

出國報告(出國類別：實習)

# 派赴韓國電力公社參加全球能源新技術 交流課程出國報告

服務機關： 台灣電力公司

姓名職稱： 饒祐禎 組長

黃瓊誼 組長

派赴國家： 韓國

出國期間： 106年10月15~21日

報告日期： 106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：派赴韓國電力公社參加全球能源新技術交流課程出國報告

頁數：54 頁 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

饒祐禎/配電處/組長/02-2366-6717

黃瓊誼/系統規劃處/組長/02-2366-6911

出國類別：實習

出國期間：106 年 10 月 15 日至 106 年 10 月 21 日

出國地區：韓國

報告日期：106 年 12 月 15 日

分類號/目

關鍵詞：智慧電網、再生能源、儲能系統、配電自動化、智慧電表、物聯網、高壓直流輸電系統

內容摘要：(200~300 字)

本次全球智慧電網及再生能源新技術研討課程於 106 年 10 月 15 日至 21 日在韓國首爾之韓電訓練學園舉行，一週課程主要以電力專業培訓為主，輔助以領導力和韓國文化介紹，針對「全球能源趨勢及電業策略」、「智慧電網」、「再生能源」、「儲能系統」、「配電自動化」、「智慧電表」、「物聯網」及「高壓直流輸電系統」等諸多課題進行講授及討論，並參訪韓電 Seo-Anseong 儲能變電站、765kV Sinanseong 變電所及配電調度控制中心，汲取最新相關資訊、獲益良多，俾作為本公司未來在規劃及營運上之參考。

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





## 目 錄

壹、出國目的 .....	1
貳、課程內容 .....	1
參、心得及建議 .....	1
一、心得 .....	1
二、建議事項 .....	2
肆、課程內容 .....	5
一、全球能源趨勢及電業策略課程 .....	5
(一)電力工業發展 .....	5
(二)數位化及分析 .....	8
(三)下一代工業革命指南 .....	9
二、智慧電網課程 .....	10
(一)發展智慧電網背景 .....	10
(二)智慧電網站(Smart Grid Station).....	11
三、再生能源課程 .....	15
(一)韓國能源政策 .....	15
(二)韓電海外再生能源發展業務.....	17
(三)風力及太陽能發電技術.....	17
四、儲能系統(ESS)課程 .....	20
(一)儲能技術在電力系統之應用 .....	20
(二)韓電儲能系統計畫 .....	22
(三)儲能變電站 Seo-Anseong 參訪情形 .....	25
五、配電自動化系統(DAS)課程 .....	30
(一) 韓國電力系統組態 .....	30
(二) 韓電配電系統 .....	30

(三) 韓電配電自動化系統 .....	31
(四) 韓電 DAS 系統網路架構 .....	33
(五) 配電控制中心(DDCC) .....	34
(六) 饋線故障之復電程序 .....	35
六、智慧電表(AMI)課程 .....	36
(一) AMI 定義 .....	36
(二) AMI 目標 .....	36
(三) AMI 設備架構 .....	36
(四) AMI 主要功能 .....	36
(五) 韓電 AMI 建置計畫 .....	37
(六) AMI 系統架構 .....	38
(七) AMI 系統組成元件 .....	39
(八) AMI 服務項目 .....	40
(九) 建置 AMI 效益 .....	42
七、物聯網(IoT, Internet of Things)課程 .....	43
(一) 物聯網定義 .....	43
(二) 物聯網技術 .....	44
(三) 韓電 IoT 發展 .....	45
八、高壓直流(HVDC)輸電系統課程 .....	47
(一) 高壓直流輸電簡介 .....	47
(二) 直流輸電系統組成 .....	48
(三) 韓國高壓直流輸電計畫 .....	50
(四) 765kV Sinanseong 變電所參訪情形 .....	54

## 壹、出國目的

本公司與韓國電力公社於 104 年 9 月簽訂合作備忘錄，合作機制主要以舉辦年會方式進行，另透過國際技術交流，更進一步深化合作關係。本次研討全球智慧電網及再生能源新技術，與資通訊技術(ICT)結合新設備，例如電能儲能系統(ESS)、配電自動化系統(DAS)、智慧電表(AMI)等輸配電最新資訊，俾利本公司建構現代化智慧型電網之參考。

## 貳、課程內容

交流課程如下表。

10 月	課程名稱		
16 日	全球能源趨勢及電業策略		
17 日	智慧電網	再生能源	儲能系統(ESS)
18 日	配電自動化(DAS)	智慧電表(AMI)	物聯網(IoT)
19 日	參訪儲能系統、765kV 變電所及配電調度控制中心		
20 日	高壓直流(HVDC)輸電系統		

## 參、心得及建議

### 一、心得

- (一)本次課程學員來自日本、中國、迦納(非洲)、不丹、越南、馬來西亞、泰國、印尼及臺灣等地區電力公司中高階主管共 19 位，雖然專精領域分散於發輸配售等部門，但學習慾望強烈，課堂中或課堂後常見學員向講師請益，短短一週相處，大家也建立良好友誼。
- (二)此次參與訓練國家大多與韓電有採購相關電力設備之業務往來情形，可見韓電成為國際電業企圖心，該公司結合國內產業所建立各項電力系統硬軟體之核心技術令人欽佩，同時對韓電供電可靠度提升有莫大助益。本國電力設備供應廠商對於先進技

術投入情形仍有努力空間，如變電所 IED 及 SCADA 系統等，若僅以技術合作方式取得國外技術進行生產，將無法走出臺灣，與國際競爭。本次越南電力公司人員主動表示該國有許多電表均為大同公司製造提供，且品質也不錯，這就是本公司材規要求嚴謹而引導廠商開發成果，與有榮焉。

(三)韓電訓練學園與本公司訓練所任務類似，均是提供良好訓練設施增進在職或新進人員技術能力之處所。主要差異為訓練學園講師為專職，非本公司由相關主管業務部門派員兼任，當然有部分新技術專業講師也是敦聘外界專家學者或由韓電總管理處派員支援。配合智慧電網等新技術發展，本學園建立許多模擬系統(如變電所設備接線模擬盤、結合太陽光電與儲能系統所建構之學園智慧社區、配電自動化模擬系統)，令人感受韓電技術與世界接軌企圖心。

(四)韓國再生能源計畫之發展，是由政府出面主導後推動，由廠商及地方政府合作興建，政府同時亦會確保廠商的投資效益，此計畫推動之模式，是以透過地方政府鼓勵全民多元參與，及引導廠商提升再生能源技術為主要目標，此為推動再生能源成功之重要關鍵，值得國內學習參考。

(五)韓電訓練學園講師會參與實際新器材及新設備開發，與電力研究院、韓國國內廠商等參考國外廠家產品而共同開發各項供電設備，設備用料及製造品質相對可靠，且有效扶植國內產業，甚至行銷海外。本國器材及設備係由廠商自行開發，若技術人力不足，且又考量成本，往往只追求符合規範，國際競爭力不足。

## 二、建議事項

(一)未來是物聯網時代，若電業能同時擁有完整通訊網路，進行物聯網相關應用(如線路設備偵測)，將可為公司永續經營及創造價值做出具體貢獻，目前各電信業者均積極投入物聯網相關應

用，本公司除前述線路設備偵測外，更應提前規劃擴大應用AMI專用通訊頻段於家庭用電器具等物聯網可行性，鼓勵用戶透過AMI入口網站進行家庭自動化增值應用，並進行節能措施，減少能源消耗，將可更彰顯政府推動綠能政策之效果。

- (二)本公司可參考韓電做法，先於綜研所或訓練所建立智慧電網站(Smart Grid Station)，試辦各項智慧電網功能及節能管理措施，再與大型企業大樓合作模式逐步推廣至各大型建物，除可協助大用戶進行節能減碳外，更進一步與用戶建立更緊密關係，有效留住客戶。
- (三)虛擬實境及擴增實境教學是未來發展方向，相關技術持續發展中，本公司應適時導入，以加強人員模擬演練，確認現場工作同仁遵照SOP進行各項作業，提升工作安全及效率。
- (四)韓電推動於變電所內裝設儲能系統，預計於2017年裝置容量達500MW，以取代燃煤機組之調頻發電。基於國內未來面臨大量再生能源的併網，可能帶來的衝擊，須以宏觀高度規劃強化，以確保運轉安全穩定，韓電作法值得本公司參考檢討。
- (五)因應我國能源轉型要求而發展大量再生能源，未來多樣能源將共存於分散式、區域化的能源網路，安全運轉要仰賴現代化智慧型電網，利用網路通訊技術及大型儲能技術之應用來完成。因此，本公司對導入與國際接軌之先進科技，需積極培育相關人才，深植技術以永續經營。
- (六)此次赴韓電接受全球新能源技術課程，瞭解韓電在政策的推動具果斷力與決心，對高科技及新設備之應用已相當成熟，發展已走向國際化。高壓直流輸電是再生能源併網發展中必須重視的一種輸電方式，或提升輸電電壓至765kV等級，這些強化輸電系統傳輸能力之作法，本公司應要有更積極實現之決心。
- (七)韓電不斷教育學員了解歷史，提高民族向心力及追求高品質供電榮譽心，淺移默化中，已逐漸顯現成果，該公司也成為國際矚目企業。猶記本公司在中階主管訓練課程中，有一門課程係

藉由本公司對文化保存的努力，延伸出水力發電及電力建設等過程，上課後學員均表示更進一步對公司產生認同感，建議相關資料再妥予編訂，使更具完整性，在訓練課程中加入該內容，即使一堂課，也可慢慢展現凝聚向心力成效。



## 肆、課程內容

### 一、全球能源趨勢及電業策略課程

電力和經濟發展息息相關，充足電力會反映在該國經濟成長及國民所得上。

#### (一)電力工業發展

##### 1. 過去電業

###### (1) 電力壟斷：

- A. 單一電業垂直整合發輸配售電，輸配售電投資成本直接在售電進行回收，且電價加入保證利潤。
- B. 電業能提供穩定電力及充足備用容量(大部分時間超過20%)，惟電價呈現逐年上升趨勢。

###### (2) 電業重整：

- A. 因相信市場機制、鬆綁管制及自由化的電力經濟理論崛起，相關政府(如英國、美國...等)推動電業重整。
- B. 發及售電開放競爭，透過交易市場競價策略供給電力予用戶，成立管制單位審查電價，不再保證成本回收。
- C. 輸配電維持壟斷且管制價格，保持電網建設成本回收攤提於電價中。

##### 2. 現代電業

- (1) 面對困難：全球暖化，電力及冷暖氣、工業生產、交通、家庭廢氣...等其他(如圖 1.1)產生溫室氣體影響生存環境。



圖 1.1 溫室氣體來源統計

- (2) 再生能源投資增加，根據 BNEF(Bloomberg New Energy Finance)統計，2016 年全年全球投入再生能源發電量達 138GW，遠大於燃煤 54 GW，燃氣 37 GW，水力 15 GW 及核能 10 GW；新的商業模式(如圖 1.2)隨之產生。
- (3) 民眾拒絕核能、電塔及 CO<sub>2</sub> 聲音，透過網路、手機群組等廣播力量督促各國政府加強再生能源建設。
- (4) 電業因風力及太陽光電等再生能源成本降低，除需承擔穩定電網之大量固定成本支出，又面臨售電量降低風險，而陷入死亡螺旋(Death Spiral)的困境中(如圖 1.3)。大量再生能源造成鼓勵民眾用電的負電價(如圖 1.4)出現，更減損電業收益及市場價值。



圖 1.2 再生能源所觸發新的商業模式

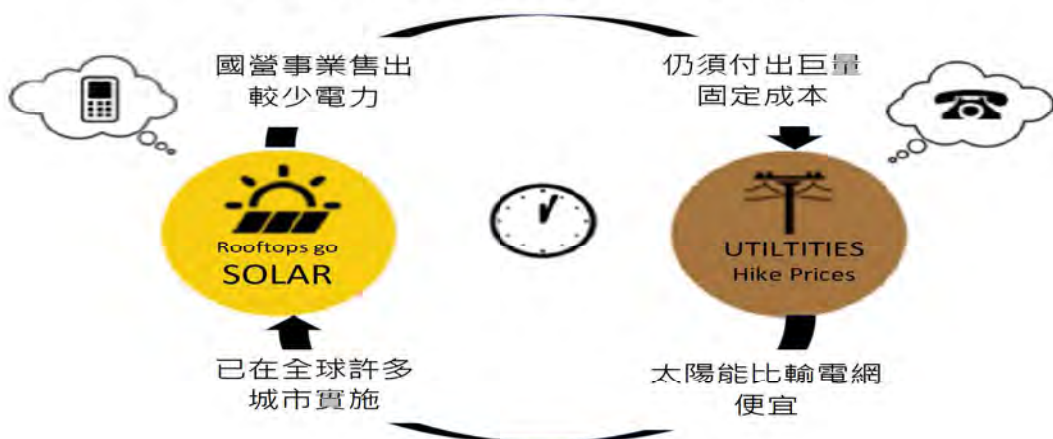
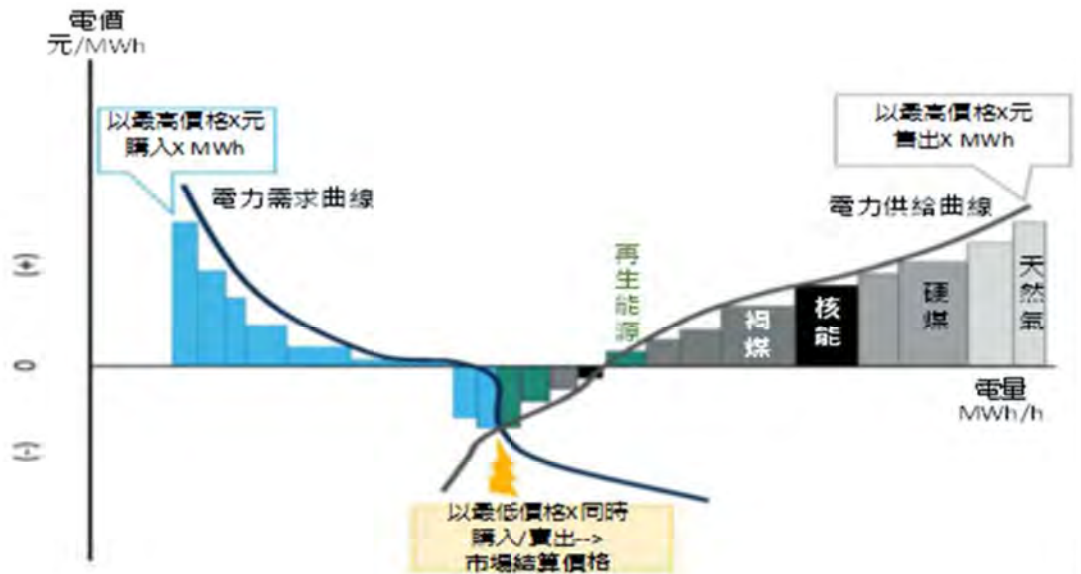


圖 1.3 電業發展所面臨死亡螺旋圖





### 3. 目前先進國家電業發展事項

因應發展再生能源潮流，各國發展新技術包含 EDF 公司建置太陽能電廠、DUKE ENERGY 公司發展再生能源控制中心、e.on 公司發展分散式電廠(含用電現場建立發電設備即發即用、虛擬電廠等)、RWE 公司發展電動車(含租車及銷售)、enel 公司發展智慧電表基礎建設(AMI) 及 SCE 公司推動先降低用電再建立再生能源供電等，以達到家庭零使用能源(Net Zero Energy Homes)，有效提高能源效率。

### 4. 未來電業

#### (1) 工業革命歷程與電業發展關係密切

- A. 第 1 次工業革命：機械化，蒸氣及水力發電。
- B. 第 2 次工業革命：大量生產和電力建設。
- C. 第 3 次工業革命：電子及資訊科技結合之自動化系統。
- D. 第 4 次工業革命：運用網路技術將新一代電腦、感測器 (Sensors) 聯結起來，同時也以運算與通訊 (尤其是行動通訊) 為實物系統添加新的智慧及能力，達到即時感知、動態控制，並提供智慧型即時訊息服務，組合成虛實整合系統 (Cyber-Physical System, CPS)。

(2)世界著名的麥肯錫全球研究所(McKinsey Global Institute)於2013年發布研究報告，公布未來12項可能改變人類生活、企業與全球經濟的破壞性技術(disruptive technologies)，預估能在2025年帶來3.7兆至10.8兆美元的經濟效益，已成為各先進國家發展主軸，各項帶來經濟效益重要性之排序如下：

- A.行動網路(Mobile Internet)。
- B.智能工作自動化(Automation of Knowledge Work)。
- C.物聯網 The Internet of Things。
- D.雲端科技(Cloud technology)。
- E.先進的機器人(Advanced robotics)。
- F.全自動及接近全自動的汽車(Autonomous and Near-Autonomous Vehicles)。
- G.下一世代的基因組合學(Next-generation genomics)。
- H.電池及儲能 (Energy storage)。
- I. 3D 列印(3-D printing)。
- J. 先進材料(Advanced materials)。
- K.先進的油氣探勘及回收 Advanced oil and gas exploration and recovery。
- L.再生能源 Renewable energy。

## (二)數位化及分析

電業要進行各項數位化及分析，預期效益如下：

1. 創造可分享的社會價值：發展技術、創造價值，以嘉惠更多顧客及分享利益。
2. 電力設備最佳化：電力網資產最佳化配置，協助設備或系統廠商創造更多價值(如設備行銷海外)。
3. 轉換顧客用電行為：協助顧客運用智慧電網相關技術，達成穩定供電及節能減碳。
4. 訂定最佳化價格：無論採購設備材料或銷售電力，都能以最好品質提供物超所值服務，並取得公司最大利益的價格。

5. 降低服務成本：運用新科技，改善大量人力成本，並兼顧提高顧客滿意度。

### (三)下一代工業革命指南

1. 重新思考各項商業模式。
2. 運用各項平台資訊分享，建立新的策略。
3. 為顧客設計新的服務。
4. 強化技術研發能力。
5. 加速創新及應用。
6. 分析及學習應用資料及數據庫。
7. 培養創新財務經營模式。
8. 專注於目標而非產品。
9. 建立可信賴的資料及數據庫。
10. 在機器研發之前優先考量人性。

## 二、智慧電網課程

### (一)發展智慧電網背景

#### 1. 氣候暖化日益嚴重

由於人類大量使用石化燃料，造成全球暖化及氣候變遷。

(1) 全球自 1980 至 2012 年石化燃料激增 185%，而韓國自 1980 至 2015 年石化燃料需求激增 655%。

(2) 全球暖化造成過去 100 年平均溫度較以往上升

A. 全球自 1906 至 2005 年平均溫度上升 0.74°C。

B. 韓國自 1912 至 2008 年平均溫度上升 1.7°C。

(3) 若無具體改善措施，預估 2100 年溫度將再上升 3.5°C，平均每上升 3°C 所帶來水患將造成 1,500 萬人死亡，經濟成長下降 0.2~2%。

#### 2. 改善對策

針對日益惡化環境，全球、韓國及韓電所提因應策略如圖 2.1。

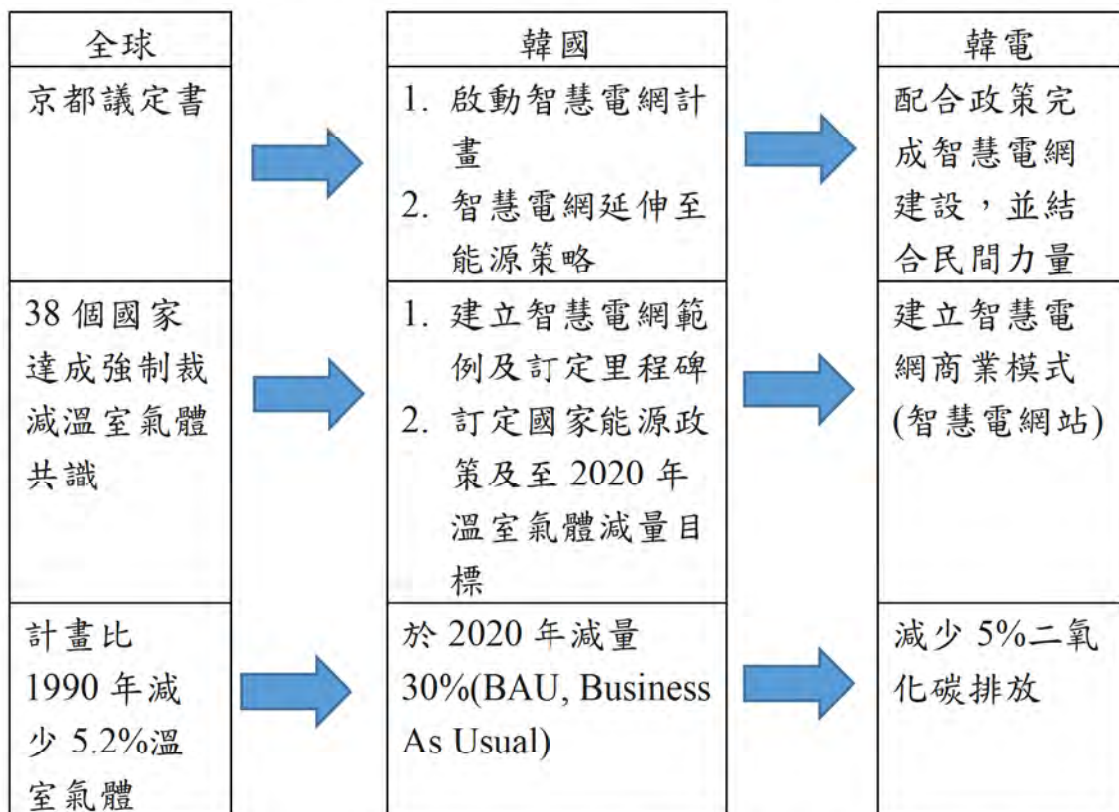


圖 2.1 全球、韓國及韓電所提改善溫室氣體排放因應策略

## (二)智慧電網站(Smart Grid Station)

### 1. 定義



2. 智慧電網站是一個小型智慧電網之控制中心，監視所屬區域範圍之水、電、瓦斯等能源與建物內冷暖氣、PV、儲能、智慧電表、電動車充電器、其他智慧器具(燈具及插座等)，且運用資通訊技術將其整合在一個系統，系統概念及站體內部配置如圖 2.2 及圖 2.3 所示。



圖 2.2 智慧電網站系統概念圖

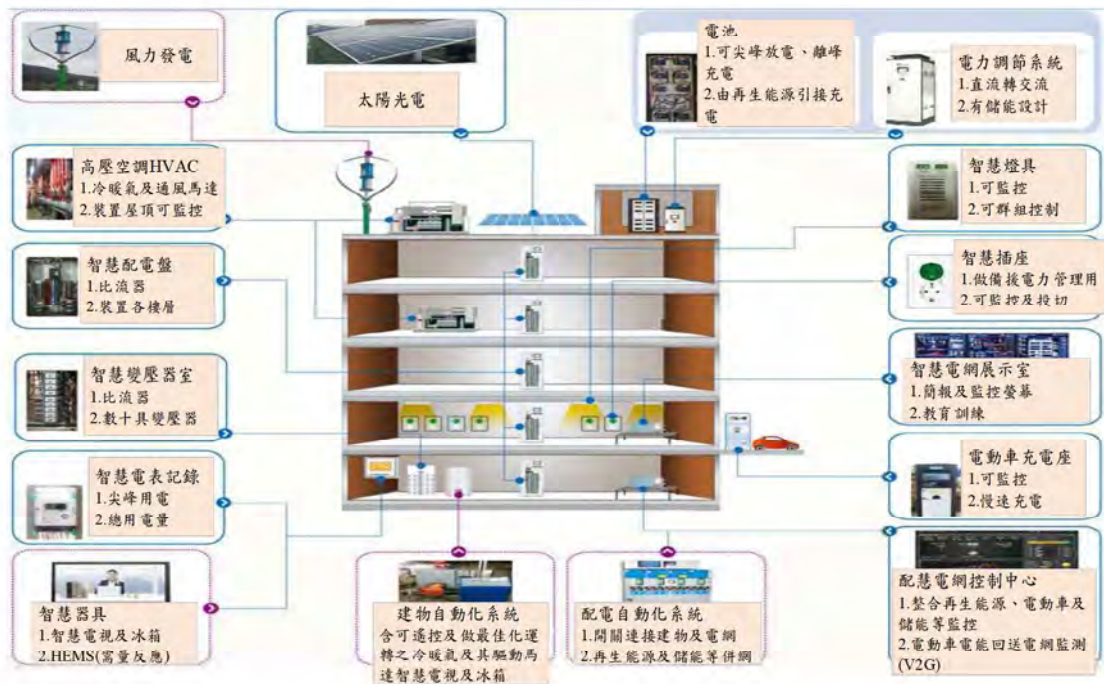


圖 2.3 智慧電網站之站體內部配置圖

3. 智慧電網站係再生能源、儲能電池、混合式電力調節系統(PCS)及能源管理系統(EMS)之集合，各組成項目特性說明如下：

(1) 再生能源和儲能電池

A. 能源發展由單一能源(PV)延伸至 PV+風力+電池等多樣組合，如圖 2.4 所示。

B. 運用時間電價，在電價較便宜時儲存電能(充電)，並在尖峰時間釋放儲能(放電)，以降低尖峰負載量。

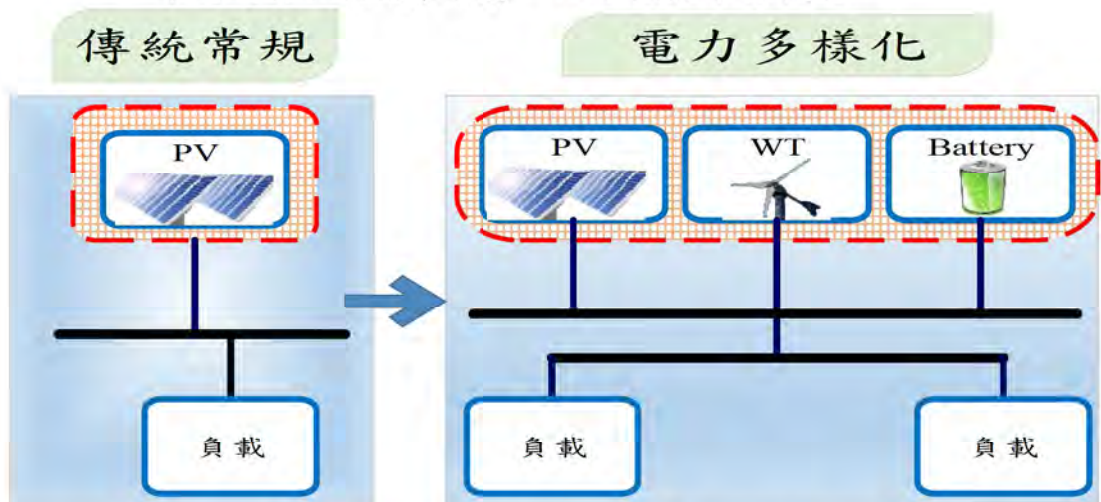


圖 2.4 再生能源和儲能電池發展系統圖

## (2) 混合式電力調節系統(PCS)

混合式電力調節系統(PCS)是在兼具經濟調度管理及科技發展下，將變流器與電力調節系統(PCS)做最佳組合，如圖 2.5 所示。

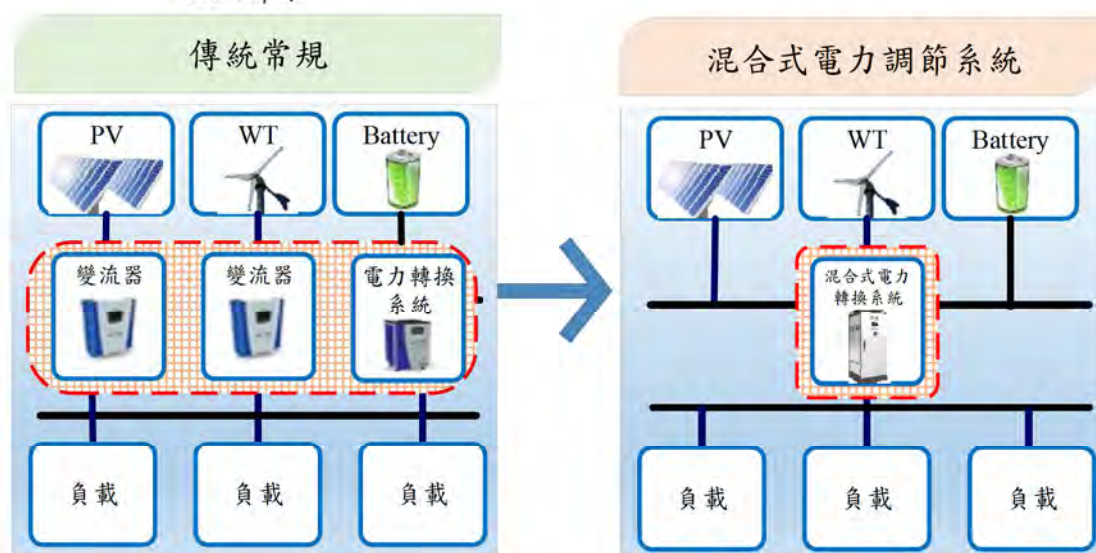


圖 2.5 混合式電力調節系統(PCS)發展架構圖

## (3) 能源管理系統(EMS)

能源管理系統是智慧型自動化管理系統，可監控智慧電網站內各項組件，且由使用者介面管理能源流向，從事能源運轉 (PV、電池、燈具)、計量、資料儲存、分析(發電量、尖峰及負載量)、預測(需量及發電量)、負載管理(排程、需求面管理)等管理。

### 4. 智慧電網站主要功能

包含減少用電量、降低峰值、降低溫室氣體排放、緊急發電系統及遠端遙控需量反應等，如圖 2.6 所示。

### 5. 韓電發展智慧電網站目標

韓電發展智慧電網站有以下兩大目標：

#### (1) 減少用電量及溫室氣體排放，強化經濟調度能力

預定減少該站體 10%用電量、降低尖峰負載 5%及 CO<sub>2</sub> 排放量 5%。

#### (2) 運用智慧電網技術，發展新的商業模式(如整合再生能源及儲

能系統、個別發展混合型電力及能源管理系統、建立採購、施工及維護標準作業程序等)。

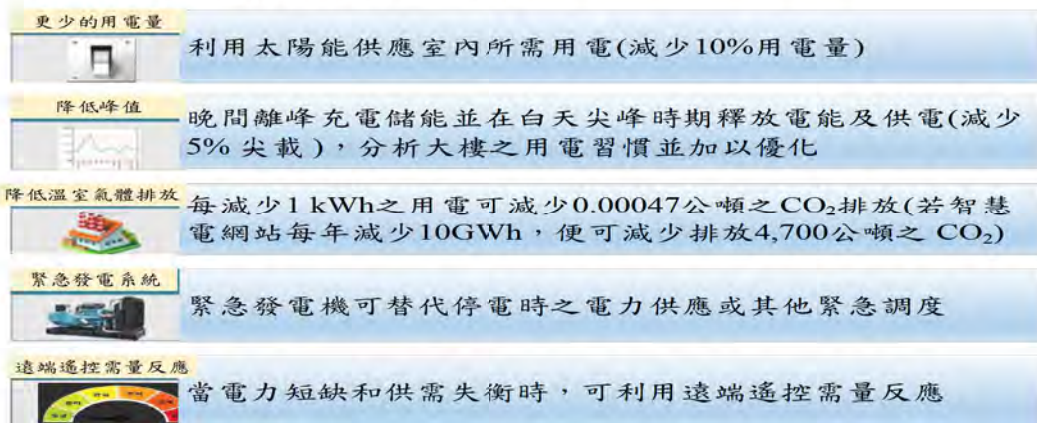


圖 2.6 智慧電網站主要功能圖

## 6. 韓電發展智慧電網站專案計畫

### (1) 發展方式

A. 2013 年於韓電 Guri-Namyangju 區營業處試辦智慧電網站，發展以智慧電網為基礎之最佳化能源管理系統大樓。

B. 2014 年起擴大至其餘 29 區營業處及邀請 39 個中小企業廠商投入本專案計畫，預期效益如圖 2.7 所示。

(2) 目前已建造具有智慧網站之政府機構及大樓合計 155 所，2014 年 29 所、2015 年 71 所、2016 年 55 所。

(3) 韓電將持續結合民間企業力量，推動政府機構及民間商業大樓建置具節能減碳效果之智慧電網站。

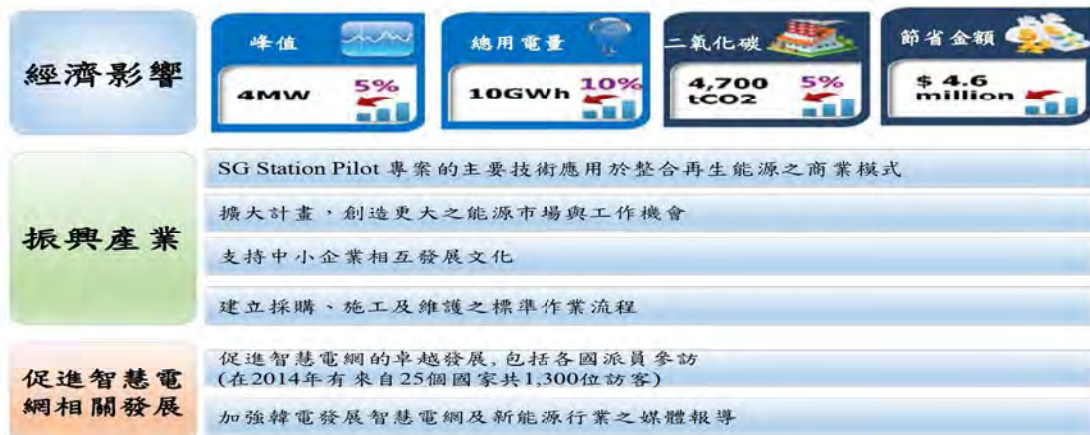


圖 2.7 建置智慧電網站效益說明圖



### 三、再生能源課程

#### (一)韓國能源政策

韓國能源政策在今年作出重大改變，將限制核能及燃煤電廠之興建，增加燃氣電廠容量及發展再生能源，訂定 2029 年太陽能發電目標 29GW。韓國 2012 年已公告再生能源配比標準(Renewable Portfolio Standard)，18 家發電業者(8 家公營及 10 家民間發電業)裝置容量超過 500MW 之業者必須供應總發電量一定比例目標的再生能源。2017 年修正再生能源配比標準，由原 2018 年 4.5%調升為 5.0%，原 2024 年達 10%目標提早為 2023 年如表 3.1 所示，並規劃於 2030 年再生能源發電量占比 20%。

表 3.1 發電業者各年度再生能源配比標準(%)

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2012 年公告	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
2017 年修正	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	-

韓國太陽能發電裝置容量由 2013 年 531MW、2014 年 926MW、2015 年 1,134MW、2016 年 904MW、2017 年 1,180MW，逐年容量擴增如圖 3.1，惟因當地政府管制及併網遭遇挑戰，概估至 2016 年底約有 1.8GW 太陽能及風能等待併網，故 2017 年將太陽能發電設置改由中央審理，並鬆綁管制及加強電網建設，使再生能源能順利加入系統運轉。

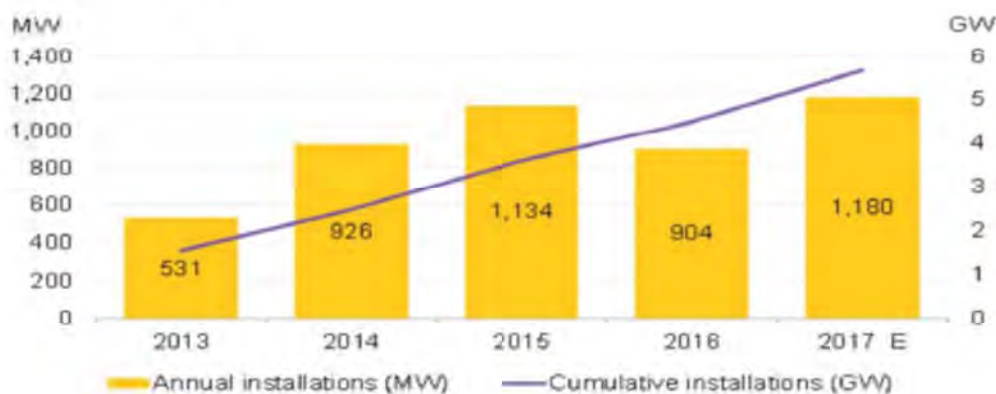


圖 3.1 韓國各年度太陽能發電裝置容量

韓國各年度風力發電裝置容量如圖 3.2，陸域由 2013 年 60MW、2014 年 48MW、2015 年 224MW、2016 年 241MW 至 2017 年 300MW。

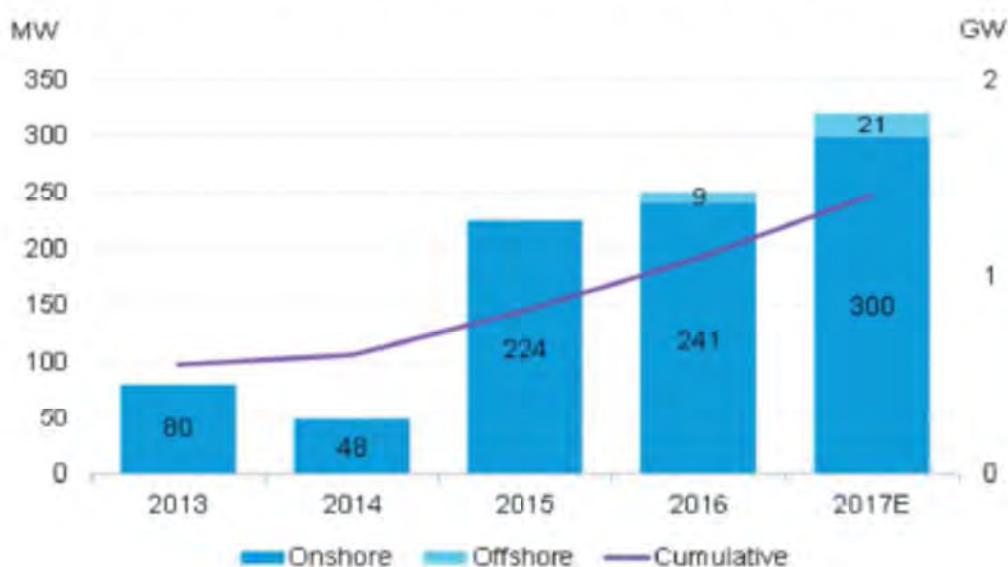


圖 3.2 韓國各年度風力發電裝置容量

離岸風力由 2016 年 9MW 至 2017 年 21MW，陸域風力裝置容量占 96%，大型離岸風場設置例如 Ulsan 離岸風場計畫及 Southwest 離岸風場計畫皆因當地政府及漁業工會反對延宕中。

於再生能源配比標準下，依據發電容量、應用及與儲能系統整合情形，可再生能源憑證(Renewable Energy Certificate)乘數將會不同。韓國於 2017 年訂定太陽能發電及風力發電之 REC 乘數如表 3.2 所示。

表 3.2 韓國可再生能源憑證乘數一覽表

太陽能種類	REC 乘數	風機種類	REC 乘數
PV+儲能系統	5	風力+儲能系統(2016)	5
屋頂型 PV<3MW	1.5	風力+儲能系統(2017)	4.5
漂浮太陽能發電	1.5	離岸風力>5 公里	2
PV<0.1MW	1.2	離岸風力<5 公里	1.5
PV>0.1MW	1	陸域風力	1
屋頂型 PV>3MW	1		
PV>3MW	0.7		

## (二)韓電海外再生能源發展業務

韓電於 2016 年底在 24 個國家共有 36 項計畫如圖 3.3，海外發電容量合計 23,858MW，收入約 52.6 億美元。海外再生能源業務分別在中國 1,314MW 風場計畫、在約旦 89MW 風場計畫、在美國 30MW 太陽光電計畫及在日本 28MW 太陽光電混合儲能系統計畫。

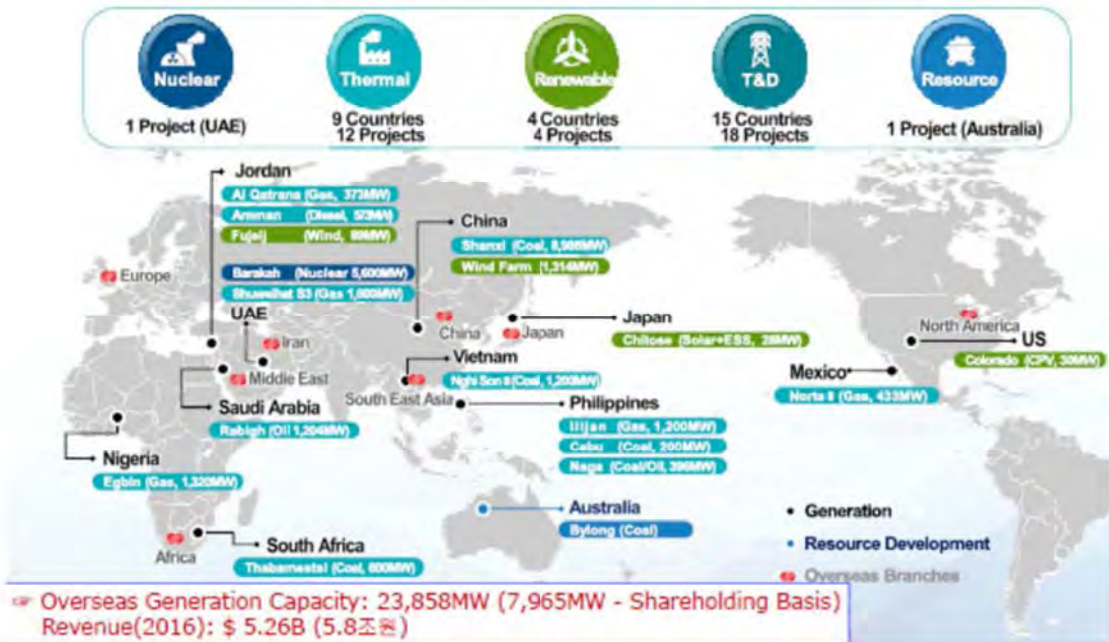


圖 3.3 韓電國際性業務發展示意圖

## (三)風力及太陽能發電技術

風場系統可用性(System Availability)定義為可運轉時間/總時間，以歐洲主要為英國設備製造商之 300 個風場，各風廠運轉期間為 1 至 15 年不等之資料庫統計分析如圖 3.4，90%風場年具有 91.7%或更高之可用性，50%風場年具有 97.1%或更高之可用性，若以標準 20 年使用壽命，則其可用性概估為 96%，風機發電發展至今，技術可靠性已大幅提升，損壞風險也伴隨降低。

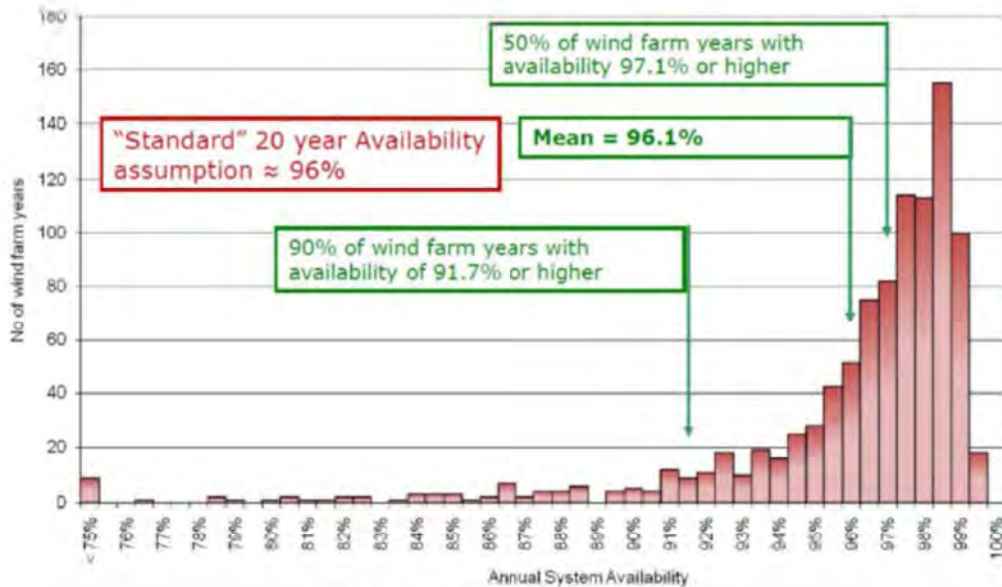


圖 3.4 風場系統可用性統計

風場的布列與電網公司之責任分界點位於電網線路上，惟風場總出力聚集或加裝電抗器補償設備後，經業者變壓器輸送至責任分界點如圖 3.5 所示。

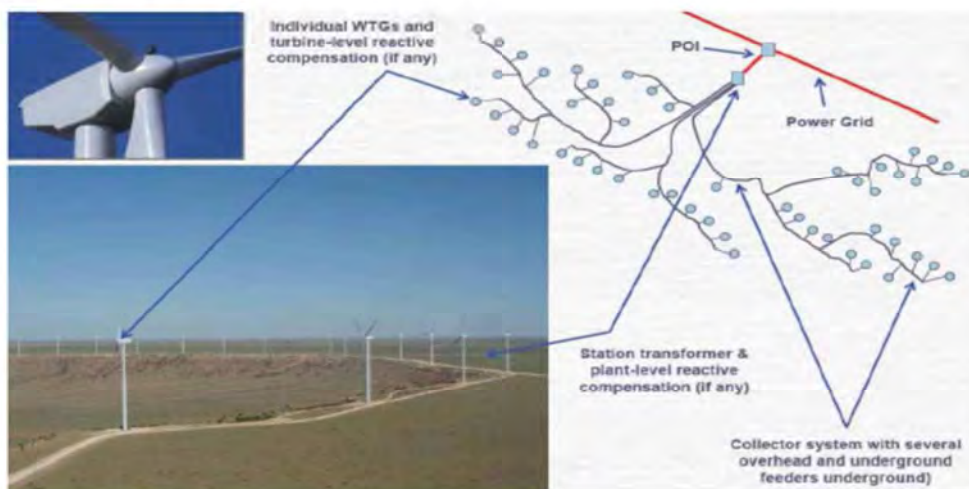


圖 3.5 風場機組布列圖

太陽能發電在設計上之潛在風險說明如下：

1. 不準確的系統模型導致未來要決定性能表現時，常發生錯誤。
2. 光伏組件性能不佳，即標註功率高於實際功率(最常見)。
3. 沒有監測系統或監測系統品質不良(最常見)。
4. 模組劣化較預期為高(如製造上的問題，太陽能電池裂縫，二極

體旁通)。

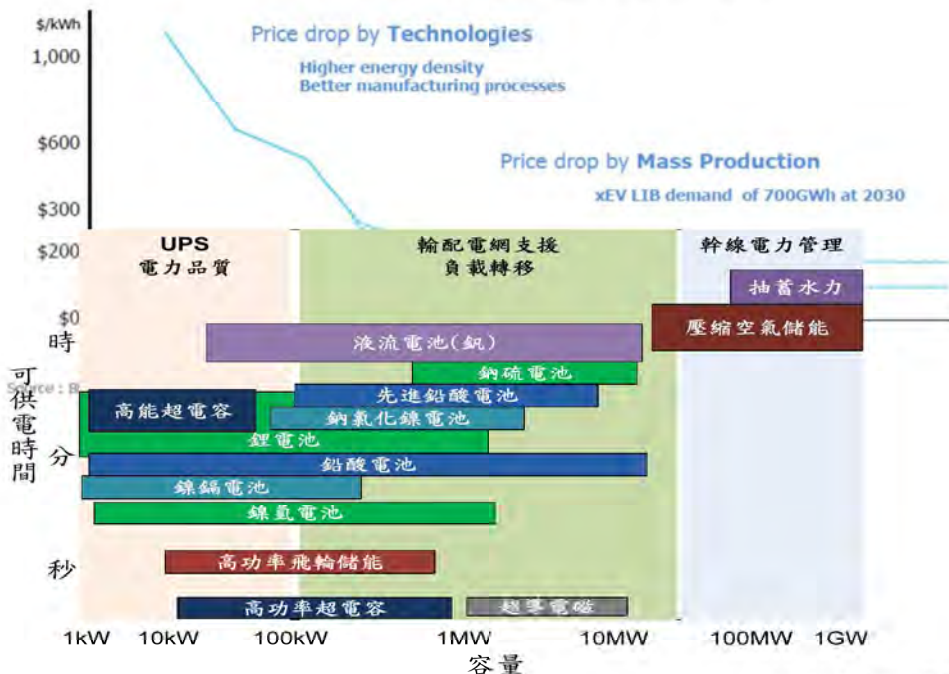
5. 連接器損壞導致串接斷裂。
6. 模組內電池破裂可能是因製造不良、運送或建置時疏忽引起。
7. 電位感應造成 PV 模組劣化。
8. 由於結構設計不當造成的結構性弱化/失效。
9. 由於遮陰造成的損失(在複雜的地形)。
10. 光伏組件框架接地不良。

#### 四、儲能系統(ESS)課程

##### (一)儲能技術在電力系統之應用

近年由於電力工業的環境變化，例如電廠營運成本增加、電力建設遭受阻力(鄰避效應)及再生能源蓬勃發展，促使因技術成熟而價格持續下降之儲能系統(如圖 4.1 鋰電池價格)具備優勢，受到重視以評估引進商轉。儲能系統具備可存、可放、可調度及可控制之特性，作為儲存電能、平穩電壓、改善再生能源風能及太陽能產生的電力品質不佳問題，亦可作為用戶、商辦及工廠不斷電系統之使用。

圖 4.1 儲能系統鋰電池價格趨勢



資料來源：EPRI

目前儲能設備在輸電級應用的可能選項為抽蓄水力、壓縮空氣、飛輪等裝置，在配電級應用的可能選項為傳統電池、液流電池、鋰電池和超導電磁裝置等，各種儲能設備之容量及可供電時間如圖 4.2。

各種儲能設備之容量及可供電時間

各儲能設備在電力系統中的應用大致可分成三類，第一類為基載大量電力管理，此型儲能設備容量要高但反應較慢，例如抽蓄水力每天尖、離峰的負載調整，增進電網運用的可靠性與彈性，對幹線供電瓶頸壅塞之解決很有助益；第二類為分散式負載整平和負載轉移，亦

即可滿足系統瞬間極端運轉條件的需求，此型儲能設備的容量較低但反應較快，例如在風電場、光電場和小區域負載中應用，使其淨出力或淨負載需求維持平滑，第三類為抑低尖峰和電力品質管理，例如目前許多場所裝設的不斷電電源。

再生能源出力的變動性與不可預測性遠比負載的變動性與不可預測性高出甚多，這種變化可以在秒、幾小時、甚至幾天內不斷發生，並且難以估計。為解決再生能源變動對電力系統運轉影響，因應作法有三種途徑，其一為開發傳統電源當作備轉機組並輔以對氣候和機組出力的精確預測，其二為增建更多輸電線路與變電所擴充輸電容量，其三為建置儲能系統以調節再生能源出力的變動性及增加負載的可控性。

就再生能源大量併網的挑戰而言，因為儲能系統可提供自秒級至小時級不等變化程度的出力，可作為整平再生能源間歇性發電之補償裝置，擔任系統備轉容量之部份角色，另因再生能源可儲存調節，而得以降低輸配電線路因應大型再生能源併網衍生額外新增之建設需求。

韓電已建置儲能系統並加入運轉，實際應用於電網運轉之頻率調節、再生能源之負載可控性及智慧電網之負載轉移如圖 4.3，說明如下：

1. 儲能系統應用於頻率調節：運轉原理為頻率達下限(59.97Hz)時放電，頻率達上限(60.03Hz)時充電，安裝地點在變電所或用戶廠內，韓電於 Kyungsan S/S 裝設 48MW 儲能系統。
2. 儲能系統結合再生能源應用：主要目的為調整再生能源間歇性出力特性，安裝地點為再生能源計畫如風場或太陽光電場內，韓電於日本 Chitose 28MWac 太陽光電場裝設 13.7MWh 儲能系統。
3. 儲能系統結合智慧電網應用：晚上離峰充電，白天尖峰放電，安裝地點可在住家或商業大樓內，韓電於其具有智慧電網的分支機構建築物內裝設 170kWh 儲能系統。韓電所建構之智慧電網站 (Smart Grid Station) 由再生能源、儲能系統及自動化建築所組成，形成整合型運轉中心，估計用電量減少 10%、尖載降低 5%、尖載用電量下降 15%、減少二氧化碳排放 5%。目前已建造具有節

能減碳成效之智慧網站合計 155 所(2014 年 29 所、2015 年 71 所、2016 年 55 所)。

Item	Frequency Regulation	Renewable + ESS	Smart Grid + ESS
Operation Principle	<p>Frequency Up Standard Frequency Frequency Down ESS Charging ESS Discharging</p>	<p>Night Day Charging Discharging — Wind — Wind + ESS</p>	<p>Discharging Charging Night Day 0 12 Time 24</p>
Applicable Object	<p>[Kyungsan S/S(48MW)] Substation / Customer premises</p>	<p>[Chitose PV+ESS Project] (PV 28MWac + ESS 13.7MWh) Renewable Project (Wind, Solar)</p>	<p>[SG Station of KEPCO branch bd. (170kWh)] Home, Commercial Buildings</p>

圖 4.3 韓電儲能系統應用情形

## (二)韓電儲能系統計畫

韓電 100%擁有輸電系統、配電系統及售電業，故韓電發展儲能系統計畫是以頻率調節作為開發目的，其商業考量為藉增加低成本機組發電輸出，來減少購電所需成本。過去以燃油機組當作備轉容量，現在燃氣容量占比降低，燃煤容量占比增加，故將部分備轉容量的燃煤機組改以儲能系統取代如圖 4.4。

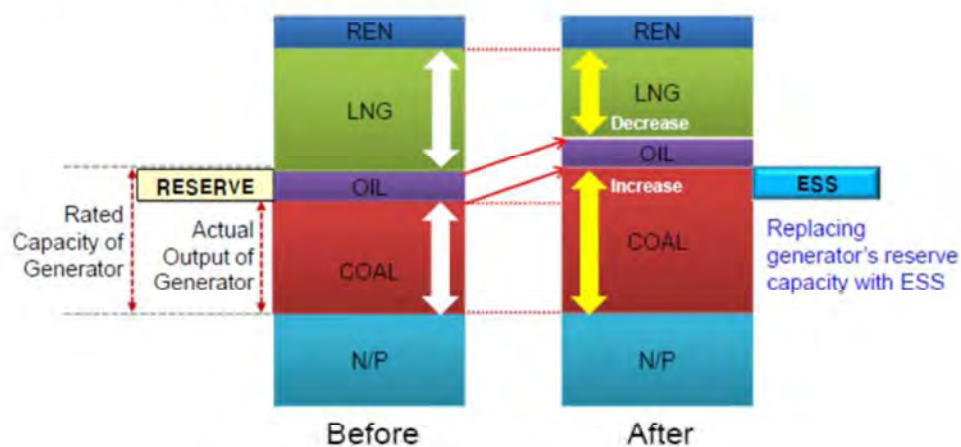


圖 4.4 韓電頻率調節儲能系統計畫



ESS 運轉模式與組成為一次側頻率控制(G/F)及二次側頻率控制(AGC)，提供電力管理系統(PMS)響應及控制信號，再透過光纖傳遞給 PCS(功率調節系統)，AC 為 440V 電網系統，DC 為 750~1,000V 鋰電池系統如圖 4.5。ESS 於夜晚充電時，負載輕及費率低；ESS 白天放電時，負載重、價格高、尖載，強化能源效率。

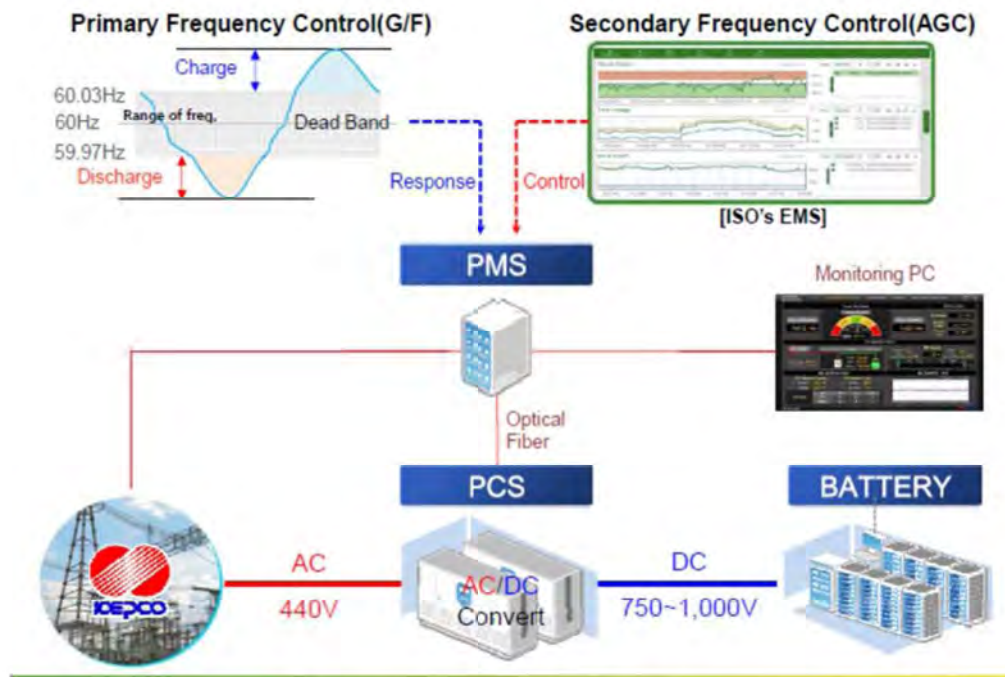


圖 4.5 ESS 運轉模式與組成

韓電於濟州島(Jeju) 154kV Jocheon 變電所首次試建儲能系統，其功能包括轉移尖峰負載、穩定再生能源、調節頻率等，採用 4MW/8MWh 鋰電池，興建期間自 2011 年 7 月至 2014 年 6 月，預算 24.1 百萬美元，參與者有韓電、Samsung SDI、Hyosung 及電力交易所 (KPX) 等。其後韓電發展頻率調節儲能系統計畫，分別為 2014 年 52 MW、2015 年 184 MW、2016 年 140 MW、2017 年 124 MW，合計 500MW，儲能系統裝置地點與容量如圖 4.6 所示。

韓電對儲能發展的效益，初步估計裝置 500MW 儲能系統加入運轉，每年將可減少約 7 千萬美元(KRW 320 billion)購電成本，且儲能系統的快速反應可減緩事故時，系統頻率降幅(RoCoF)及提高最低點頻率(Nadir Frequency)，對系統的穩定性具備強化功能。

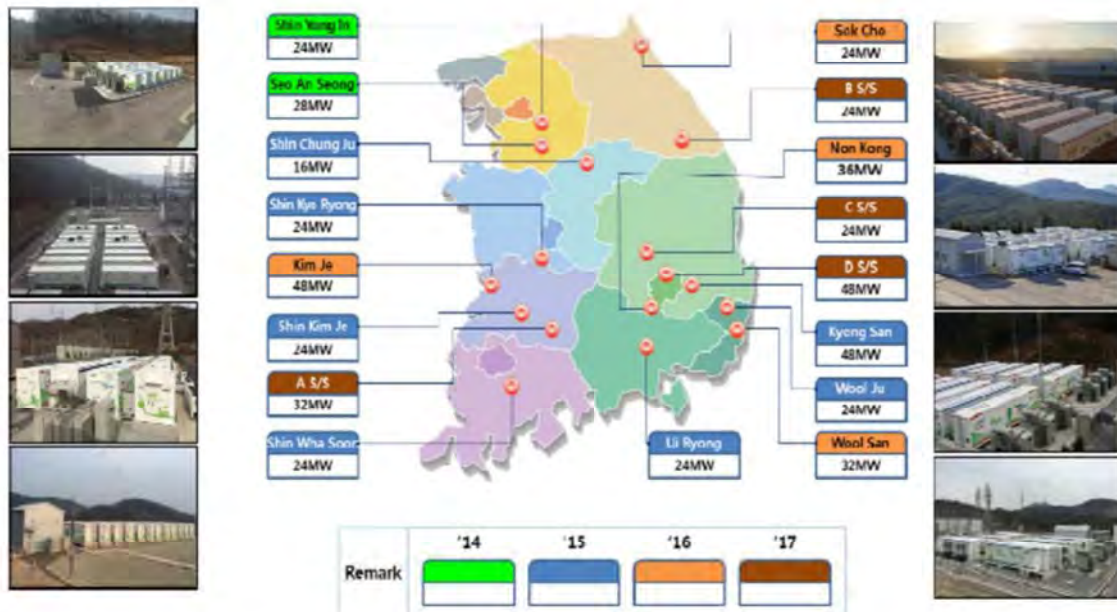


圖 4.6 儲能系統裝置地點與容量

另外儲能系統應用於微電網整合再生能源之建置或規劃如圖 4.7，加波島(Gapa Island)是一個屬於韓國濟州特別自治道的島嶼，位於濟州島和馬羅島之間，面積 0.85 平方公里(占地面積 90 公頃)，人口約 281 人，韓國第一個低碳島，於 2013 年建立，島上電力規劃由風力發電、太陽能發電、儲能系統及智慧電表所組成。德積島(Deokjeok Island)位於仁川廣域市的島嶼，面積 23 平方公里，人口約 1,919 人，開發為生態島，於 2015 年開始興建，島上電力規劃由風力發電、太陽能發電、儲能系統、電能管理系統及地熱發電所組成。郁陵島(Ulleung Island)位於日本海上，距離朝鮮半島 120 公里，面積 73 平方公里，人口約 10,673 人，開發為綠能島，於 2015 年開始興建，島上電力規劃由風力發電、

太陽能發電、儲能系統、電能管理系統、地熱發電及水力發電所組成。

In Operation		On the Way	
			
	<b>Gapa Island</b>	<b>Deokjeok Island</b>	<b>Ulleung Island</b>
Area/ Population	0.85km <sup>2</sup> / 281	22.97km <sup>2</sup> / 1,919	72.9km <sup>2</sup> / 10,673
Customers	193	1,000	7,932
Configuration	WT+PV+ESS+AMI	WT+ PV+ ESS + EMS + Geothermal	WT + PV+ Hydro + Geothermal + ESS + EMS
Main Characteristics	Carbon Free Island  (Korea's First)	Ecology Energy Independent Island  (Stabilizations, Optimization)	Green Energy Independence Island (Economic feasibility + Supply reliability)
Status	Operating (2013~)	Project Started (2015)	Project Started (2015)

圖 4.7 儲能系統應用於微電網整合再生能源之建置

### (三)儲能變電站 Seo-Anseong 參訪情形

韓電為配合政府電力市場政策，於 2013 年發布興建儲能系統，其目的是作為電網頻率調節之用途，預計投資約 5000 億韓元，至 2017 年興建總容量為 500MW。儲能系統之控制與管理係由電池管理系統 (Battery Management System)、功率調節系統 (Power Conditioning System) 及電源管理系統 (Power Management System) 整合而成，其架構如圖 4.8，其中 BMS 為控制電池充放電效率及保護電池避免過度充電；PCS 具交流/直流轉換功能，即當電池充電時需將電網交流電力轉換成直流，當電池放電時需將電池直流電力轉換成交流輸送至電網；PMS 為依頻率變異或電力交易所電能管理系統要求，以控制電池充放電狀態。

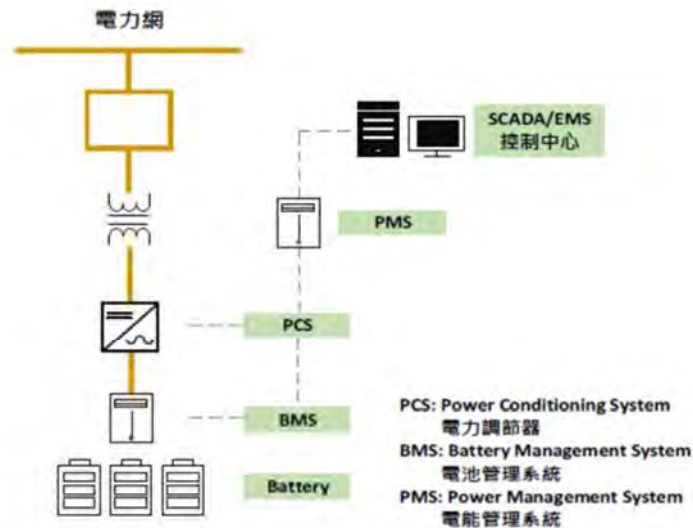


圖 4.8 儲能系統架構

Seo-Anseong ESS 為 2014 年加入系統，儲能系統容量 28MW(取代 G/F 機組)，其開關場布列是由 154kV 匯流排、容量 45/60MVA 變壓器 (154/22.9kV)、22.9kV GIS、容量 5.26MVA 變壓器(22.9kV/440V)所組成。第一階段 ESS #1 容量 16MW，採用美國 LS 公司製造的 8 組 2MW PCS，其配置韓國 KoKam 公司製造充電時間 15 分鐘之 5.13MWh 容量電池系統，該電池系統以 4 個長櫃(container)布列，每個長櫃內由 4 組 0.75MWh 電池(bank)所組成，每組內設置 9,600 顆電池，每長櫃內即設置 38,400 顆電池所構成。第二階段 ESS #2 容量 12MW，採用韓國 W 公司製造的 6 組 2MW PCS，其配置韓國 LG 公司製造充電時間 15 分鐘之 6.16MWh 容量電池系統，該電池系統以 4 個長櫃布列，每個長櫃內由 3 組 0.75MWh 電池所組成，每組內設置 15,708 顆電池，每長櫃內即設置 62,832 顆電池所構成。Seo-Anseong ESS 單線圖如圖 4.9，電池各組成元件如圖 4.10 所示。

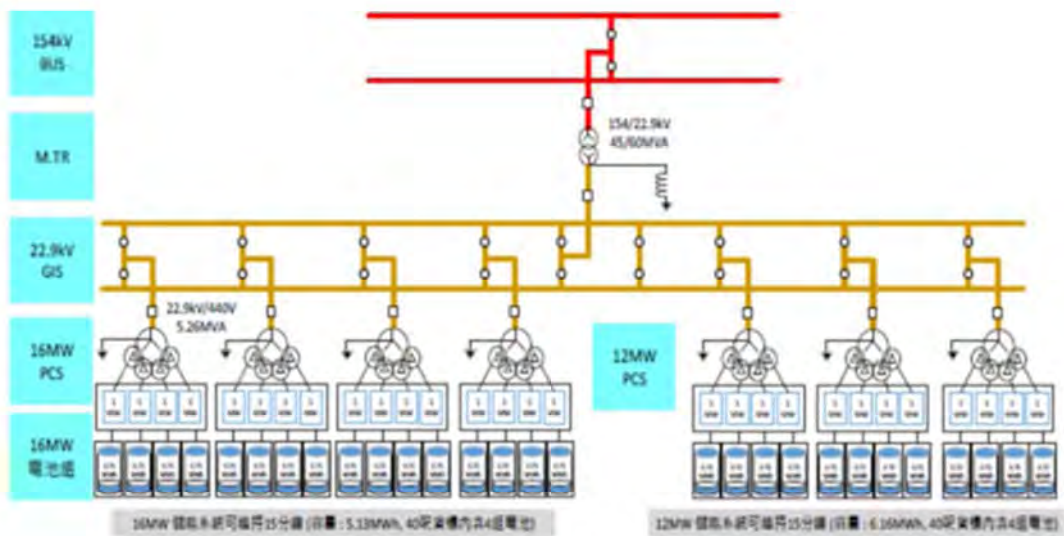


圖 4.9 Seo-Anseong ESS 單線圖

	Seo-Anseong(28MW) – 15Min. (G/Ftype)		Shin-Yongin(24MW) – 20Min. (AGType)	
Capacity	16MW	12MW	16MW	8MW
Manufacturer	Koicam	LGChem.	SAMSUNGSDI	
	2.2V 64AH	3.65V 27AH	3.7V 60AH	
Cell Type				
Module(Tray)	20cells in series, 2 Group(40cells) 44V 128AH	14 cells in series, 2Group(28cells) 51.1V 54AH	16 cells in series (16 cells) 59.2V 60AH	
				
Rack	20 Module in series (800 cells) 880V 128AH	17Module in series (476 cells) 868.7V 54AH	13Module in parallel (208 cells) 59.2V 780AH	
				
Bank(1 MW)	3Rack in parallel (2,400cells) 880V 384AH (337.920 kW)	11Rack in parallel (5,236cells) 868.7V 594AH (516.007 kW)	16Rack in series (3,328cells) 947.2V 780AH (738.816 kW)	
				
Capacity(Container)	4 Bank(4 MW) (9,600 cells)	3 Bank(3 MW) (15,708 cells)	2 Bank(2 MW) (6,656 cells)	
ESScontainer	4Container (16 MW) (38,400 cells)	4Container (12MW) (62,832cells)	8Container (16 MW) (53,248cells)	4Container (8MW) (26,624Cells)
Total No. of Cells	38,400 cells	62,832 cells	79,872 cells	

圖 4.10 Seo-Anseong ESS 電池各組成元件

Seo-Anseong ESS 運轉後設備性能實績，PCS 和電池效率平均可達 94~96%，以校正度及精準度性能評估約為 99%，反應時間平均 125ms，均較規範值佳。ESS 運轉後對電網之效益實績：2016 年 1 月 10 日 Hanwul 核能電廠#1 機組跳機(裝置容量 1000MW)，使系統頻率降至 59.8Hz，Seo-Anseong ESS #1 於此暫態期間平穩輸出 15.73MW，運轉時間為 3 分 56 秒，使系統頻率回復到 59.9Hz，之後逐漸減少出力經 4 分 40 秒後為零，其電池電量狀態(State of Charge)由 65%降至 35%，事故期間紀錄如圖 4.11 所示。另觀察當時運轉中之火力機組 Tae an 汽輪機#3，於此暫態期間運轉時間 4 分 32 秒，儲能系統反應快速能符合 AGC 電能管理目標，傳統火力機組則會有延遲現象如圖 4.12 所示。

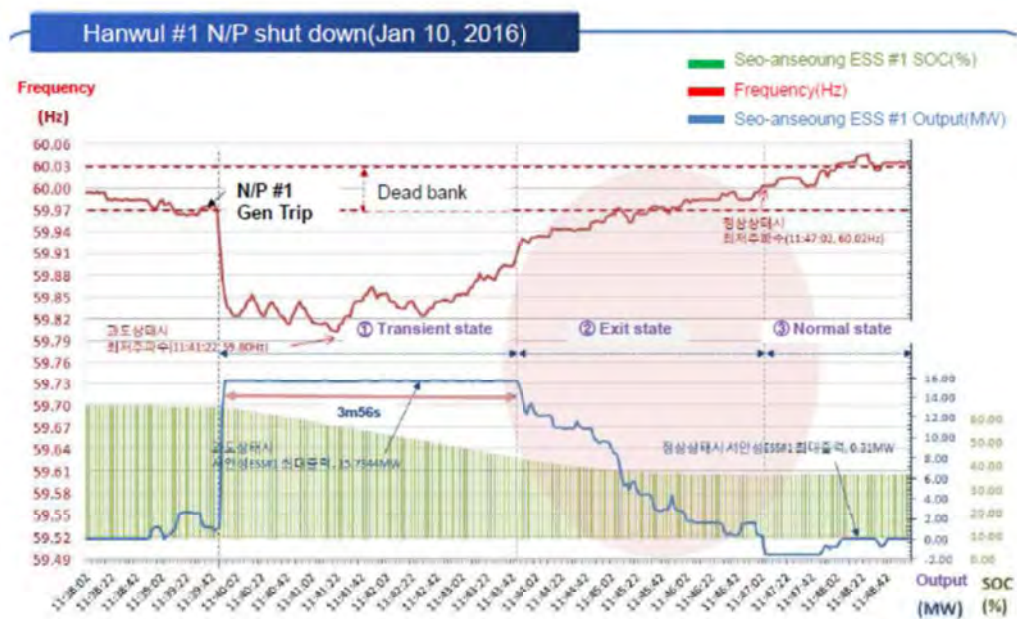


圖 4.11 韓電 Seo-Anseong ESS 運轉實績 I



圖 4.12 韓電 Seo-Anseong ESS 運轉實績 II

## 五、配電自動化系統(DAS)課程

### (一) 韓國電力系統組態

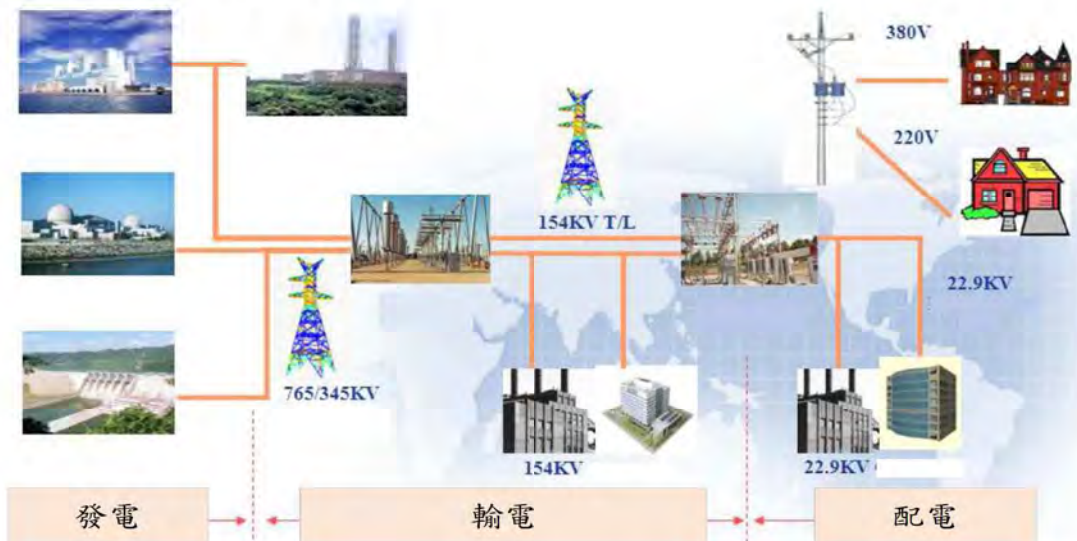


圖 5.1 韓國電力系統組態

### (二) 韓電配電系統

1. 本國系統約為韓電三分之二，韓電配電系統高壓 22.9kV 正常饋線容量 10MVA(250A)，部分容量已達 15MVA，超出緊急容量 14MVA(300A)，韓電表示進行線路改善之過渡期可容許。

2. 配電線路開關裝置原則

區域	手動開關	自動線路開關
市中心	0.5kM	1 kM
市郊區	1.0 kM	2 kM
鄉村地區	2.0 kM	4 kM

3. 配電線路系統

韓電將過去 3 區段 3 連接點改善為 6 區段 3 連接點如圖 5.2

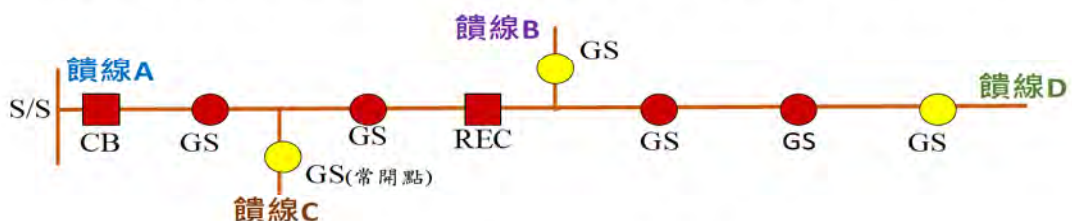


圖 5.2 配電線路系統圖



#### 4. 配電系統

韓電及台電配電系統規模比較如表 5.1

表 5.1 韓電及台電配電系統規模比較

設備	韓電	台電
饋線數(條)	10,285	9,887
回長(公里)	47.7 萬	36.8 萬
配電變壓器(千具)	2,170	1,350
開關(千具)	176	136

#### 5. 自動化開關占比

韓電及台電之自動化開關統計比較如表 5.2

表 5.2 韓電及台電之自動化開關統計比較表

開關數	韓電	台電
自動化開關數(具)	102,009	22,535
總數量(具)	176,181	50,878
占比(%)	57.9	44.3

#### 6. 地下化比率

比較各國配電線路地下化比率如表 5.3

表 5.3 各國配電線路地下化比率表(單位：%)

區域	韓國 (‘16)	台灣 (‘16)	美國 (‘05)	英國 (‘03)	法國 (‘09)	日本 (‘14)
鄉村	17.2	39.8	31	45	31	9.5
主要 城市	57.8 (首爾)	84.7 (臺北)	72.2 (紐約)	100 (倫敦)	100 (巴黎)	46.7 (東京)

### (三) 韓電配電自動化系統

1. 韓電之配電自動化系統架構(如圖 5.3)與台電類似，控制中心透過通訊系統對遠端開關進行監測及遙控。而韓電配電自動化使用通訊媒體為光纖(超過 89%)，建置及維護費用高，惟較一般架空採租用電信業者無線通訊線路之通訊品質高。



圖 5.3 配電自動化系統架構圖

## 2. 韓電實施配電自動化目的

- (1) 配電線路複雜，人力調度搶修日益困難，事故停電時間長，損失經濟大，無法滿足顧客需求。
- (2) 科技進步，智慧電網發展使電業必須投入自動化建置。

3. 自動化現場設備：架空及地下設備如圖 5.4 及 5.5，資料及指令傳輸方式如圖 5.6。

### 現場設備 - 架空線路控制箱

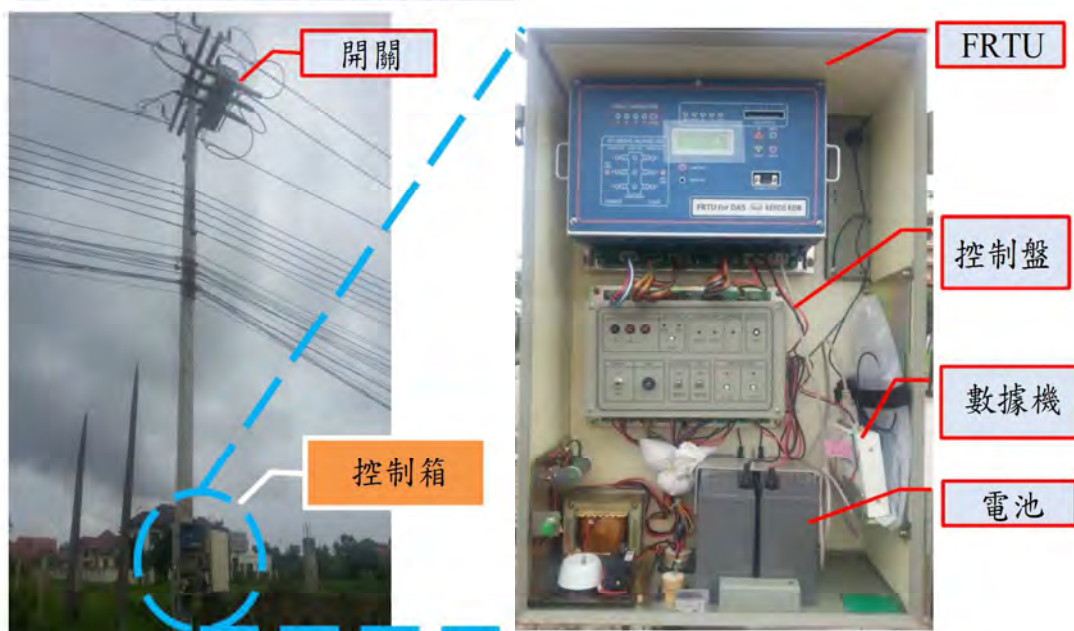


圖 5.4 架空自動線路開關及饋線資訊末端設備配置圖

## 現場設備 - 地下線路控制箱

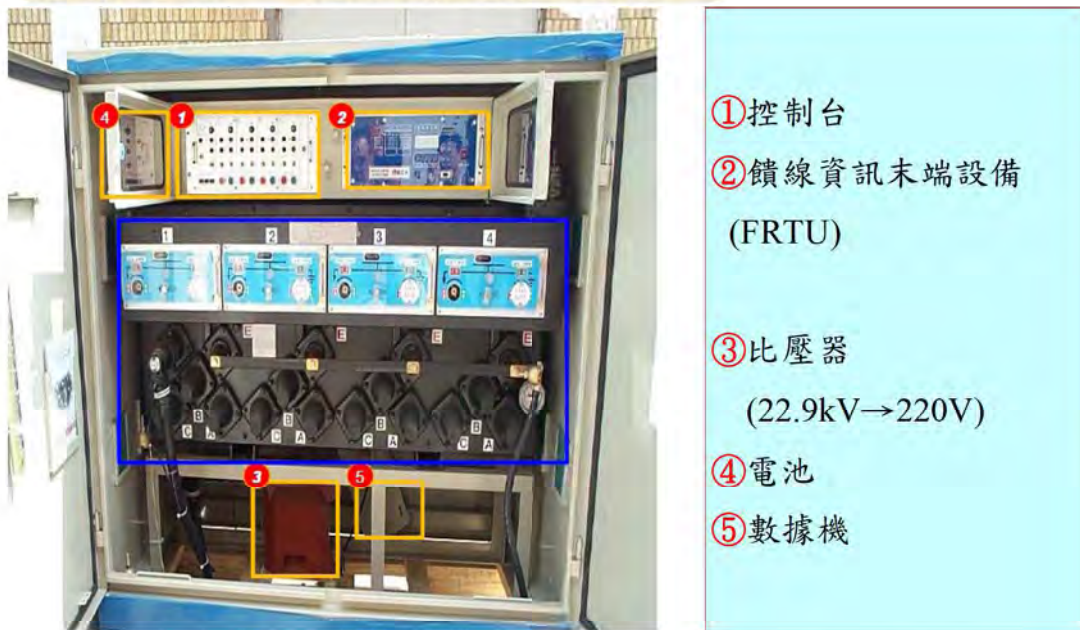


圖 5.5 地下自動線路開關及饋線資訊末端設備配置圖

## 現場設備 - 自動線路開關 & FRTU

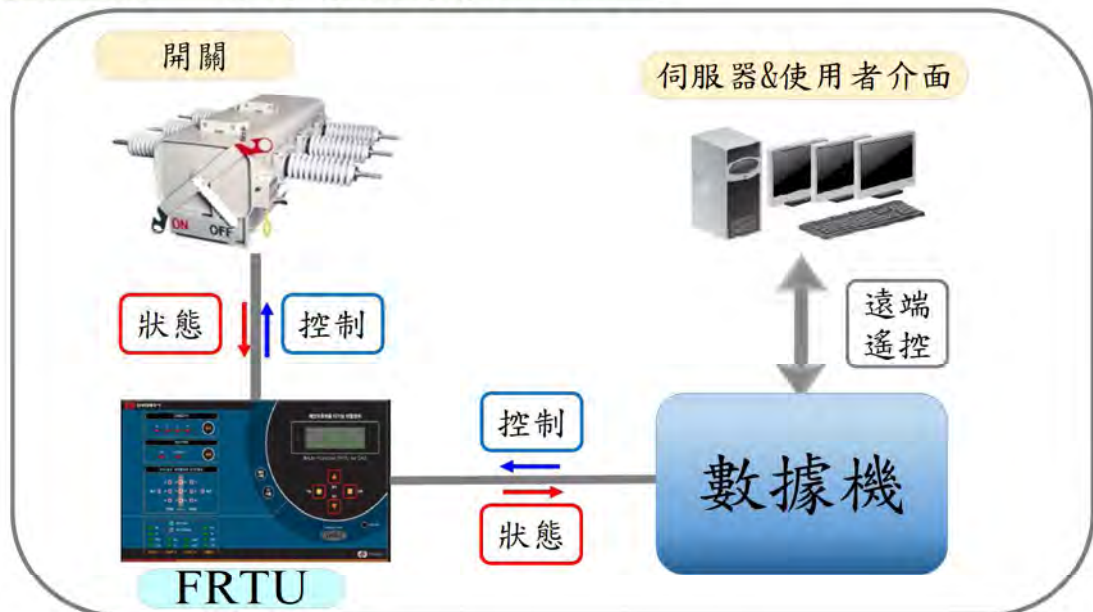


圖 5.6 現場設備資料及指令傳輸方式

### (四) 韓電 DAS 系統網路架構

1. 韓國 DAS 系統是由一群伺服器組成，包含主要應用伺服器、前端處理器(FEP)、人機介面(HMI)、歷史資料伺服器(History server)等(如圖 5.7)，建置於各分處之程控網段(FA network)，其中主控

分處除上述伺服器外，另設有管理伺服器(management server)、業務管理伺服器(Career management server)、網路伺服器(Web Server)及網路瀏覽器(Web Browser)。各分處之伺服器與資訊中心運轉圖資系統，皆透過程控網路相連，而各分處的網路瀏覽器是建置於 OA 網段，網路伺服器則是建置在主控分處 FA 網段，中間架設防火牆管控存取。

## 2. 台電 DAS 與韓電不同之處：

- (1) 台電各區處程控網段皆獨立不相連。
- (2) 台電區處內各有一套圖資系統(共 24 套，韓國僅 1 套)。
- (3) 依本公司資通安全作業規範規定，FA 網段須實體隔離，不能與 OA 網段相連，除非透過單向傳輸閘道器。

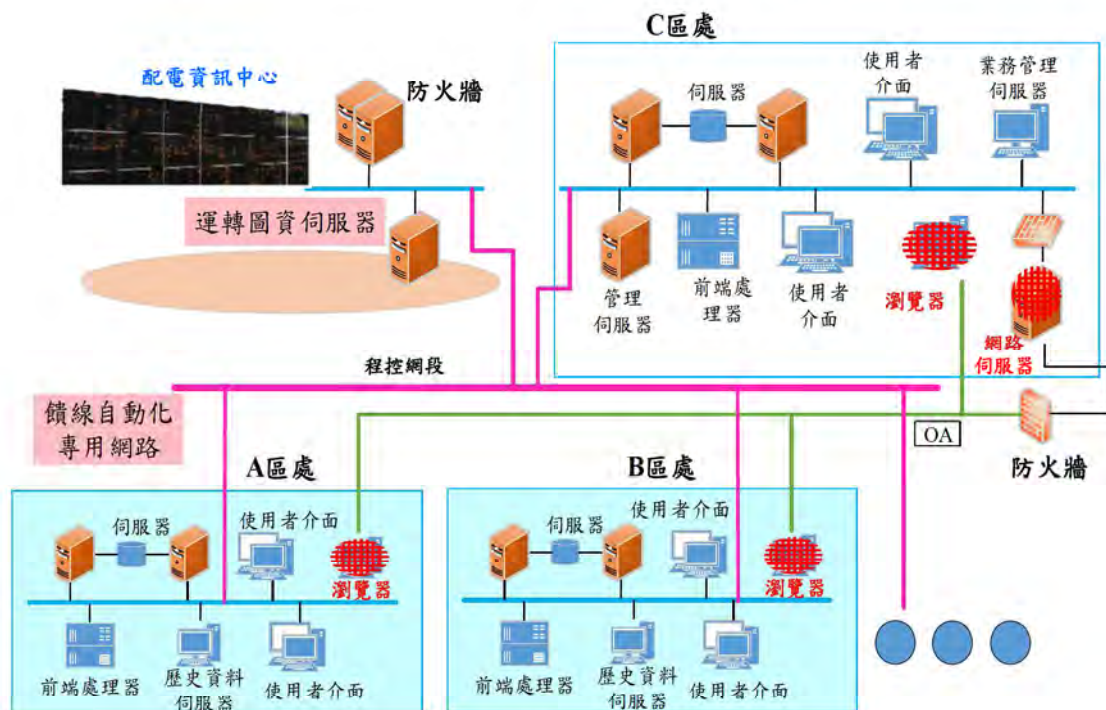


圖 5.7 韓電 DAS 系統網路架構圖

### (五) 配電控制中心(DDCC)

1. 韓電在 1980 試辦配電自動化先導系統及 1990 年自行發展系統均失敗，直到 1997 年才正式建立第 1 套系統。
2. 2007 年韓電建立 14 處配電控制中心，2008~2009 年再完成 27 處配電控制中心，每個區營業處至少 1 個控制中心。

3. 控制中心平常管理配電線路穩定運轉，並配合現場指令操作系統。緊急事故時，要依系統警報找出事故區間，儘速恢復正常區間供電，並派員現場查修。

4. 控制中心之使用者介面有三個重要視窗畫面：

(1) 網路視窗：包含地理圖資系統之配電網路，繪圖及資料修正等。

(2) 控制視窗：現場狀態、歷史資料查詢、警報設定、事件查詢及遠端遙控等。

(3) 資訊視窗：單線圖、系統應用工具、變電所資訊。

#### (六) 饋線故障之復電程序

當饋線發生故障時，調度員依控制中心警報及故障旗號進行事故隔離，及健全區段復電，再派員到現場處理事故饋線及排除故障，最後進行線路復原及供電，處理流程如圖 5.8。



圖 5.8 饋線故障之復電程序圖

## 六、智慧電表(AMI)課程

### (一) AMI 定義

AMI 是藉由電業及用戶間雙向通訊傳輸網路，提供用戶用電資訊的系統，包含總用電量及分時用電資訊。

### (二) AMI 目標

1. 藉由提供用電量及電價資訊，促使用戶自發性節電。
2. 透過雙向通訊傳輸網路，送出需量反應訊號，以有效管理電力需求。
3. 協助電業在整體用電市場及各區域進行商業操作模式。

### (三) AMI 設備架構

AMI 是智慧電表、通信網路和資料管理系統的整合系統，它使電業和客戶之間能夠進行雙向通信，設備架構如圖 6.1



圖 6.1 AMI 設備架構圖

### (四) AMI 主要功能

就市場(Marketing)面、配電系統(Distribution)面及需求面管理(DSM)等三方面說明：

1. 市場(Marketing)面功能如下：
  - (1) 自動讀表。
  - (2) 電費管理。
  - (3) 遙控投切斷電或復電。

- (4) 防止竊電。
- 2. 配電系統(Distribution)面功能如下：
  - (1) 停電管理。
  - (2) 分散式能源管理。
  - (3) 變壓器管理。
  - (4) 電力品質管理。
- 3. 需求面管理功能如下：
  - (1) 需量反應，需量預測。
  - (2) 家庭能源管理系統(HEMS)及智慧器具管理。
  - (3) 直接負載控制。

**(五) 韓電 AMI 建置計畫**

1. 高壓用戶

高壓用戶	~2005 年	~2015 年	備註
數量(具)	120,000	200,000	已全部完成
通訊系統	租用電信業者無線網路		

2. 低壓用戶

低壓用戶	~2016 年	~2020 年
數量(具)	480 萬	2,200 萬
通訊系統	電力線通信(PLC)&無線	

3. AMI 整體系統(含 AMI、NDMS 及商業模式)建置里程如圖 6.2

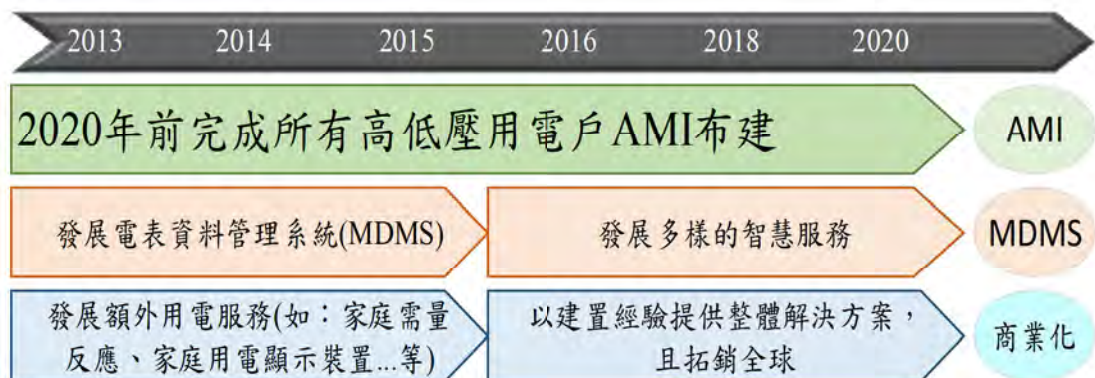


圖 6.2 AMI 重要計畫里程碑圖

## (六) AMI 系統架構

1. 高壓 AMI 系統架構如圖 6.3



圖 6.3 高壓 AMI 系統架構

2. 低壓 AMI 系統：韓電低壓 AMI 系統計有 14 處自動資料蒐集系統(ADCS)，只有 1 處 MDMS，系統架構如圖 6.4



圖 6.4 低壓 AMI 系統架構圖



## (七) AMI 系統組成元件

AMI 系統組成元件可分智慧電表、通訊設備、電表資料管理系統及 AMI 運轉系統等 4 項分別說明：

1. 智慧電表：韓電之智慧電表朝 AE-type 及 G-type 兩種標準型式發展，相關規格及適用裝設處所比較如表 6.1。

表 6.1 AE-type 及 G-type 兩種智慧電表比較表

	AE-type	G-type
單價	US\$14 元(通訊模組採外掛式，透過 RS-485 連接電表，另加 US\$30 元)	US\$60(通訊模組內見表中，另加 US\$30 元)
目標	用電小於 10kW 住宅及小商家	用電大於 10kW 商業區及小規模工業區
功能	遙控讀表、功因、尖峰用電、停電偵測	遙控讀表、功因、尖峰用電、停電偵測
規格	單相 50A	單相 100A、5A 3 相 100A、5A

2. 通訊設備由下列 3 項元件組成

- (1) 資料集中單元(Data Concentratio Unit,DCU)：蒐集及轉換電表資料上傳前端處理器。
- (2) 網路(Networks)：鄰近區域網路採 PLC 及租用無線通訊，另廣域網路採光纖及租用無線通訊。
- (3) 自動資料蒐集系統(ADCS)：區域電表資料蒐集、儲存及網路管理等。

3. 電表資料管理系統(MDMS)：主要功能如下

- (1) 資料整合(含電表、用戶及契約等資料)。
- (2) 電表資料驗證、編輯及估算。
- (3) 計算及提供電費資料予電費系統。
- (4) 提供整合後符合共通資訊模組(CIM)格式之資料，經企業服

務匯流排(ESB)傳送其他需用系統，MDMS 架構如圖 6.5。

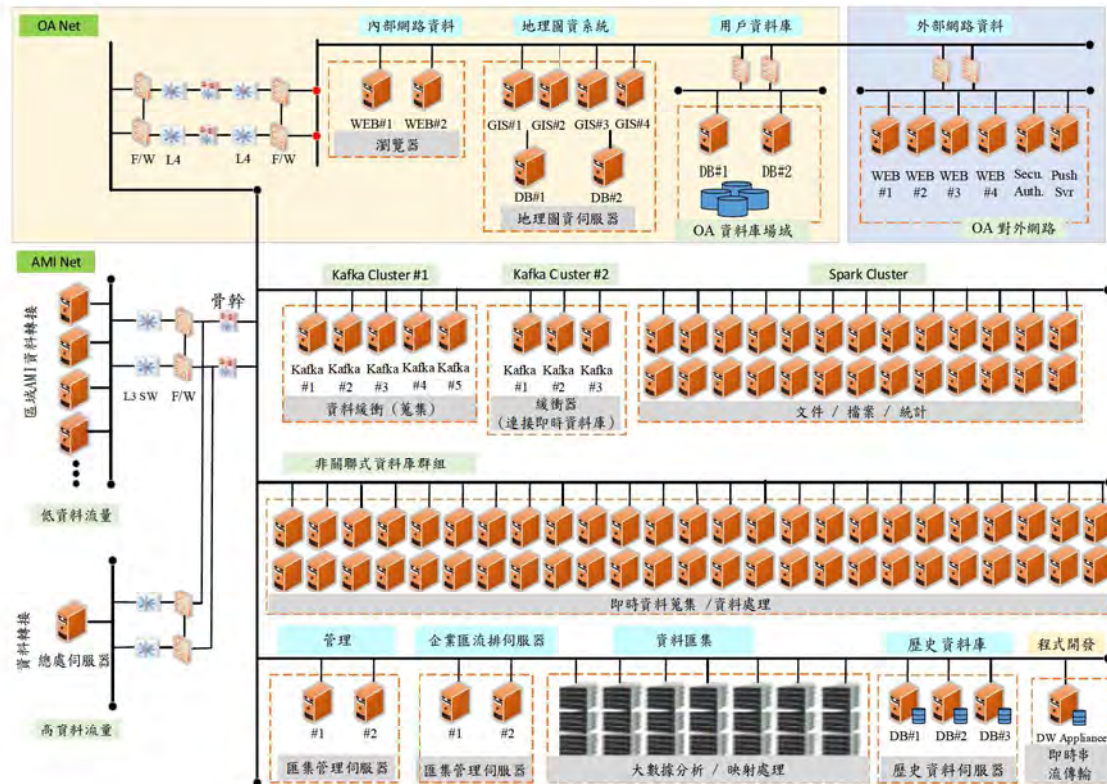


圖 6.5 以大數據平台設計之 MDMS 架構圖

#### 4. AMI 運轉系統(AMI Operation System, AOS)

- (1) 提供多樣的 AMI 應用(如 DR、遙控斷復電、竊電偵測等)
- (2) 提供不同用戶服務(如用電量及電價資訊)。

#### (八) AMI 服務項目

##### 1. 自動讀表：

- (1) 每 15 或 30 或 1 小時蒐集用戶即時用電資訊，韓電所提供 AMI 資料需 1 小時後，用戶才可看到該小時用電量。
- (2) 考量電力經濟成本所提出即時電價(RTP)...等應用。

##### 2. 需量反應

- (1) 提供不同電價策略(如 TOU、CPP、RTP)做需量反應。
- (2) 降低尖峰負載，以減少電廠投資。
- (3) 提供即時電力消耗及電費增加情形，促使用戶自發性節電。

##### 3. 遠端投切斷復電：

- (1) 智慧電表內建投切用開關電驛，俾利遠端操控。
  - (2) 用戶發生火警，遙控斷電確保火災搶救人員安全。
4. 提供即時用電資訊
- (1) 運用智慧電視、智慧手機、網際網路查詢即時用電資訊。
  - (2) 自動連接用戶能源管理系統(含 HEMS、BEMS...等)。
5. 手機下載 APP 服務
- (1) 查詢即時用電量及電價，預測未來用電量及電費。
  - (2) 用電型式分析，並提供鄰近住家用電量供比較，促使用戶自發性節電。
6. 反竊電偵測
- (1) 比對變壓器負載資料及所屬用戶用電資訊，找出竊電戶。
  - (2) 系統自動以蜂鳴器等聲響警告竊電者。
7. 停電管理
- (1) 由 AMI 獲取停電訊息及用戶，減少事故處理時間。
  - (2) 將停電資訊即時通知用戶，使用戶停電損失減至最低。
8. 電力品質管理
- (1) 即時計量用戶電表端電壓
  - (2) 經由 3 相電壓之各項監測資訊，發現及解決電力不平衡問題。
9. 變壓器負載管理
- (1) 變壓器溫度及負載監測
  - (2) 監測之變壓器資料回饋用戶，鼓勵進行負載控制。
10. 支援配電業務
- (1) AMI 可提供即時配電線路負載分析，有效規劃配電線路。
  - (2) AMI 所提供即時負載分析資料，可減少配電線路投資計畫。
  - (3) 由 AMI 提供負載資料，可作為區域變壓器設置之最佳化規劃。
11. 分散式發電設備管理
- (1) 使用 AMI 讀表功能，計算再生能源即時發電量。
  - (2) 考量分散式發電設備，操作及調度使配電饋線最佳化運轉。

- (3) 在供電線路故障時，運用 AMI 功能確認故障線路無分散式電源逆送，影響工作安全情形。

## 12. 遙控負載

- (1) 尖載時，遙控切離簽訂契約之用戶熱水泵用電，以減少用電，AMI 系統可立即顯示負載變動情形。
- (2) 自動連接 HEMS、BEMS... 等，進行需量反應以節電。

## (九) 建置 AMI 效益

可由政府、工業、用戶及電業等 4 方面說明：

### 1. 政府可進一步實現智慧電網

- (1) 建置 AMI 可節能及做需求面管理。
- (2) 增加能源使用效率。
- (3) 延緩電廠投資。
- (4) 擴大再生能源發電量。

### 2. 工業界也可受鼓舞

- (1) 建置 AMI 需大量電表及通訊線路，廠商有商機。
- (2) 廠商可藉 AMI 提供分時用電資訊進行節能。
- (3) 因尖峰用電量轉移，可節省用電成本。

### 3. 用戶可節省電費支出

- (1) 超載及漏電偵測，保障供電安全。
- (2) 遙控電力器具，使生活更便利。

### 4. 電業可使線路運轉更有效率

- (1) 負載預測更準確，減緩各項投資。
- (2) 需求管理最佳化，可節省營運成本。
- (3) 迅速定位故障點，減少故障停電處理時間。
- (4) 改善收費機制，使用戶管理更有效率。

## 七、物聯網(IoT, Internet of Things)課程

### (一) 物聯網定義

1. 世界的人或物，隨時都會連接在一起，且相互影響。
2. 物聯網(IoT)=M2M(Machine to Machine)+智慧化+所有事物。
3. Machine=Memory+Sensor。
4. 物聯網連接智慧家庭、智慧城市、智慧照護、智慧能源、智慧汽車及農作物等，並加以組合，成為新的生活環境。
  - (1)智慧家庭：家庭狀態監測及控制、家庭保全、智慧電表及能源效率管理等。
  - (2)智慧城市：發電廠狀態監測及控制、災害管理、道路交通監視、智慧建築及智慧工廠等。
  - (3)智慧照護：活動健身監視、遠端健康關心及服務、關懷心理狀態及服務、完整健康關懷等。
  - (4)智慧能源：智慧電網、智慧電表及能源效率管理等。
  - (5)智慧汽車：汽車狀態監視及控制、顧客狀態監視及確認汽車資訊已連結網路等。
  - (6)農作物：作物、家畜及天氣狀態監視、智慧農場等。
5. 聯接「物」的數量

當網際網路連接物件數量超過人口數時，IoT 就啟動了。

  - (1)預估到 2020 年，全世界人口約 70 億，網際網路物件將達 500 億件。(如圖 7.1)
  - (2)每 1 人會擁有超過 1 部類似個人電腦裝置(如個人電腦、筆記型電腦、平板電腦、智慧手機、智慧電視等)。
  - (3)透過物聯網通訊協定(IPv6)，物件可直接連接網際網路。

人口數與網際網路連接設備(單位：百萬)

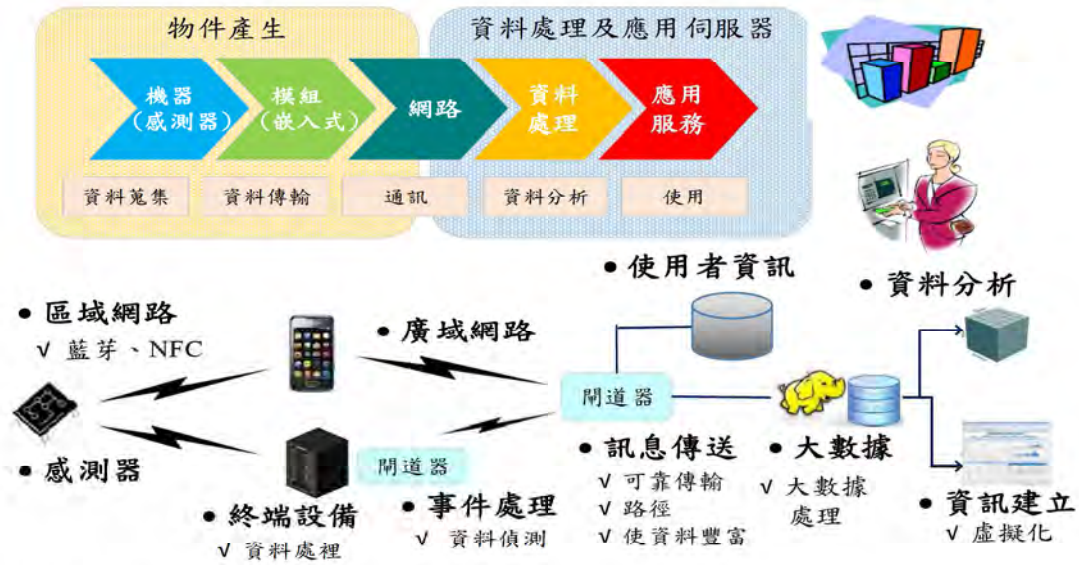


資料來源：Cisco System, LM Ericsson, Raymond James research

圖 7.1 人口與網際網路物件數量曲線圖

## (二) 物聯網技術

1. 技術組合元件概分感應器(Sensor Device)、網路(Network)、資料平台(Platform)及服務(Service)等 4 部分，說明如下：
  - (1) 感應器：具偵測環境和蒐集資料功能
  - (2) 網路：將資料從感應器傳送到資料平台
  - (3) 資料平台：開放式整合平台提供資料交換
  - (4) 服務：提供個人化及公眾化物聯網，且各資料傳送過程會有保密機制，確保個資安全之服務。
2. 整體 IoT 資料傳輸及匯集處理過程如圖 7.2，其中物件產生係透過行動裝置，資料處理及應用係透過傳統伺服器處理。若要發揮效益，每一流程均要完整發揮功能：
  - (1) 機器(感測器)：需發展低功率、輕及薄、低成本感測器技術。
  - (2) 嵌入式模組：模組要輕及薄、智慧化，且可自主調控。
  - (3) 網路：要建立友善且可普及化網路。
  - (4) 資料處理：針對大數據處理及分析，建立可用性高之資料中心。
  - (5) 應用服務：應用雲端計算，建立有效應用系統。



資料來源：The Machine to Machine Market, 2012-2016, Market&Figures(iDate)

圖 7.2 IoT 資料傳輸及匯集處理過程圖

### (三) 韓電 IoT 發展

1. 韓電 IoT 建置係組合電力 IoT 資訊、韓電內部資料、外界公開資料、能源 IoT 平台等可提供多樣服務項目(如圖 7.3)之新 IoT，韓電稱之為 e-IoT，期能再創新價值。
2. 新價值包含高密度即時資料處理、感測器/電力/公用資料連結處理、即時資料再連結處理、更新網路建立新商業模式、擴充資料使用環境、兼顧資料安全開放 IoT 資料等。

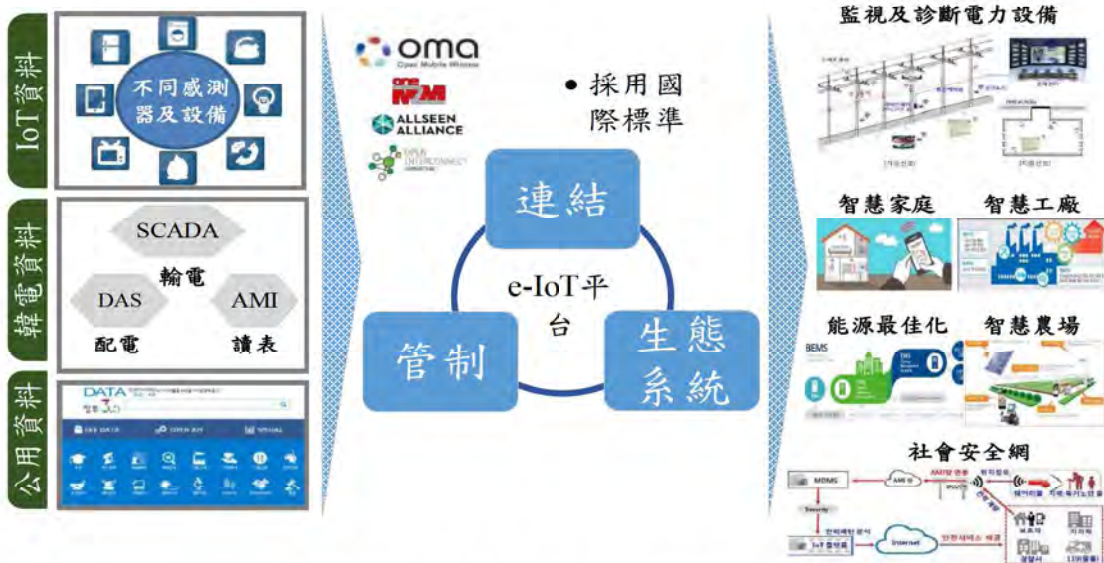


圖 7.3 韓電物聯網布署圖

【註】圖 7.3 所示生態系統(Ecosystem)=分散式通訊模組+布建發展工具+進行合格測試。

3. 韓電提出 IoT 服務解決方案有 3 項
  - (1) e-IoT 所採行標準=已存在標準+智慧家庭器具標準及影像系統標準
  - (2) 藉由物件偵測及追蹤發展虛擬智慧網路。
  - (3) 發展電力設備連接間標準通訊協定。並加以管理及控制，確保資料正確及安全。
4. 韓電也不斷開發新技術，以建置配電設備感測器且進行監控，惟該公司人員表示感測器準確度尚待提升，大量的通訊器材裝置現場，亦會增加通訊費及維護負擔。
5. 韓電同時正辦理虛擬實境(VR)建置，藉由 3D 畫面繪製輸電鐵塔可讓學員進行實境體驗，登上鐵塔相關 SOP，不過系統尚在發展，包含配電架空及地下線路均建置中，無法評估成效。



## 八、高壓直流(HVDC)輸電系統課程

### (一) 高壓直流輸電簡介

高壓直流(High-voltage Direct Current, HVDC)輸電系統是由瑞典 ASEA 公司(目前屬 ABB 集團)開發，於 1954 年於該本土與哥德蘭島(Gotland)間建造 100kV(單極)輸電量 2 萬瓩，海纜 96 公里的直流輸電系統。高壓直流輸電應用的方式有幾種主要形式如圖 8.1，第一類為電網互聯，即不同額定頻率或相同頻率而非同步運行的交流系統之間的互相連接；第二類為電纜輸電，特別是應用於海底電纜輸電；第三類為遠距離大功率輸電，具有輸電量較大、線損較少的優勢；第四類為大都會供電，使用地下電纜向用電密度高的大都市供電，此種供電方式將不會對既有電網增加其短路容量。

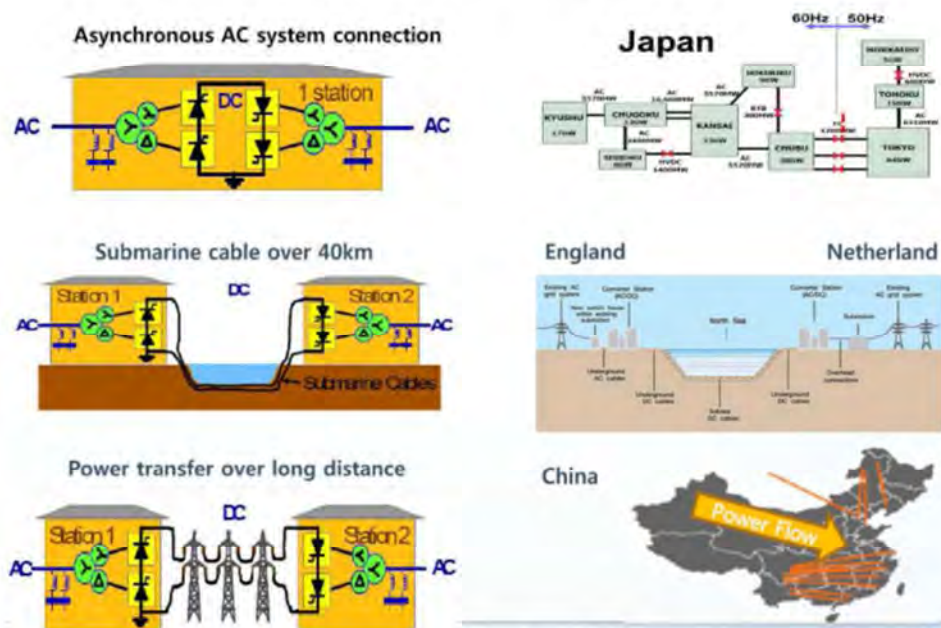


圖8.1 高壓直流輸電應用方式

高壓直流輸電系統是以高電壓直流電方式輸送電力，所具有獨特的優點如下：

1. 直流線路造價較低：直流架空線路的桿塔結構較簡單，線路走廊也較窄，同樣絕緣強度的電纜可以運轉於較高的直流電壓。
2. 直流輸電運轉靈活並可分期施工：每一個極可以作為一個獨立迴

路運轉，當一個極發生故障時，健全極仍可輸送相當的功率，故其可靠度較交流輸電為高，且換流器可分段建設，投資與施工較具彈性。

3. 線路不需要虛功功率補償：因直流線路穩態運轉時沒有電容電流，線路電壓分布平穩。
4. 導線電暈損失和電暈干擾較小：特別是在惡劣的氣候條件下較交流輸電為小。
5. 沒有穩定限制：輸電距離不受電力系統同步運轉穩定性的限制。
6. 非同步聯網：可避免兩系統之間的干擾，導致大範圍停電事故的發生。
7. 短路電流小：對於交直流互聯系統，直流系統不供給交流系統短路容量，故基本上短路容量沒有增大。
8. 功率控制迅速：由於直流系統的電流和功率的調節比較容易而迅速，故可大增穩定性。

## (二) 直流輸電系統組成

高壓直流輸電系統將一端交流系統透過整流器(Rectifier)後，再透過直流濾波，使之變為高壓直流電傳輸電力，到達另一端時，再經過變流器(Inverter)，使電力可符合當地之電壓及頻率以輸送電力，架構如圖 8.2 所示，其組成元件如下：

1. 直流線路(DC Line)：可區分為單極(MonoPole)、同極(Homopole)、雙極(Bipole)及四極(Quadripole)系統，直流系統每一極均可獨立操作。
2. 平滑電抗器(Smoothing Reactor)：用以抑制直流過電流的上升速度，平滑直流電流，緩衝直流系統對換流站過電壓的影響。
3. 交流濾波器(AC Filter)和直流濾波器(DC Filter)：防止諧波進入直流線路而造成通訊干擾，交流濾波器對基頻而言為電容性，故可提供部分換流所需的無效電力補償，若為電纜線路或背對背換流站則不需要直流濾波器。
4. 控制系統(Control system)：根據系統運轉需求，改變控制換流器

觸發角，以調整直流系統的電流、電壓和功率。

5. 換流變壓器(Converter Transformer)：向換流器供給交流功率，或從換流器接受交流功率，通常都裝有 ULTC 由中性點接地。對變壓器採用不同型態的连接可以和換流器配合或得 12 脈波結構，以減少諧波。因一般為三繞組式，第三繞組可連接無效功率供應設備或作為變電站供電電源。
6. 閘流體閘組(Thyristor Valve)：是由單個或多個換流橋組成，使交流電力變為直流電力或其逆變換，目前採用閘流體(Thyristors)串接而成。
7. 接地裝置(Ground Electrodes)：單極或同極系統正常運作下由接地電極或線路構成回路；雙極系統正常運轉時接地電極電流為零，當其中一條線路或換流器故障時，另一側可經大地、地線或故障之線路構成回路。
8. 冷卻系統(Cooling System)：通常採用水冷式冷卻閘流體，用純水，此設備直接影響直流裝置之負荷能力，非常重要。

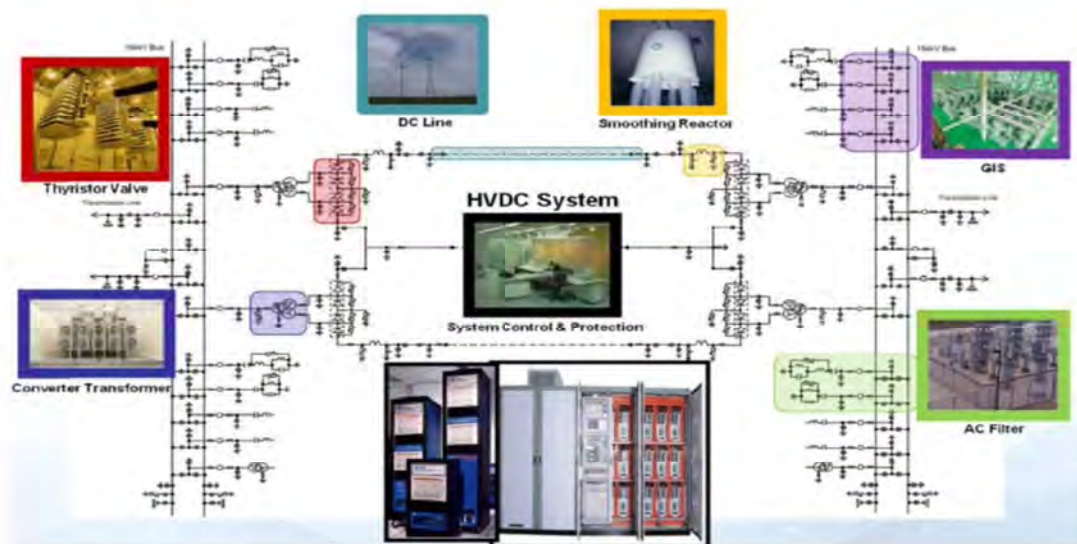


圖8.2 高壓直流輸電系統架構

### (三) 韓國高壓直流輸電計畫

韓國目前已建置兩條高壓直流輸電系統，一為韓國本島的海南郡及濟州島(Haenam-Jeju)間連結之高壓直流系統，電壓為 $\pm 180\text{kV}$ 、總輸電量 30 萬瓩，距離 101 公里(海纜 96 公里、架空 5 公里)，採用兩條耐壓直流 180kV 海纜輸送電，無中性電纜設計利用大地作為中性回路，建造費用 3,450 億韓元，於 1998 年 3 月啟用。另一為濟州島與珍島(Jeju-Jindo)間連結之高壓直流系統，電壓為 $\pm 250\text{kV}$ 、總輸電量 40 萬瓩，距離 113 公里(海纜 101 公里、架空 12 公里)，採用兩條耐壓直流 250kV 海纜，另有耐壓 20kV 之中性海纜設計，建造費用 6,356 億韓元，於 2014 年 4 月啟用。兩條高壓直流線路概況如圖 8.3 及輸電架構如圖 8.4。



圖8.3 高壓直流線路概況

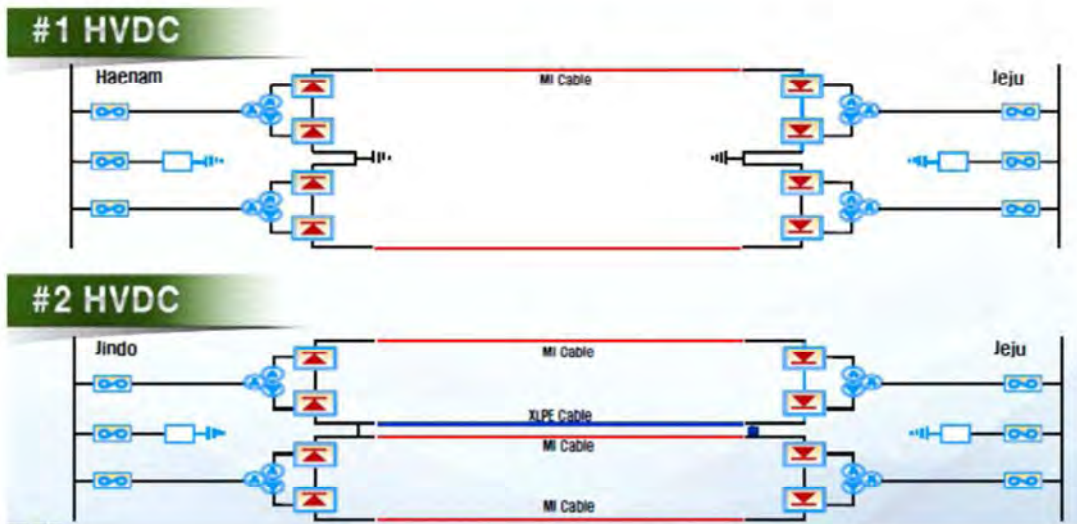


圖8.4 高壓直流輸電架構

海南郡及濟州島間之海纜營運是與 KAPES 及 KPS 兩家公司簽訂維護合約，工作內容包括每日巡檢兩次設備運轉情形，每月量測一次設備溫度、電流、電阻以確保功能正常，及每年一次為期 15 天的大修以測試性能保持最佳狀態。韓電對海纜保護措施，在海上擁有 3 條船負責巡視監測，並建置雷達系統來監測靠近海纜之船錨活動，避免海纜遭鈎爪或鐵鍊拉扯，各區塊作業分配如圖 8.5。

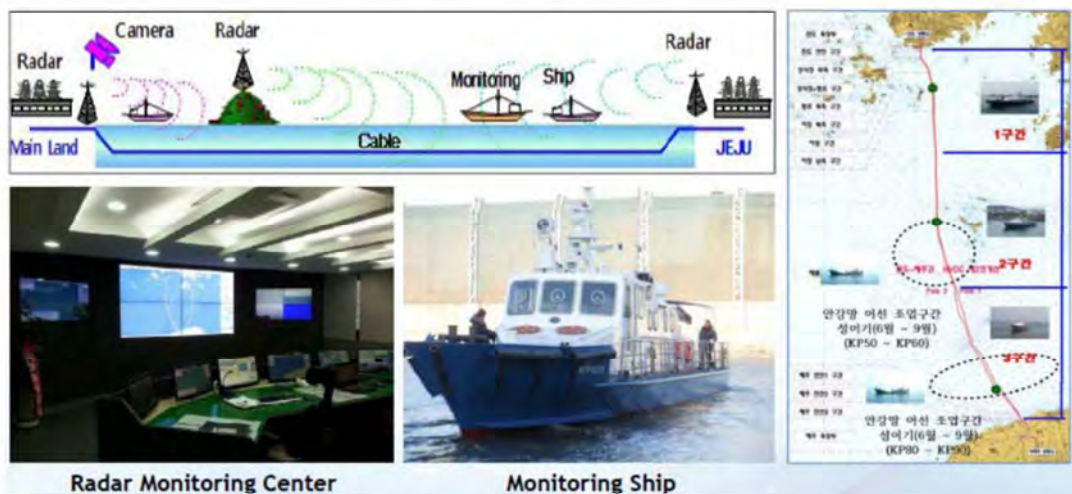


圖8.5 海南郡及濟州島間之海纜維護營運

韓電目前仍在興建中之高壓直流輸電系統有 BukDangjin-Godeok 第一期計畫(期間為 2014~2018 年)，電壓為 $\pm 500\text{kV}$ 、總輸電量 150 萬瓩，距離 35 公里(地下電纜 28.9 公里、海纜 6.1 公里)，初

期以單極運轉，俟第二期計畫預定 2021 年完成後，總輸電量將為 300 萬瓩，以雙極運轉，路徑圖及方案如圖 8.6。

韓電為考量 765kV 輸電線若發生偶發事故，東部電源將無法往西送到都會負載地區，故規劃興建高壓直流輸電系統第一期計畫，預定於 2021 年完成，直流電壓採 $\pm 500\text{kV}$ 、總輸電量 400 萬瓩，距離 250 公里，以雙極(Bi-pole)運轉，俟第二期計畫預定 2022 年完成後，總輸電量將提高到 800 萬瓩，仍以雙極(Bi-pole)運轉，路徑圖及方案如圖 8.7。

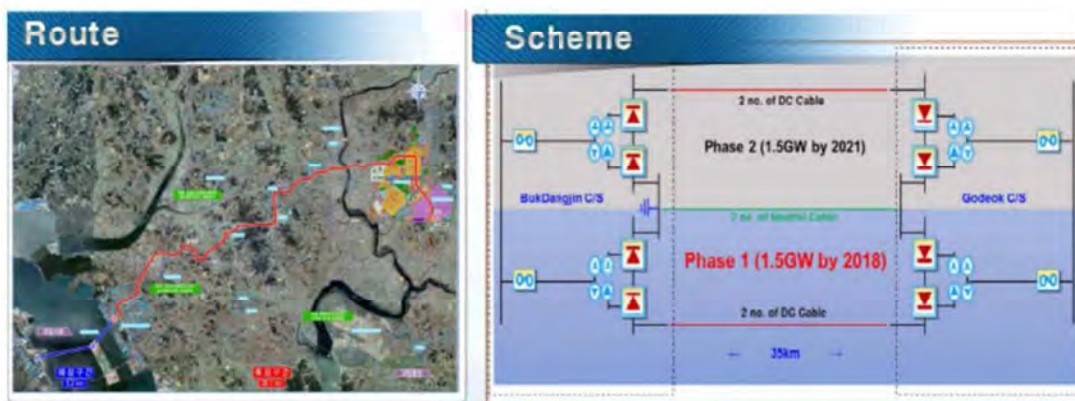


圖8.6 BukDangjin-Godeok高壓直流輸電系統第一期計畫

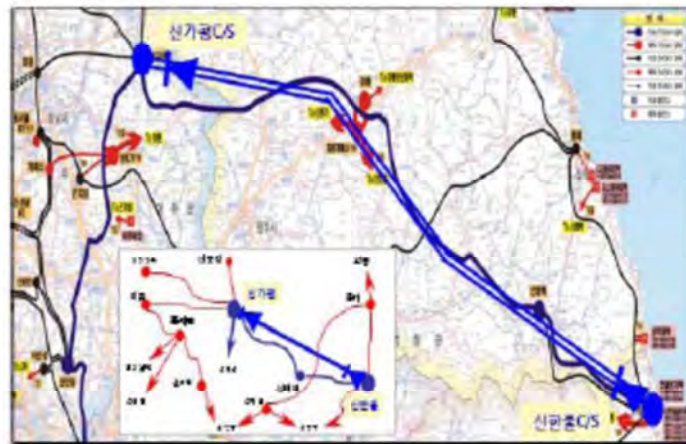


圖8.7 東部電源往西送高壓直流輸電系統第一期計畫

韓電為因應濟州島負載成長，亦規劃興建電壓源換流器高壓直流系統計畫，總輸電量 20 萬瓩，預定於 2024 年完成如圖 8.8。



圖8.8 濟州島電壓源換流器高壓直流系統計畫

連結濟州島之高壓直流系統#1 HVDC 於 1992 年建造，由於可靠度低，韓電將進行整修計畫。首先進行 HVDC 各組成元件之壽命評估，發現老化程度不同，控制系統相較於其他系統老舊，PCB 卡損壞引起跳脫，無法由 Alstom 取得 PCB 卡，且原閥門 Alstom H300 型產品已不再生產等，經評估成本、事故率、設備狀態、備品可用率、停用期間等因素，整修工作範圍包括更換閥冷卻及其保護控制系統、裝置 C.Tr 監測系統及更換老舊濾波元件，執行期間 2017 年 8 月至 2018 年 9 月。韓電#1 HVDC 整修計畫，經分析所面臨之各種問題，並針對不同的問題提出對策選項如表 8.1，整修策略經決定後，於 2017 年開始執行。

表 8.1 濟州島高壓直流系統#1 HVDC 整修計畫評估

問題	狀況	對策
不可長時間停用	須供應濟州島穩定電力來源	逐極更換設備及極小化雙極停用
國內沒有相關工程及製造商	由製造商 GE 移轉技術	技術移轉對象限制為國內設備製造商
新型閥大於既有的設備	與建築物沒有足夠的間隙距離	優化並旋轉閥裝置場所

#### (四) 765kV Sinanseong 變電所參訪情形

韓電積極致力於輸電電壓升級之理由有四點，其一基於國內經濟持續成長電力需求增加，其二受限地窄人稠擴建地點難覓，其三電源和負載地點分布不均，及電力系統互聯困難等因素。因此，韓電預期在輸電電壓升級後之影響，包括躍居高電力技術領先國家、確保具備國際競爭力及海外市場發展機會、增加電力系統穩定性。

一般輸電電壓升級之好處如下：

1. 765kV 兩回線輸電容量(14,580MW)是 345kV 兩回線(4,346MW) 的 3.4 倍
2. 765kV 一回線與 345kV 四回線輸電容量相近下，765kV 土地使用效率為 345kV 的 53%。
3. 765kV 建造成本為 345kV 的 85%。
4. 765kV 輸電損失為 345kV 的 20%。

本次課程韓電特別安排實地參訪 765kV Sinanseong 變電所，其發展過程如下：

1. 1996 年 2 月：765kV 輸電線計畫執行。
2. 1998 年 8 月：765kV 變電所計畫執行(Sinanseong 及 Sinseosan 變電所)。
3. 2001 年 12 月：765kV 變電所試運轉(Sinanseong 變電所 4,000MW)
4. 2002 年 5 月：765kV 輸電線商轉(Dangjin 火力電廠~Sinseosan 變電所~Sinanseong 變電所)。
5. 2004 年 10 月：765kV 輸電線商轉(Uljin 核能電廠~Sintaebaek 變電所~Singapyeong 變電所)。
6. 2005 年 6 月：擴建 Sinanseong 變電所(4000MW 為 6000MW)。
7. 2010 年 4 月：765kV 輸電線商轉(Sinanseong 變電所~ Singapyeong 變電所)
8. 2011 年 6 月：擴建 Sinanseong 變電所(6000MW 為 8000MW)。