	ChungKang	10.15	11.60
DaTan II-1	11.3	DaTan 3	10.36	13.84
SsuHu	11.95	KinMen	10.44	12.88
ChangGung 1	12.27	ChangGung 2	10.50	12.22
MaiLiao 2	12.5	DaTan 2	10.65	13.83
DaTan I	12.82	HsiangShan	11.13	24.22
KinSha	13.25	MaiLiao 2	11.18	14.31
ChangGung 2	13.47	DaTan 1	11.34	14.74
HsiangShan	13.62	ChangGung 1	11.45	13.05
ChungKang	13.86	SsuHu	11.63	13.85
KuanYuan	14.27	MaiLiao 1	11.64	13.74
MaiLiao 1	14.46	LuChu	11.67	14.50
Nuclear 3	14.52	KuanYuan	12.58	16.40
ShiMeng	15.61	ShiMen	13.12	16.81
DaTan II-2	15.91	LinKo	14.37	17.02
LinKo	17.2	Nuclear 3	14.41	18.38

圖 2-3-6 6/48 小時風力預測系統精準度



CRIEPI 是由 Yuji Hanai 博士代表簡報，報告的內容為整體評估再生能源併網後火力機組的效能改善。減碳是世界各國的共同目標，為達到減碳的目標，日本近年來也大力推動再生能源的發展，但由於過度導入太陽光電、風力等所謂「出力變動型再生能源」，將可能造成火力發電收支惡化，即以再生能源為優先的代價，除須降低火力發電的運轉率及頻頻停機或再啟動外，未來再生能源勢必會繼續快速發展，這將使火力發電之運用面臨困局。

在未來，日本的火力發電發展預計會著重在 Gas Turbine Combined Cycle (GTCC) 上，由於 GTCC 具有高效率及高運轉操作彈性的特性，藉此可搭配出力變動型再生能源，不同於傳統火力電廠(傳統燃煤、燃氣電廠等)起動時間需要較久，若用來搭配再生能源會使得發電效益降低。

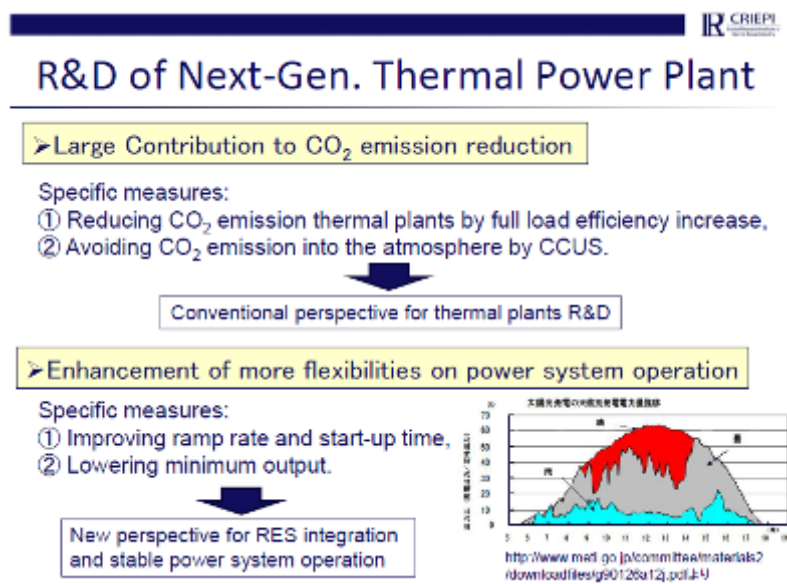


圖 2-3-7 因應再生能源佔比提高，日本火力發電研究方向

本篇報告評估火力電廠效益提高的影響，一是評估各項 GTCC 的運轉參數，包含 Lowering minimum output、Improving ramp rate、Shortening start-up time 及 Improving partial-load efficiency，另一部分是利用模擬電力供需來評估在 2030 年及 2050 年時火力電廠的運轉效益，效益的評估包含年度燃料花費、二氧化碳排放量及再生能源的使用率。

# Analysis Tool: Supply-demand Simulator

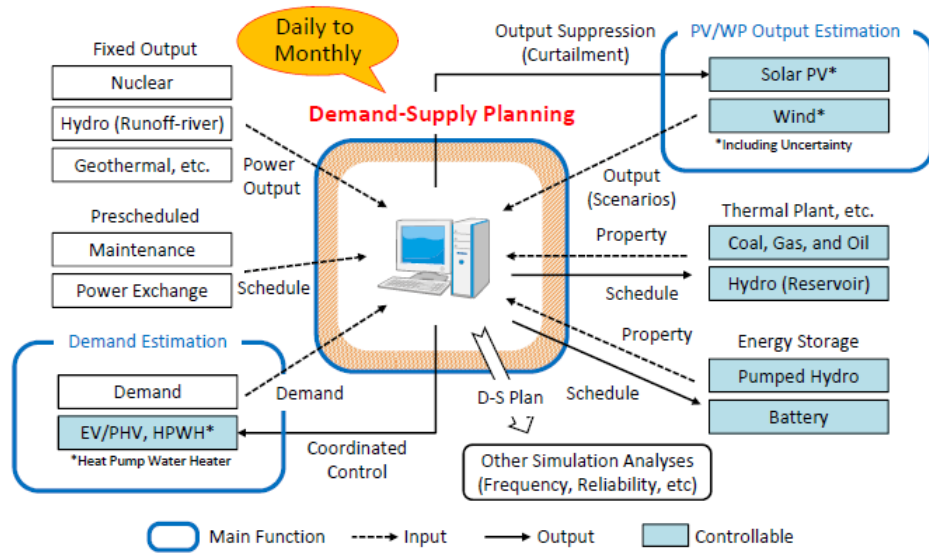


圖 2-3-8 日本電力供需模擬分析

藉由模擬去評估未來增加 GTCC 佔比是否可增加火力發電的效益，補償再生能源大量增加的能源不穩定性，各項能源的佔比是根據日本經濟產業省所訂定的目標做為參數，包括再生能源的發展目標、舊火力機組除役與新建火力電廠計劃及核能電廠發展方向等。其中各項火力發電方式各有其運轉參數，包含 ramp rate、start-up time 及 maximum LFC reserve 等。在符合能源目標的情況下，增加 GTCC 佔比可使日本在 2050 年時增加太陽光電及風力發電共 4%。

## Change in Generation MWh Shares

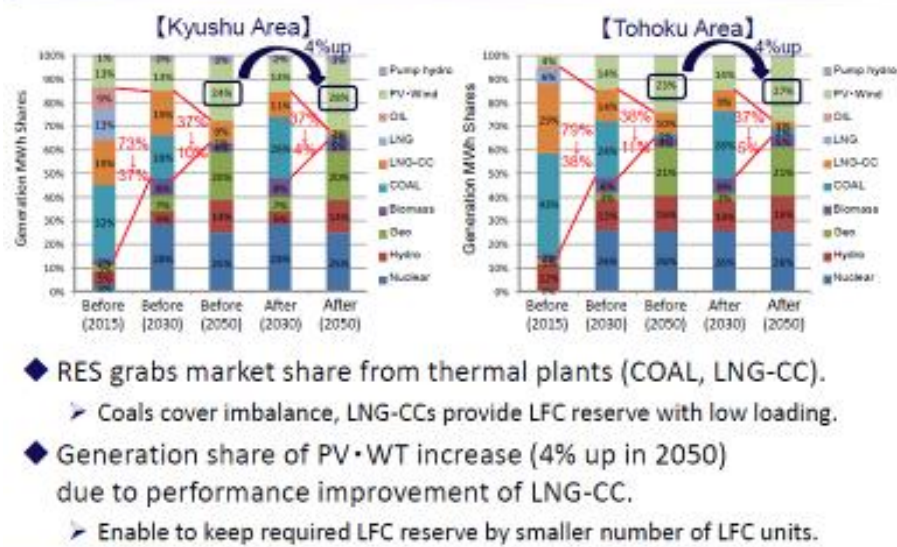


圖 2-3-9 東西日本各項能源佔比模擬結果

KERI 是由 Bae Jung Hyo 博士代表簡報，介紹韓國電氣技術研究所開發的能源儲存系統(Energy Storage System, ESS)，ESS 是各國發展智慧電網中的核心技術，ESS 是由電力管理系統 (Power Management System, PMS)、功率調節系統 (Power Conditioning System, PCS)及電池管理系統(Battery Management System, BMS)等技術。本次報告介紹由 Bae Jung Hyo 博士團隊開發的 BMS，該團隊利用數位訊號處理平台(Digital Signal Processing, DSP)開發控制平台，並利用控制器區域網路技術 (Controller Area Network, CAN)做為 Master 端及 Slave 端的通訊協定，此外該團隊亦開發先進電池充電狀態估算系統及電池平衡方程式。利用 BMS platform 可以模擬各種設計狀態，藉此可以省下許多變更設計的費用及節省開發的時間。



圖 2-3-10 ESS 系統介紹

#### (四) Maintenance and Smart Distribution Network

本 Session 總共有 4 篇簡報，其中本所 TPRI、CEPRI、CRIEPI 和 KERI 各 1 篇，其簡報內容如下：

##### 自癒式電容的自癒失敗特性與保護方法 (Yan Fei, CEPRI):

高壓自癒式電容（自癒式電容剖面圖如圖 2-4-1 所示）主要應用於轉換器的穩壓、濾波器和無效電力補償設備。隨著新能源與電力傳輸技術急速的成長，高壓自癒式電容器的需求將會大大的增加，但目前自癒失敗保護的關鍵技術至今仍未有效解決。

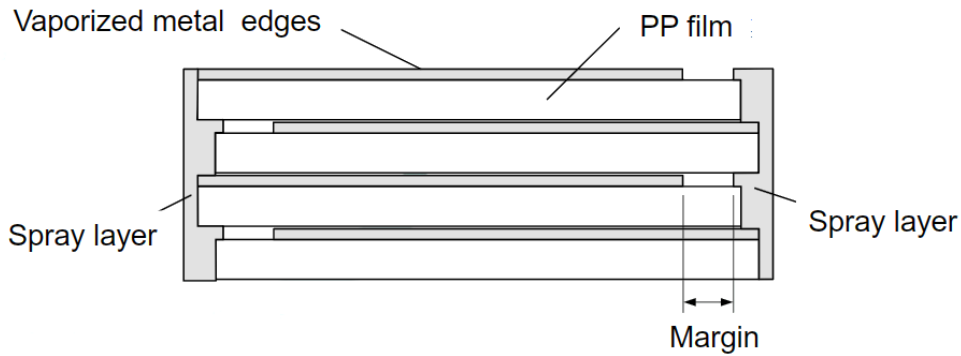


圖 2-4-1 自癒式電容剖面圖

此簡報為介紹金屬薄膜電容自癒特性之研究，為減少金屬薄膜自癒失敗的可能性，此研究建置了一套實驗平台，考慮在不同的溫度、壓力、薄膜厚度、片電阻值...等條件下，用來測試自癒式電容金屬薄膜的特性，如自癒失敗的崩潰電壓、峰值電流、時間長短、能量和自癒範圍。根據測試的結果，在較高的壓力下會有較良好的自癒效果（如圖 2-4-2 所示）；在低溫的條件下，則不利於電容的自癒；金屬薄膜若越薄，則自癒效果會變糟；較高的片電阻時，會讓自癒過程較為順利且簡單，但過高的電阻值可能造成溫升問題。

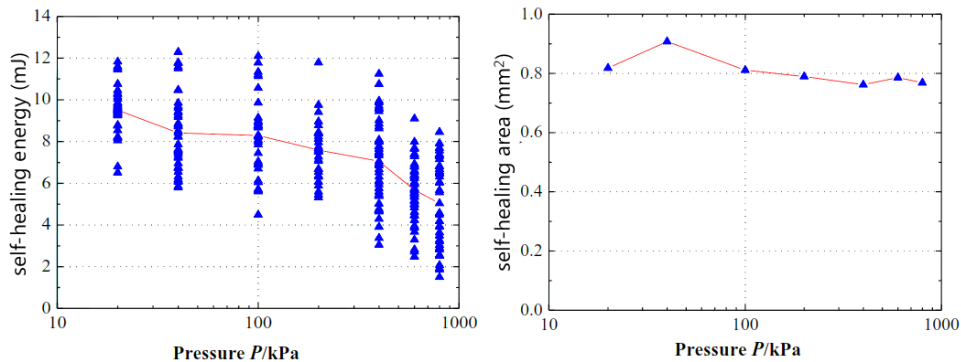


圖 2-4-2 壓力對自癒特性之影響

自癒失敗的保護方法共有 4 種，第一種方式為壓力保護，其響應較慢且必須在電容中安裝保護設備；第二種為氫感側器保護，同樣地，具有較慢的響應且必須在電容中安裝保護設備；第三種方式為主動功率保護，其必須同時量測電壓與電流，接線較為複雜且得具備高精確度的需求；最後一種方式為不平衡電流保護，此方法為最快速的方式，但僅能保護並聯的偶數電容組，並得考慮抗干擾的問題。

使用聲波發射法考慮電容器內部結構的部分放電定位方法 (Takashi Kuraishi, CRIEPI)

自 2010 年代初期，在日本約有 50% 的高壓電容器已啟用了約 30 年(如圖 2-4-3 所示)，而這些電容器大多為油浸紙介質的電容器。為了有效維護及管理這些電容器，需要設置一套電容器的部份放電診斷系統。

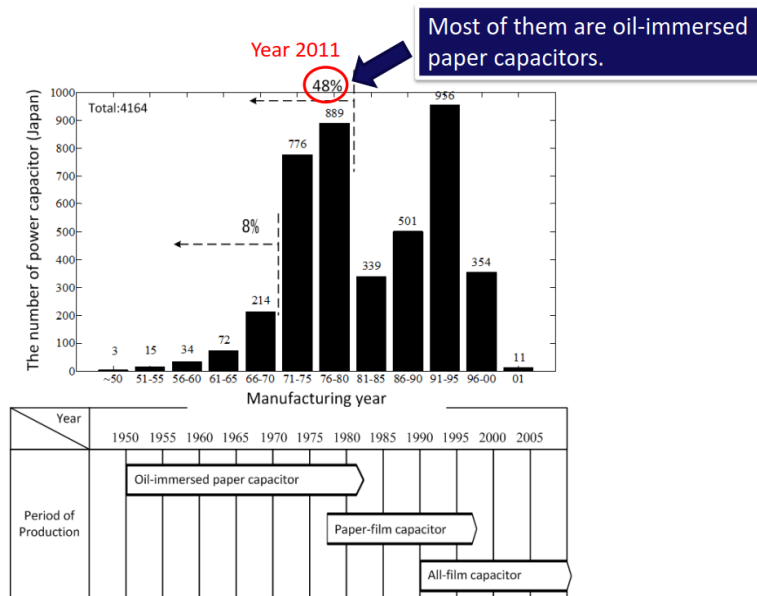


圖 2-4-3 日本電容器種類統計圖

在此簡報中則是選擇採用聲波發射法(Acoustic Emission, AE)，來對在線運轉中的電容器進行部份放電的偵測診斷，其提出了一套利用複數感測器和電容器內部結構的部份放電定位法，並利用一個已經使用了 48 年的電容器來進行實驗，實驗環境的設置如圖 2-4-4 所示。最後將此方法與傳統的偵測方法來做比較，發現新方法多出了 60% 的精確度，其實結果比較圖如圖 2-4-5 所示。

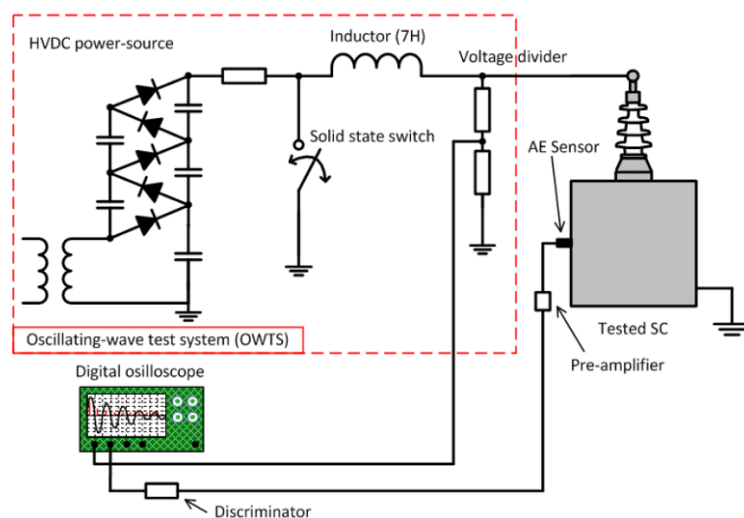


圖 2-4-4 電容器部份放電測試環境設置圖

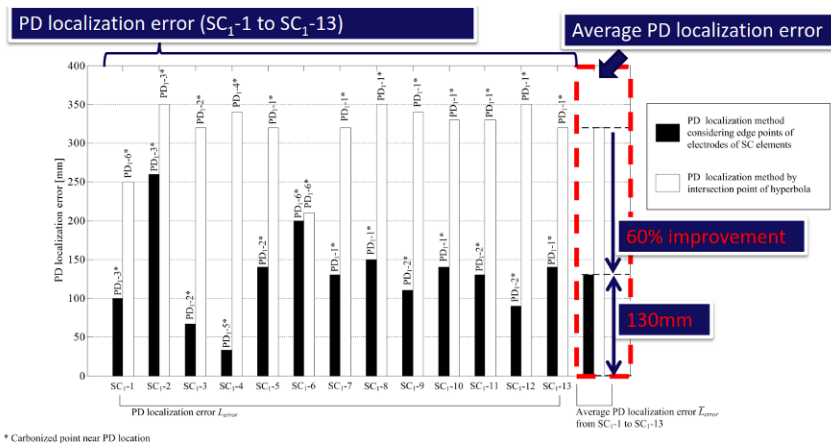


圖 2-4-5 部分放電定位新方法與傳統方法實驗結果比較圖

### 應用硬體閉迴路動態模擬於電力系統保護之測試 (Liang Wei-Chih, TPRI):

本簡報為介紹本公司應用硬體閉迴路(Hardware in the loop, HIL)動態模擬測試的現況，目前應用的領域有保護電驛的測試和饋線資訊末端裝置(Feeder Terminal Unit, FTU)再生能源測試。動態模擬測試是透過即時動態模擬器(Real-Time Digital Simulator, RTDS)，將電力系統模擬即時地輸出至待測物進行測試，達到虛擬實境的效果。此測試方式，可有效評估實體設備於電力系統中遇到暫態現象時的動作表現以及運作狀況，以利設備設定的調整、驗證。

圖 2-4-6 為保護電驛硬體閉迴路動態模擬測試圖，其將電力系統模型建構於 RTDS 中，並將模擬結果即時地輸出至保護電驛(透過電壓/電流放大器)，同時回授保護電驛的輸出信號至 RTDS 中，構成 HIL 動態模擬的測試架構。除了一般具備傳統比壓器、比流器和實體輸出/入的數位電驛可以進行測試，使用 IEC 61850 通訊協定進行電力系統保護的數位電驛也能透過通訊卡片接收和傳送 GOOSE/SV 的指令進行 HIL 測試。

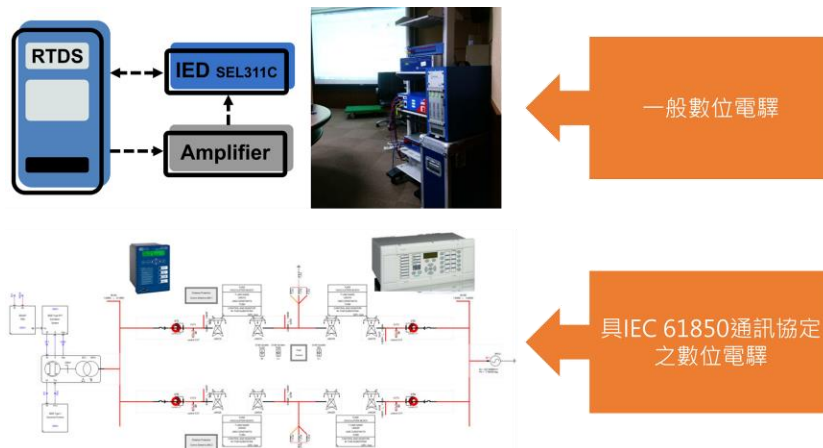


圖 2-4-6 保護電驛硬體閉迴路動態模擬測試

同樣地，FTU 再生能源測試(如圖 2-4-7 所示)是將饋線的電力系統模型建立於 RTDS 中，模擬結果即時地輸出至實體的 FTU(2 具四路亭置式、1 具架空整合式)。FTU 再生能源測試已成為本公司採購驗收測試的項目之一，有效協助本公司淘汰能力不符規範之設備、提昇採購設備之品質。

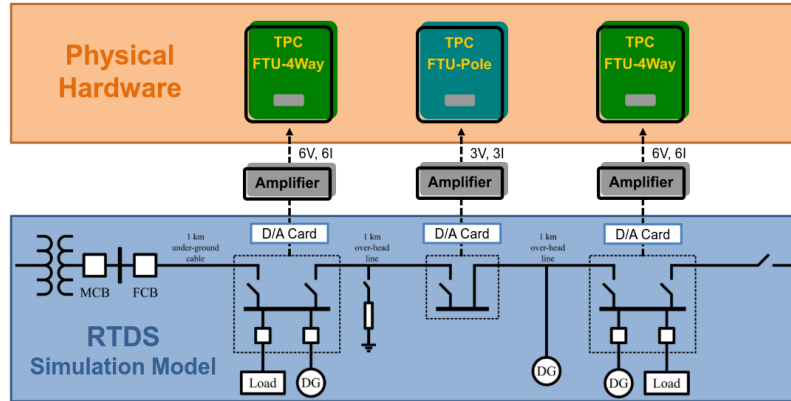


圖 2-4-7 饋線資訊末端再生能源測試架構圖

### IEC61850 通訊協定智慧變頻器之整合管理系統(Gyeong-Hun Kim, KERI):

因石化燃料的耗竭與環境污染加劇的關係，分散式電源(Distributed energy resources, DERs)在韓國持續地增加，大量的再生能源令電網的穩定度漸漸地惡化。電網調度員為了穩定電網，必須限制再生能源的發電量，且對電網法規(Grid Code)的需求便得越來越大。IEC 61850-90-7 定義了分散式能源電力轉換器在電力系統通訊協定中進階的功能(如圖 2-4-8 所示)和物件模型，本篇簡報的內容為介紹 KERI 所開發智慧變頻器和管理智慧變頻器的整合管理系統。

簡報中介紹了許多測試結果，其中包含了 Volt/Var、Frequency/Watt、L/HVRT...等進階功能。圖 2-4-9 為 Volt/Var 的測試結果，此功能係依據系統電壓的大小，來調整智慧變頻器無效功率的輸出大小。

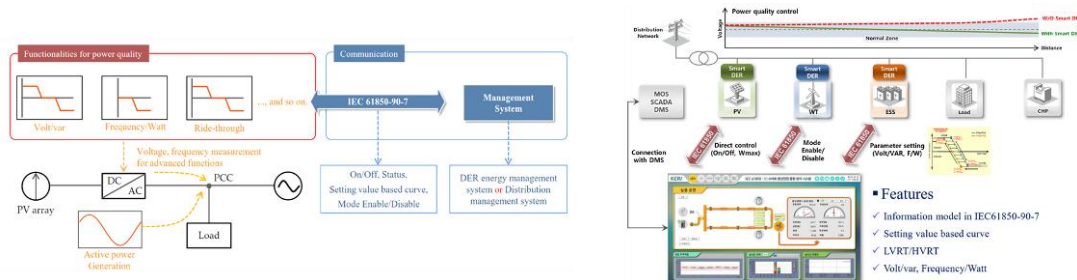


圖 2-4-8 基於 IEC 61850 智慧變頻器的進階功能與整合管理系統

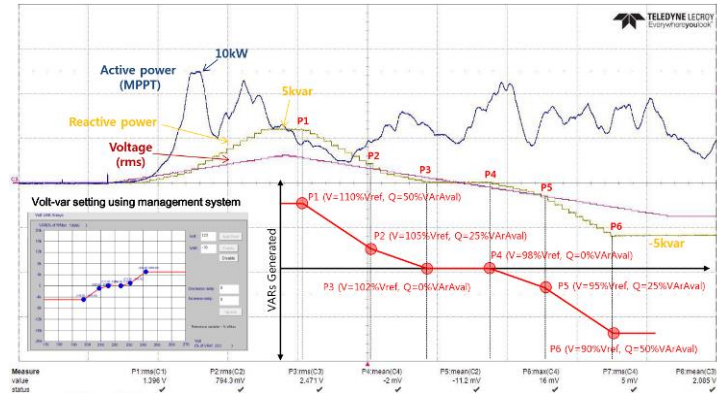


圖 2-4-9 Volt/Var 功能測試結果

## (五) Testing & Measurement

Testing & Measurement 這個 session 僅有三篇報告：TPRI 一篇，KERI 兩篇。KERI 報告的題目為 Introduction of the Simulation Program for the High Power Test 與 Test result of inter-comparison measurement campaign between high power laboratories。

KERI 的總部位於慶尚南道昌原市，目前從事 high power（以下簡稱 HP）測試約有 80 人，KERI 於 1982 年建成小型 HP 測試實驗室，並於 1992 年、2005 年與 2016 年擴充測試能力，並於 2011 年加入國際短路測試聯盟(Short-Circuit Testing Liaison，以下簡稱 STL)，目前 STL 由 12 個測試機構組成，這 12 個測試機構來自英國、義大利、印度、法國、日本、荷蘭、南韓、德國、挪威、美國、匈牙利、捷克。KERI 於 2016 年擴充測試能量，使得其 HP 測試能力達到 4000MVA，在 STL 內，KERI 的測試能力僅次於荷蘭 KEMA。

關於 Introduction of the Simulation Program for the High Power Test 這篇報告，其開發模擬軟體的動機有二：一、縮短訓練 HP 測試實驗室員工的時間。二、藉由軟體來找到最佳測試參數，以降低測試風險與測試時間。軟體的編寫由 KERI 員工一手包辦，開發時間共兩年，軟體包含三部分：用 MATLAB 建立的 GUI、EMTP 模擬電路、DAS 處理模擬數據。最終模擬結果與實際量測結果十分接近。圖 2-5-1 為 KERI 用 MATLAB 製作的 GUI，圖 2-5-2 為模擬結果與實際量測結果之對比。



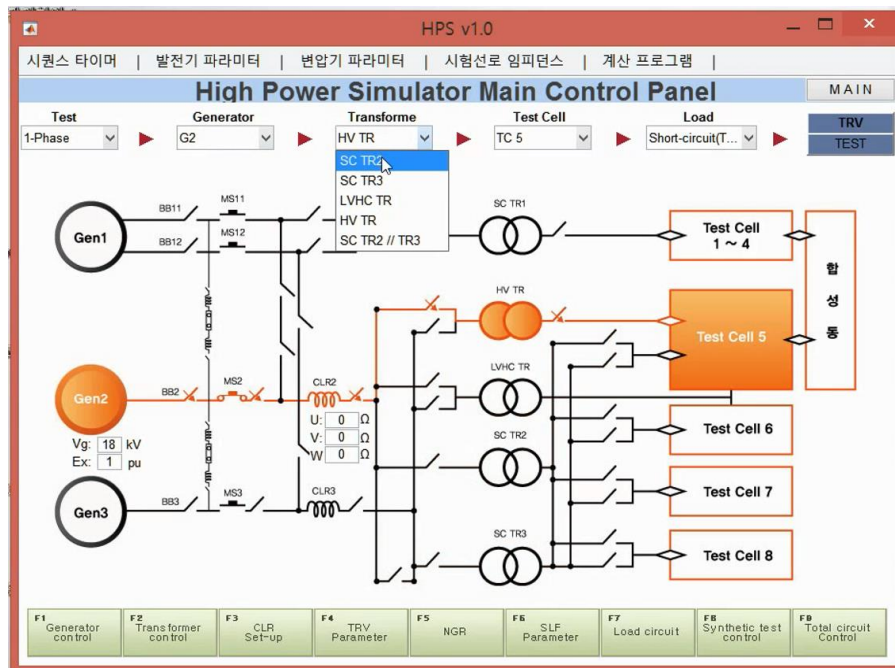


圖 2-5-1 KERI 用 MATLAB 製作的 GUI

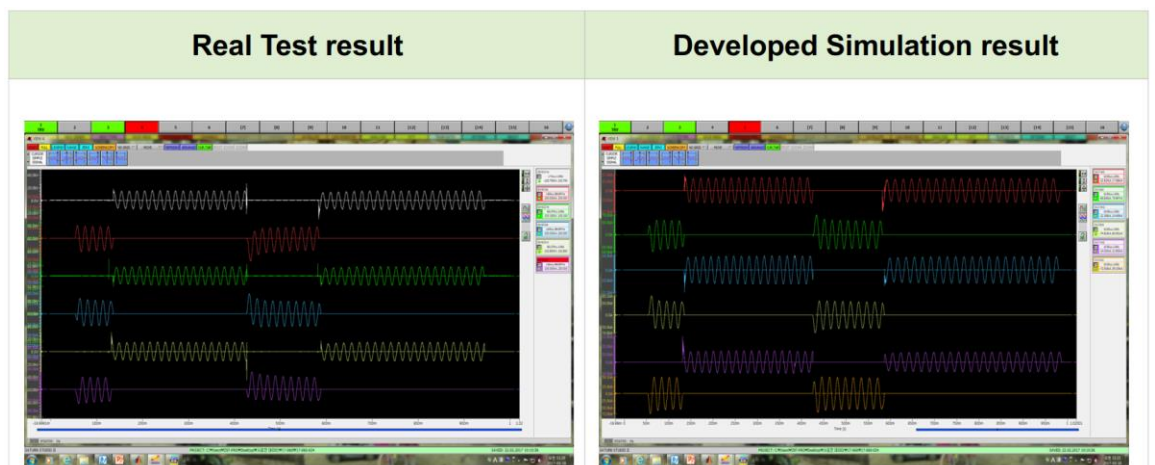


圖 2-5-2 模擬結果與實際量測結果之對比。

關於 Test result of inter-comparison measurement campaign between high power laboratories 這篇報告，HP 測試實踐室執行能力比對的原因是 STL 要求會員執行，能力比對是由 STL TG7(task group 7)負責，能力比對的樣品稱作 Black Box Line Model (以下簡稱 BBLM)，BBLM 於 2014 年製作完成，從 2015 年~2016 年，BBLM 在 STL 會員間傳遞以執行能力比對。KERI 在執行能力比對的過程中，大部分的試驗進行順利，但有一些試驗出現異常（波型有 DC offset），KERI 已就異常部分向 STL 反應。圖 2-5-3 為 KERI 執行能力比對的圖片，最左邊的盒子為 BBLM。

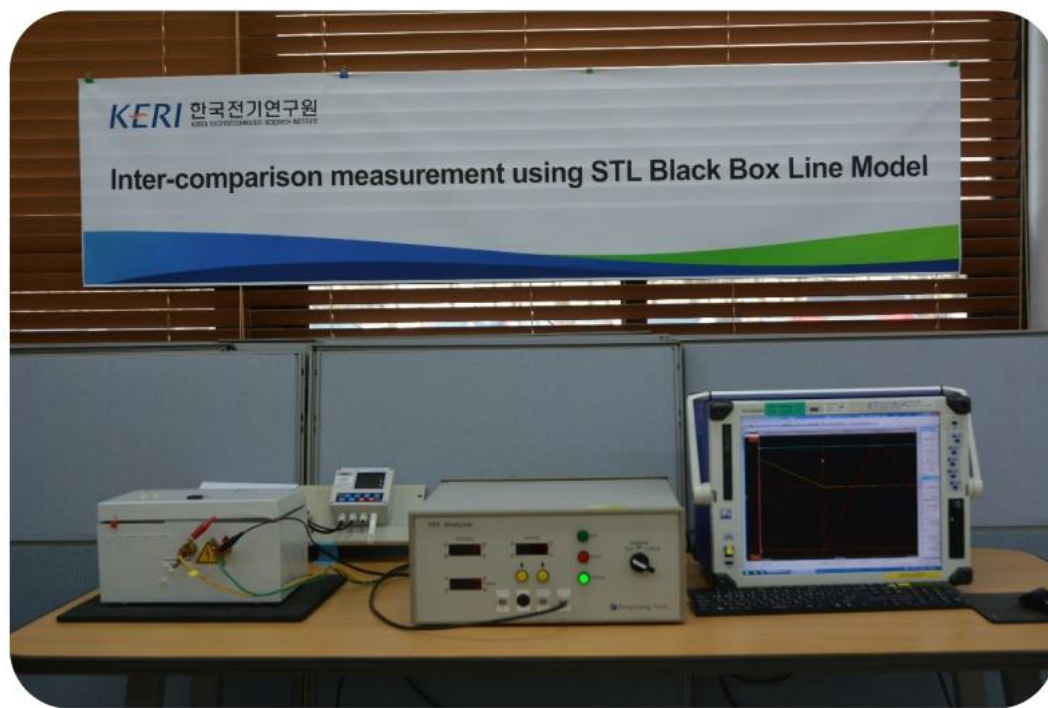


圖 2-5-3 KERI 執行能力比對的圖片

### 三、技術參訪

本次的技術參訪，參訪了韓國濟州島上的海底電纜高壓直流輸電站(High Voltage Direct Current, HVDC)和超導電纜試驗場兩個地點。

#### 1、高壓直流變電所(如圖 3-1)：

濟州島距離朝鮮半島約 100 公里，該島原本擁有獨立經營的電業，但由於供電不穩定，以及發電成本也相對較高，此外由於濟州島被提升為觀光景點，濟州島上的電力需求不斷增加，為了克服這些問題，韓國政府決定借由高壓直流傳輸，將電力傳送到濟州。



圖 3-1 HVDC 變電所參訪

濟州島一共有兩組 HVDC 系統(如圖 3-2 所示)，#1 HVDC 完成於 1998 年 3 月，總長 101km，電壓等級為 DC±180kV，額定容量為 300MW(由兩條 150MW 之輸電線組成)；#2 HVDC 完成於 2013 年 8 月，總長 113km，電壓等級為 DC±250kV，額定容量為 400MW(由兩條 200MW 之輸電線組成)。此兩套系統皆是透過海底電纜，將韓國本土電網與濟州島電網連接。



圖 3-2 濟州島 HVDC 輸電系統介紹

韓國規劃濟州島在 2030 年能夠成為世界第一個無碳島，將所有火力機組停止運轉，為了實現此一目標，其再生能源的發電量得持續成長，並依靠 HVDC 輸電系統來與韓國本土電網連接進行電力調度。

此輸電系統是由韓國電力公司擁有並經營，輸電線路是由韓國本土公司 LS 集團建置，轉換站則是由 Alstom 建置，當中的 DC 轉 AC 換流閥由 ALSTOM 提供，圖 3-5 3-6 為換流閥。

該變電所是將由韓國珍島(Jindo)傳至濟州島的海底直流電力轉為 154kV 交流電力。兩條海底電纜完工之後，濟州島缺電的問題得到解決，圖 3-3、3-4 為海底電纜鋪設示意圖。

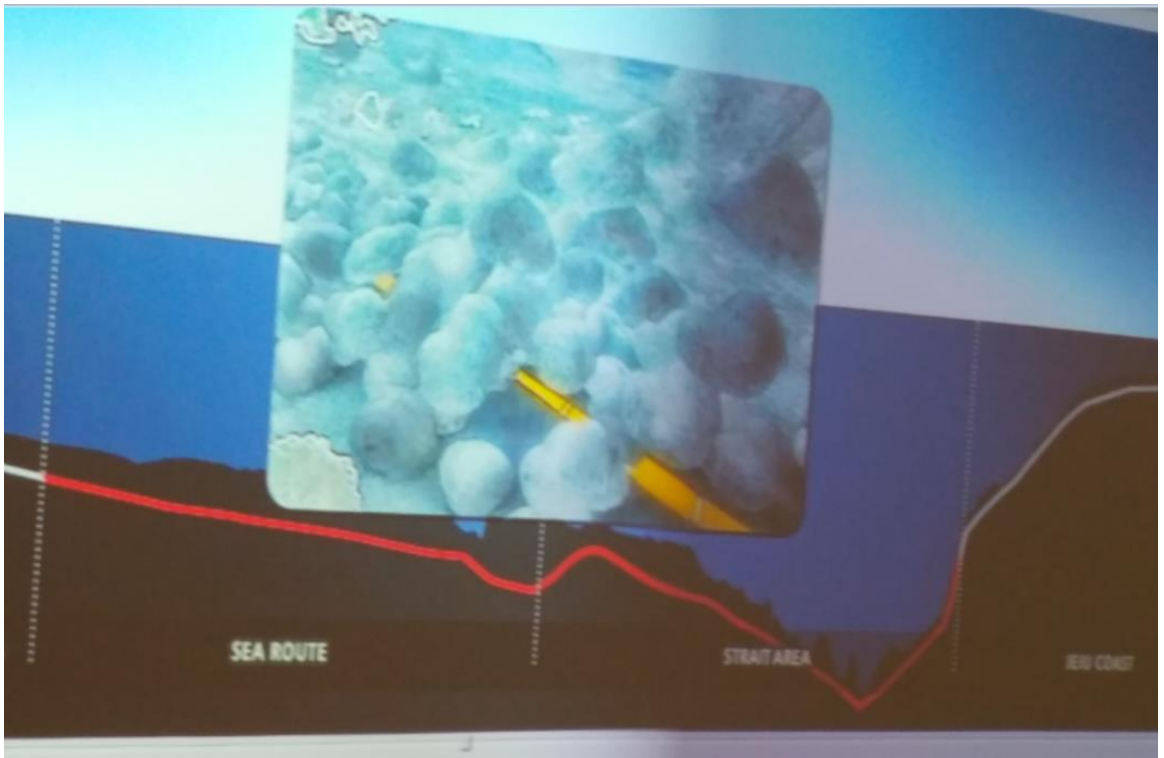


圖 3-3 海底電纜鋪設示意圖

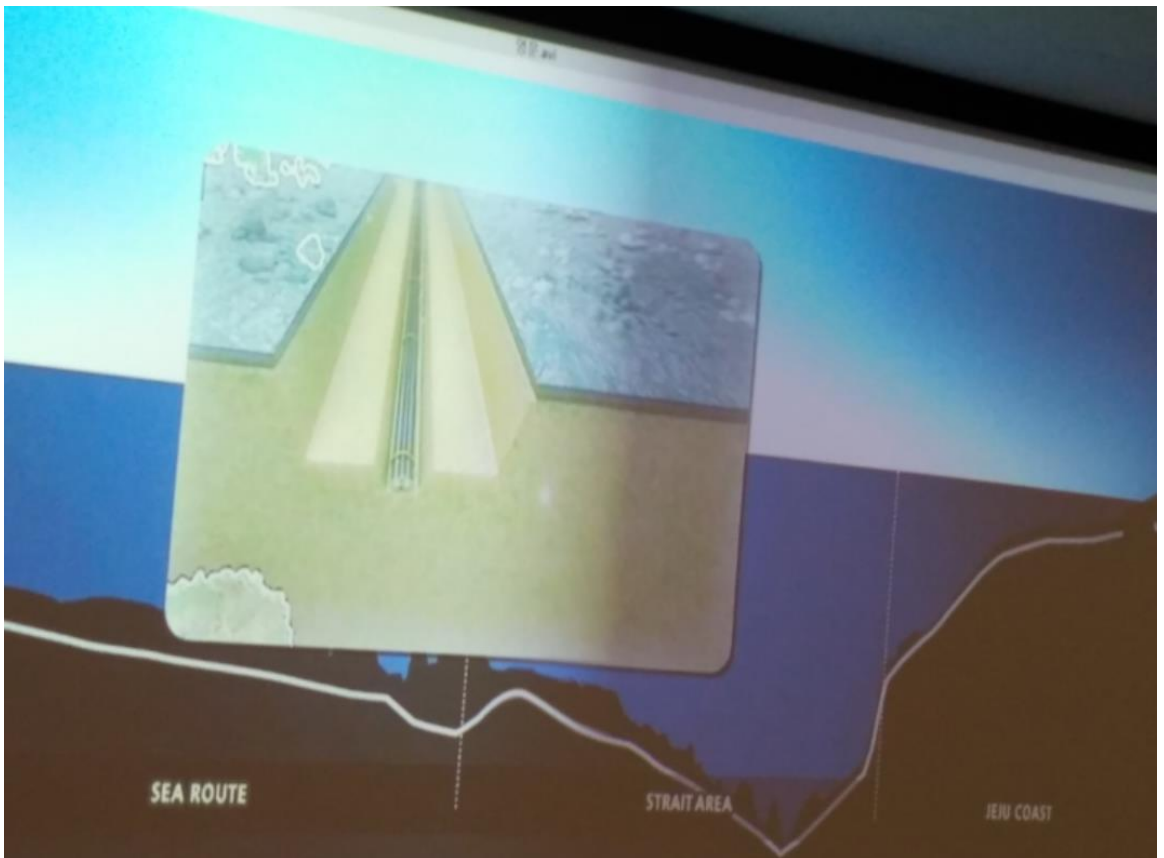


圖 3-4 海底電纜鋪設示意圖



圖 3-5 換流閥

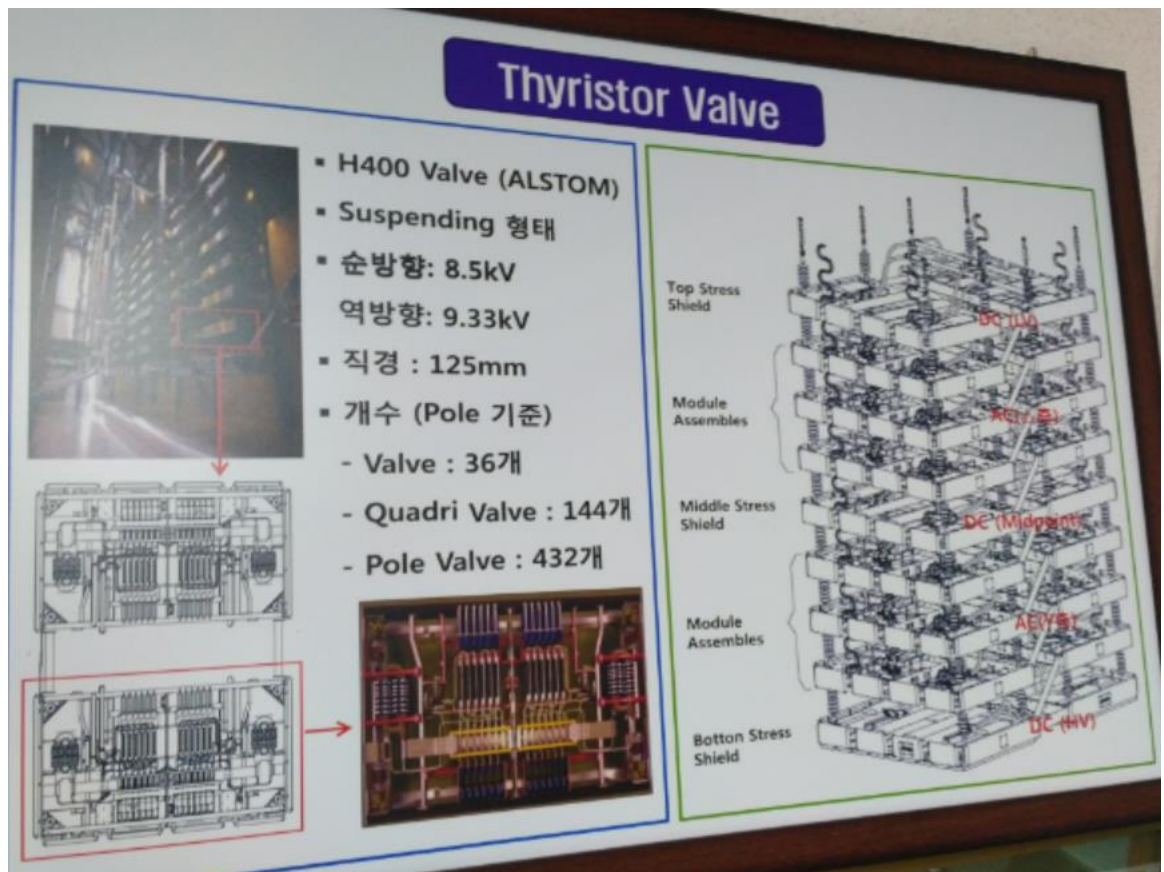


圖 3-6 換流閥

2、超導電纜試驗場(如圖 3-7 所示)：

超導體電力傳輸系統中最重要有兩者，一是超導體輸電電纜(如圖 3-8 所示)、二是冷卻系統(如圖 3-9 所示)。在此實驗場所使用的超導電纜規格為 AC 154kV 600MVA。根據現場人員介紹，與相同粗細的電纜比較，其效率可以提昇約 50%、可耐受的電流約大 100 倍，但成本高了近 50 倍。



圖 3-7 超導體試驗場參訪



圖 3-8 超導體電纜



圖 3-9 冷卻系統管理

LS 集團於濟州島建立一高溫超導傳輸示範場域，主要開發 $\pm 80\text{kV}$  至 $\pm 200\text{kV}$  級直流高溫超導電纜，HVDC 超導電纜系統的傳輸容量是交流超導電纜系統的 2.5 倍以上。該示範場域於參觀其間並無運行，且介紹人員提到高溫超導須要氮氣冷卻以維持低溫，而冷卻系統須要有備援，萬一冷卻系統失效須有能夠維持 4 小時的低溫，以便維護人員到場維護。

## 參、心得及建議

本次赴韓國濟州島參加東亞電力研討會，從抵達機場就可感受到主辦單位的用心，雖然參與單位皆來自不同國家，但也安排了會講中文以及日文的工作人員，讓溝通能夠更順利。本次討論議題均為電力事業重要探討與研究的項目，藉由本次研討會可瞭解中國、日本及韓國電力研究單位之電力技術研究成果與經驗分享，並有助提升本公司之電力科技研發能力及增加國際觀。

議題研討過程中各國都很熱烈地討論研究結果及分享經驗，確實讓與會者均獲得相關寶貴的知識及面對共同議題的解決方向，例如日本電力中央研究所 (CRIEPI) 針對大量再生能源投入電力系統所產生的不確性因素進而探討結合其他可調控電源，如蓄電池儲能系統及需量反應方案等而發展一套適應性資源規劃模型，此模型可嘗試去解決電力系統因有再生能源併入產生不確定性因素問題以及透過整合性的各種電源的最佳組合可降低系統的運轉成本，此方式可共從事相關研究領域的人員參考。

參觀高壓直流輸電站以及高溫超導試驗場，可看出韓國皆是以扶植該國設備廠商為主，並將實際建造成果推廣至國外，可看出其公司治理決心，如此一來能夠持續壯大公司規模，亦能夠建立深厚工程基礎。關於 KERI 能建設出測試能力僅次於荷蘭 KEMA 的 HP 試驗場，表示 KERI 對於每一階段的建設與營運都很用心，實事求是，從中學習真技術與真經驗。



## 肆、參加會議照片



KERI 工程師講解 STL 舉辦之能力比對活動



KERI 工程師講解短路試驗的模擬軟體



各國與會人員合照



本公司洪所長簡報



本所與會人員合照



東亞電力研討會會場



本所與會人員技術參訪合照



本所洪所長與 KERI 交換禮物