

# 出國報告(出國類別：進修)

## 赴美國進修電機工程

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：賴志能 八等電機工程師

派赴國家：美國

出國期間：97/12/28~99/12/30

報告日期：100/03/02

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴美國進修電機工程

頁數 32 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台電公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

賴志能/台電公司/輸變電工處中區施工處/電機工程師/(04)25211597

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：97.12.28.~99.12.30. 出國地區：美國

報告日期：100.3.2.

分類號/目

關鍵詞：分散式發電系統、智慧型電網、需量反應管理

內容摘要：(二百至三百字)

一、進修計畫緣由及目的。

二、出返國行程概述。

三、進修學校及修業內容簡介。

四、專題：分散式發電系統及智慧型電網之應用

以條列方式介紹目前美國電業現況、分散式發電電源的分類、效率及優點等，並以風力發電為例計算其發電容量及風廠需求；另外介紹智慧型電網的組成及其應用，最後再以紐約 con Edison 電力公司為例來說明目前新一代電力網的應用情形及初步成效。

五、在美國期間遭遇之困難及獲得的協助。

六、建議事項。

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

# 目 錄

	頁次
1. 計畫緣由及目的.....	1
1.1 計畫緣由.....	1
1.2 計畫目的.....	1
2. 出返國行程概述.....	2
3. 進修學校及修業內容簡介.....	3
3.1 進修學校簡介.....	3
3.2 修業內容及進修心得.....	4
4. 專題：分散式發電系統與智慧型電網之應用 (The Application Of Distributed Generation System And Smart Grid).....	11
4.1 前言.....	11
4.2 分散式發電系統之應用.....	12
4.3 智慧型電網之應用.....	18
5. 出國期間遭遇之困難及獲得的協助.....	26
6. 建議事項 .....	29
參考文獻.....	31

# 1. 計畫緣由及目的

## 1.1 計畫緣由

依據經濟部 94.04.04 經營字第 09403842420 號函，核定本公司「菁英留學計畫推動方案」，97 年度選送出國進修碩士以上學位計 12 名。職有幸在 97 年元月經本處長官推薦，獲得參加該年度出國人員甄選的機會，同年 3 月 26 日透過個人留學計畫簡報及總管理處相關單位主管口試通過，遂依 97.04.02 電人字第 09704060991 號函，核定職赴美國紐約大學 Polytechnic 理工學院進修電機工程碩士學位。

## 1.2 計畫目的

本公司此計畫係配合行政院「菁英留學計畫推動方案」選送人員出國進修碩士以上學位，為培育具有潛力人員，並鼓勵研究發展風氣，以提高營運績效。

研究主題原訂為「電力系統主要設備及相關電力監控、通訊技術」，但因近年來歐、美、日各國為推動智慧型電網之建置與分散式發電系統之推展，無不致力於電力網的更新及新型設備的研發(如智慧型電表、通訊設備、儲能設備及資料處理軟體等)，鑑於此，職於修業期間特別著重於這方面相關課程的修讀，並期於 2 年內取得電機工程碩士學位及電力電子專業證照，返國後對本公司提供所學，協助公司推動智慧型電網之建置與分散式發電系統之推展。

## 2. 出返國行程概述

時 間	地 點	工 作 概 要
97 年 12 月 28 日～ 12 月 29 日	桃園國際機場→ 安哥拉治機場→甘迺迪機場	往程 (台北→安哥拉治→紐約)
97 年 12 月 29 日～ 99 年 12 月 29 日	美國紐約市 紐約大學 Poly 理工學院	進修電機工程碩士學位
99 年 12 月 29 日～ 12 月 30 日	甘迺迪機場→安哥拉治機場 →桃園國際機場	回程 (紐約→安哥拉治→台北)

本計畫核定進修期間為 97 年 12 月 28 日至 99 年 12 月 27 日共 730 天，職原定 99 年 12 月 26 日自紐約搭機返國，因紐約當天降下數十年罕見的超級暴風雪，導致甘迺迪國際機場關閉，機場雖於次日開放，卻因各航空公司航次嚴重誤點，原班機起飛時間順延至 28 日，又受限於機場跑道起降管制及地勤人員嚴重不足的緣故，班機實際起飛時間為 12 月 29 日零晨 1 時 16 分，並於 30 日上午 10 時 25 分抵達台北(桃園)機場。

## 3. 進修學校及修業內容簡介

### 3.1 進修學校簡介

#### 3.1.1 歷史沿革

紐約大學成立於 1831 年，校總部位於紐約市的格林威治村，至今已有 180 年的歷史。學校之成立原始於一群熱愛教育的紐約市民，有鑑於 1828 年倫敦大學的成立，進一步體認到紐約人也應該有自己的大學，於是創立了紐約大學，第一年學生僅有 158 人。1873 年時，紐約大學的電機工程暨科學研究學院與 1854 年成立的布魯克林 Polytechnic 理工學院合併成爲紐約 Polytechnic 理工學院，直到 2007 年，紐約大學和紐約 Polytechnic 理工學院向紐約市政府申請兩校重組，2008 年 7 月在兩校分開 35 年後又重新合併。

#### 3.1.2 學校現況

紐約大學目前共有 18 個學院，全校已超過 3100 位全職教授及 40000 個學生，學生分別來自於美國各州及世界 130 多個國家，成爲全美最大的私立學校之一。各學院基本上是以華盛頓廣場爲學校的中心點，向外做輻射狀的分散，大部分的校區集中在曼哈頓下城，但也因著學院的不同而遍及整個紐約市，只要觸目所及插有紫色旗幟（素有 " 紫色聯盟" 之稱），寫著 NYU 或繪有火炬圖案的紐約大學的校徽，就可辨認出此一建築爲紐約大學所有。學校因持續而積極的向國際化發展的原因，分校散佈全球，英、法、德、義等 10 餘國，前年位於阿拉伯的首都阿布達比成立新校時亦有到台灣招收學生並提供全額獎金。台灣知名校友有馬英九、朱立倫、辜振甫、陳履安及李安等人。

## 3.2 修業內容簡介及進修心得

### 3.2.1 學位取得條件

本校電機工程系所規定學位之取得除了需修滿 30 個學分外，尚需符合兩項規定；第 1 項是修畢學分中有 9 個學分必需包含下表所列的基本核心課程：

#### Core Courses

EL 5373	Internet Architecture & Protocols Lab, Credits:3 .00
EL 5473	Introduction to VLSI System Design, Credits: 3.00
EL 5613	Introduction to Electric Power Systems, Credits: 3.00
EL 6113	Signals, Systems and Transforms, Credits: 3.00
EL 6253	Linear Systems, Credits: 3.00
EL 6303	Probability Theory, Credits: 3.00
EL 6413	Analog and High Frequency Amplifier Design, Credits: 3.00
EL 6713	Electromagnetic Theory and Applications, Credits: 3.00

第 2 項則規定所修讀課程中需包含 2 組關聯性課程(共 12 學分)，底下則為電機工程所核定的各類組關聯性課程：

#### Systems and Information Science

EL5013 - EL5023 or EL6013 or EL6023 or EL6033	(Wireless Communications)
EL5023 - EL5033	(Wireless communications)
EL5123 - EL6123	(Image Processing)
EL5363 - EL5373 or EL6373 or EL6383 or EL7353	(Communication Networks)
EL5823 - EL5123	(Medical Image Processing)
EL5823 - EL6823	(Medical Imaging)
EL6013 - EL6023 or EL6033 or EL6063 or EL6333	(Communications)
EL6023 - EL6033 or EL5023	(Wireless Communications)
EL6063 - EL6073	(Information and Coding Theory)
EL6113 - EL7133 or EL6183	(Signals & Systems)
EL5253 - EL6233	(System Theory)
EL5223 - EL8223	(Controls and Robotics)
EL6253 - EL7253 or EL6233	(Linear Systems)
EL6303 - EL6313	(Probability & Stochastic Processes)
EL6313 - EL6333	(Stochastic Processes & Detection and Estimation)
EL6383 - EL7373	(High-Speed Networking/Switching)

EL7133 - EL7163 or EL6183 (Digital Signal Processing)

EL6233 - EL8233 (Optimal Controls)

EL7353 - EL7363 (Communication Networks)

### **Fields and Waves**

EL5733 - EL5463 (Microwave Engineering)

EL6713 - EL6723 (Electromagnetic Fields and Waves)

### **Materials Science, Electronics, and Power**

EL5473 - EL6443 (VLSI Systems)

EL5493 - EL6443 (Computer Engineering)

EL6413 - EL6423 or EL6433 (Electronic Circuits)

EL5673 - EL6603 (Power Electronics)

EL5613 - EL6623 or EL6633 or EL6643 or EL6653 (Power Systems)

EL5673 or EL5683 or EL6603 - EL6683 (Power Electronics and Drives)

EL6603 - EL6663 (Power Electronics and Distributed Generation)

EL6633 - EL6643 (Power Transients)

## **3.2.2 電力電子專業證照**

隨著不斷增長及扮演更加重要角色的創新能源替代品，並整合現在及未來電力網的契機突然之間就落在電力電子這門領域中了，舉凡發電、輸電、配電甚至是儲電都可以看到它的蹤影，尤其近年來世界各國積極推展的智慧型電網及本公司最近引進的彈性交流輸電系統(FACTS)設備中的靜態閘控調相補償器(STATCOM)都可以證明電力電子的發展已愈來愈重要且成熟，但後續的創新研究更加重要，因此學校特別針對此領域提供了相當多的專業課程，通過修課及測驗來頒發專業證照，藉此吸引更多學生投入這方面的研究。

課程分為必修與選修科目，學生所選修之各科成績均需達到 GPA 3.0 以上才有取得證得的資格，課程內容如下：

### **Required Courses**

EL 5613 Introduction to Electric Power Systems, Credits: 3.00

EL 5673 Electronic Power Supplies, Credits: 3.00



## **Electives Courses**

Choose 2 from the following list:

EL 5663 Physics of Alternative Energy, Credits: 3.00

EL 5683 Electric Drives Characteristics and Controls, Credits: 3.00

EL 6603 Power Electronics, Credits: 3.00

EL 6623 Power Systems Economics and Planning, Credits: 3.00

EL 6633 Transients, Surges and Faults in Power Systems, Credits: 3.00

EL 6643 Relay Fault Protection, Credits: 3.00

EL 6653 Power System Stability, Credits: 3.00

EL 6663 Distributed Generation Systems, Credits: 3.00

EL 6683 Adjustable Speed Drives, Credits: 3.00

EL 96X3 Selected Topics in Power Engineering, Credits: 3.00

### **3.2.3 進修心得與內容**

唸研究所是進公司以後一直想去完成的一個目標，而出國留學則是從小就存有的夢想，突然之間實現夢想和達成目標的這個機會就掉我眼前來，感謝公司內長官的厚愛及栽培，推薦 97 年度菁英留學計畫，並幸運的在公司內眾多競爭之下脫穎而出，爭取到這個計畫的末班車(此計畫僅從 94 至 97 年共執行 4 年)最後 12 個席次中的一個。既然這個機會來了，我怎麼可以輕易的放它走呢？但原本沒想到獲得公派出國的機會之後才是挑戰的開始。獲知錄取當天隨即跑到台中市的各個留學考試補習班尋問相關報考資訊，在經過一番了解後，隔天馬上與合適的補習班簽約，開始了我久違的補習生活。白天上班，晚上上課，這樣的情形我還可以應付，但就在習慣了這樣的生活之後，5 月下旬我的大女兒出生了，理應很高興的我，那時的心卻有點掙扎，因為想到接下的那段時間我這根蠟燭可不只是兩頭燒而已，還要騰出時間照顧老婆和小孩，在和家人商量後，暫時將老婆和小孩送回南投鄉下由我父母代為照料，而我則可以有更多的心思在準備考試上，並且開始尋找心目中的理想學校及科系，針對各學校申請所需的資料，如推薦信、成績單、個人履歷及讀書計畫等項目著手準備。

在準備考試時間的中後期，因為補習時數略為減少，心想爲了再增強口語能力，於是另外上網找了一位外師家教針對會話作加強，果然皇天不付苦心人，一番努力後，在托福考試上獲得不錯的成績，並順利申請到美國紐約大學 Polytechnic 理工學院的電機工程學系，開始了我的美國留學生活。

到了學校報到後，對新生最重要的一件事就是第一學期的選課及註冊了，在選課前研究所中心會針對所有新生，對選課流程及規定做詳細的介紹(如前幾節所述)，從學校的修課規定中可發現本校的研究生課程其實是偏重通才教育，因爲它希望藉由這樣的規定讓學生從廣度的學習中發現自己的興趣，決定日後的學習方向，進而再作更深一層的研究，另外在整個選課的過程中，系所內亦會指派一名指導教授就你欲選修的課程及個人性向提供意見及建議事項，這樣的作法著實讓初到學校報到的我倍感親切，頓時壓力驟減；在處理完相關報到手續並經由研究所中心工作人員電話代爲接洽後，本人立即前往電機系辦公室，與指導教授 Dr. Xiao-Kang Chen 碰面，一見面教授就展開雙手熱情歡迎，一番寒暄後他隨即向我詳細介紹本所各類組相關課程規劃，我也利用這個機會向他說明個人此次的進修緣由及目的，教授在深入了解我的特殊情況後建議了一份符合我個人專屬的課程表，主要課程包含了通訊網路及電力系統兩方向，課程內容簡述如下：

**EN1034 Writing & Humanities (英文寫作及人文科學)**：本課程是學校爲了讓國際學生更快適應美國學校的學習環境及生活步調，除了一般的課堂會話及英文寫作技巧，甚至會安排校外教學，直接把教室搬到學校外，如觀賞百老匯的表演及博物館的展覽等，課餘教授也會帶大家到附近的餐廳一邊享用道地的美食，一邊也讓同學們有更多的機會融入美式生活。

**EL5363 Principles of Communication Networks (通訊網路原理)**：本課程涵蓋了所有通訊網絡的基本觀念，包含有通訊協議架構，數據傳輸和信號編碼，多工，擴頻，

數據鏈結控制，區域網，無線區域網，電路交換，分組交換，路由，流量控制，網絡協議，傳輸層協議，應用程序設計和網絡安全基礎知識。

**EL5373 Internet Architecture & Protocols (網際網路架構與通訊協定)**：本課程主要介紹基本的區域網絡技術和協議，另搭配每周 4 小時的實驗試驗。相關內容有鏈結層協定、區域網絡中 CSMA / CD、令牌環的 IEEE 標準和協定、因特網協定組：IP, ARP, RARP, ICMP, UDP and TCP 的應用介紹、區域網的互連：bridges, routers 和 gateways 的差別及實際應用、應用層協定的介紹：SNMP、FTP、SMTP 及 NFS 等。

**EL6303 Probability Theory (機率論)**：本課程授課內容有古典機率(排列組合、條件概率、貝氏定理、期望值和方差)、隨機變數、離散型機率分佈(兩點分佈、二項式分佈、波松分佈、幾何分佈)、連續型機率分佈(均勻分佈、常態分佈、對數分佈、指數分佈、 $\gamma$  分佈、 $\beta$  分佈、魏柏分佈及萊利分佈)、多隨機變數、隨機數列及取樣與估計；其中又以多隨機變數格外重要，因為它在現在的通訊技術中有相當多的應用。

**EL6373 Local and Metropolitan Area Networks (區域及城域網路)**：本課程主要探討有線、無線區域網和城域網網路基本的設計問題，並採用最新標準和協定作為目前業界所遭遇問題的解決方案，另外探討有線、無線區域網及城域網的發展趨勢。以無線技術為例，其內容包括一般家庭常使用到的 IEEE802 協定，如 WiFi、WiMAX(4G)和藍芽等。

**EL6383 High-speed Networks (高速網路)**：本課程介紹了高速網路的基礎知識、架構、協議和技術。主要內容有同步光纖網路(SONET)、非同步傳輸模式(ATM)、10/100/1000/10G 的以太網(Ethernet)、同步光纖以太網、服務品質控制、封包的排程、網路處理器、緩衝區管理、流量和擁塞控制、高速的 TCP 和 XCP、路由

和 IP 快速重新路由、WDM 網絡等。除了上課及考試外，每個學生都必須完成一個單人專題研究，其中包含書面報告、軟體設計和硬體設計。

**EL5613 Introduction to Electric Power Systems (電力系統導論)**：本課程著重於介紹一些電力系統的基本概念，如單相和三相電路、功率三角形、輸電線路上的參數(電阻、電感、電容、變壓器和發電機等)、集總電路元件  $\pi$  型等效電路的表示法、標么值的計算及電力潮流的分析等。

**EL5673 Electronic Power Supplies (電子式電源供應)**：本課程涵蓋以下主題：功率半導體開關元件、整流器、基本的脈衝寬度調製逆變器(PWM) DC - DC 開關單元、非隔離和隔離型 PWM DC- DC 轉換器、PWM 轉換器的控制、諧振和柔性切換轉換器、低壓差 (LDO) 穩壓器、PWM 逆變器。另外簡單的介紹了一些相關應用，例如在電腦設備、可攜式裝置、配電系統及不斷電電源供應等應用。

**EL6603 Power Electronics (電力電子學)**：本課程主要介紹閘流管、GTOs, MOSFETs, IGBTs 等元件的動作原理、DC / DC 轉換器的動態特性、強迫換相電路、交換式電源供應器、全波和半波整流器、相位控制轉換器的負載效應特性。

**EL6623 Power Systems Economics and Planning (電力系統之經濟調度與規劃)**：本課程探討的內容主要分爲 2 大部分。第一部分爲電力系統的經濟學：稅收要求、負載時間和準備金要求、負載預測及經濟計量方法。第二部分爲最佳化擴展規劃和方法：發電最佳化擴展計算模型、決策分析技術及電業自由化的影響。

**EL6663 Distributed Generation Systems (分散式發電系統)**：小型發電系統的分類、優點和局限性；燃料電池，太陽能電池，微型渦輪機，往復式發動機，風力發電機和燃氣渦輪機等的運作原理和電氣等效電路；另外還介紹了故障分析、虛功的供給及電力品質等議題。

### 3.2.4 修課成績

課號	科目名稱	學期	成績
EL 5363	PRINCS OF COMMUNI NTWK	2009 Spring	A
EL 5373	INTERNET ARCHITECTURE & PROTOC	2009 Spring	A
EL 5613	INTRO TO ELECTRIC POWER SYSTEM	2009 Fall	A
EL 5673	ELECTRONIC POWER SUPPLIES	2010 Spring	A
EL 6303	PROBABILITY THEORY	2009 Fall	B
EL 6373	LOCAL & METROP. NETWORKS	2009 Summer	A
EL 6383	HIGH-SPEED NETWORKS	2009 Fall	B
EL 6603	POWER ELECTRONICS	2010 Fall	A
EL 6623	PWR SYST ECONOMIC & PLAN	2010 Spring	A
EL 6663	DISTRIBUTED GENERATION SYSTEMS	2010 Spring	A
EN 1034	WRITING & HUMANITIES 1 (ESL)	2009 Spring	VA 註 1
合計平均 GPA		3.8 註 2	

表 3.1 修課成績一覽表

註 1：VA 係指成績為 A，但不列入 GPA 計算。

註 2：GPA 滿級分為 4.0。

## 4. 專題：分散式發電系統與智慧型電網之應用 (The Application of Distributed Generation System and Smart Grid)

### 4.1 前言

#### 4.1.1 美國電業自由化

- Legislation for a deregulated market (電業自由化) began in 1992 .
- The US Federal Energy Regulatory Commission (FERC-聯邦能源管理委員會) issued in 1996 two orders #888 and #889 that relate to deregulation of the electronic power industry.

#### 4.1.2 電業自由化前/後之市場

- 自由化前：Each utility controls its own locality without competition. (電力事業壟斷)  
Responsibility for generation, distribution, availability, updating, innovation, research, billing, and customer satisfaction. (供電義務及客戶滿意)  
Need for a Public Service Commission for regulation. (政府監督管控)
- 自由化後：Competition in the generation section. (發電業開放競爭)  
Consumer choices. (用戶自主選擇)  
Access rights to the transmission system. (輸電系統使用權)

#### 4.1.3 電業的零售與批發市場

- Goal is to provide long run net benefits to society. (提供長期的社會福利)
- Shift risks of “mistakes” to suppliers and away from consumers. (電業獨

立承擔風險)

- Support retail prices that reflect marginal production cost including the costs of congestion, losses, and scarcity. (直接反應成本)
- Encourage innovation in power supply technologies by eliminating barriers to entry. (鼓勵創新)

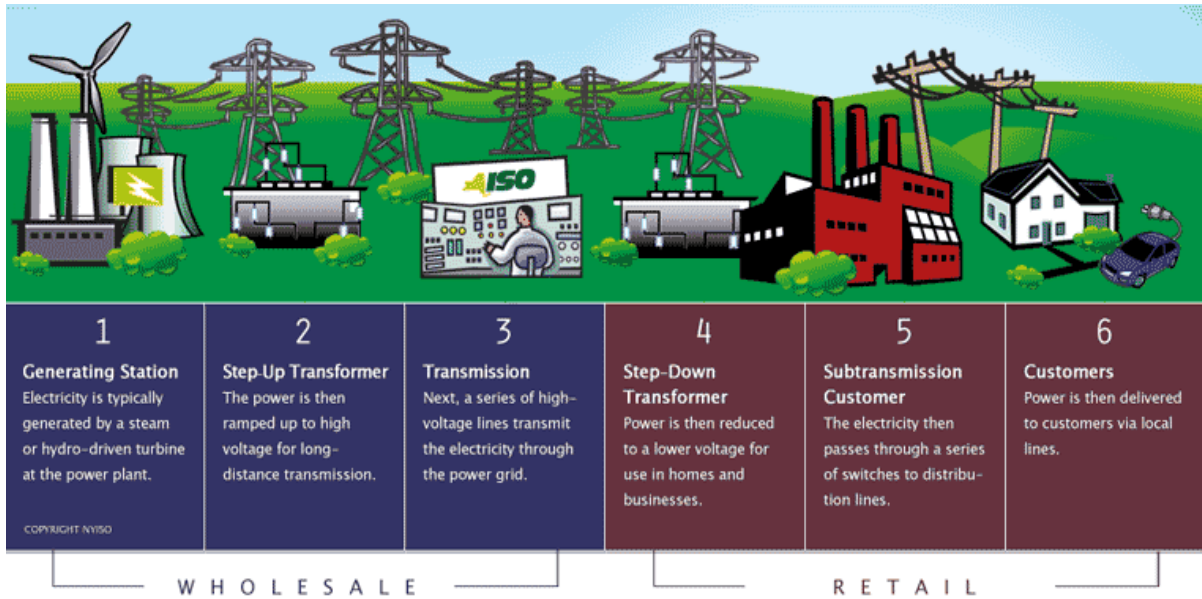


圖 4.1 美國電業市場區隔圖

#### 4.1.4 美國電力網目前所遇的問題與解決方法

- Problem : Today's electricity is 99.97% reliable, yet still allows for power outages and interruptions that cost American at least \$150 billion each year.
- Solution : Distributed Generation (DG) and Smart Grid (SG).

## 4.2 分散式發電系統之應用

### 4.2.1 定義

- Generation of energy from dispersed source. (分散電源)

- Technology of using small-scale power generation technologies close to load. (小型發電且近負載)
- On site or micro grid. (微型電網).
- No difference than any other load, but the DG can back feed into the utility. (電力回饋至電力公司)

#### 4.2.2 分散式發電系統的分類

規模	小型	中型	大型
容量	1 to 10 kW	10 to 1,000 kW	1 to 25 MW
地點	Close to the customer	Small business units and housing complex	Large urban section and industrial park
應用技術	Solar cells, Fuel Cells, Reciprocating Engines	Micro-Turbines, Wind Turbines, Reciprocating Engines	Gas Turbines

表 4.1 分散式發電系統分類表

#### 4.2.3 分散式發電系統的效率

型式	容量	效率
Fuel Cells	1 to 10 kW	30 to 80%
Solar Cells	1 to 10 kW	10 to 15%
Micro-Turbines	25 to 500 kW	25 to 50%
Reciprocating	1 to 1,000 kW	30 to 40%
Wind Turbines	10 to 800 kW	20 to 30%
Gas Turbines	1 to 25 MW	25 to 45%

表 4.2 分散式發電系統效率表



#### 4.2.4 分散式發電系統的優點

- Reduction in energy [kWh] and electric [kW] demand charges. (降低電源需求)
- Deferral of new transmission and distribution capital investment. (延緩新的輸配電投資)
- Reduction of losses in transmission and distribution lines. (降低線路損失)
- Improvement of power quality; voltage support, source of reactive power, and emergency power pool. (改善電力品質)
- Cost effective means for new peak demand power. (提高效能)

#### 4.2.5 分散式發電系統與電力網併聯前需考量的議題

- Allow safe and economical operation. (允許安全、經濟運轉)
- Allow the DG to develop maximum power and revenue. (允許 DG 獲取最大產能及收益)
- Ensure that operation of the utility will not adversely affect the DG system. (確保 DG 系統不因電力公司調度產生不利影響)

#### 4.2.6 分散式發電系統與電力網併聯前需考慮的限制條件

- Synchronization. (Same frequency; Same voltage; Same phase sequence; and the generator voltage is in phase with the utility voltage.)
- The DG cannot harm or damage the utility.
- The DG cannot cause problems to other customers on the utility lines.
- The DG cannot jeopardize the safety of personal or the public by any of its operating modes.

#### 4.2.7 分散式發電系統與電力網併聯之單線圖

- Sub：變電所。
- L1~L4：負載。
- DR1~DR3：分散式發電單元。
- B1~B2 & b1~b3：斷路器。
- OCR：過電流保護開關。
- 當 OCR 動作跳脫時，下圖左半部電路則自成一獨立供電系統，供電品質與可靠度相對增加。

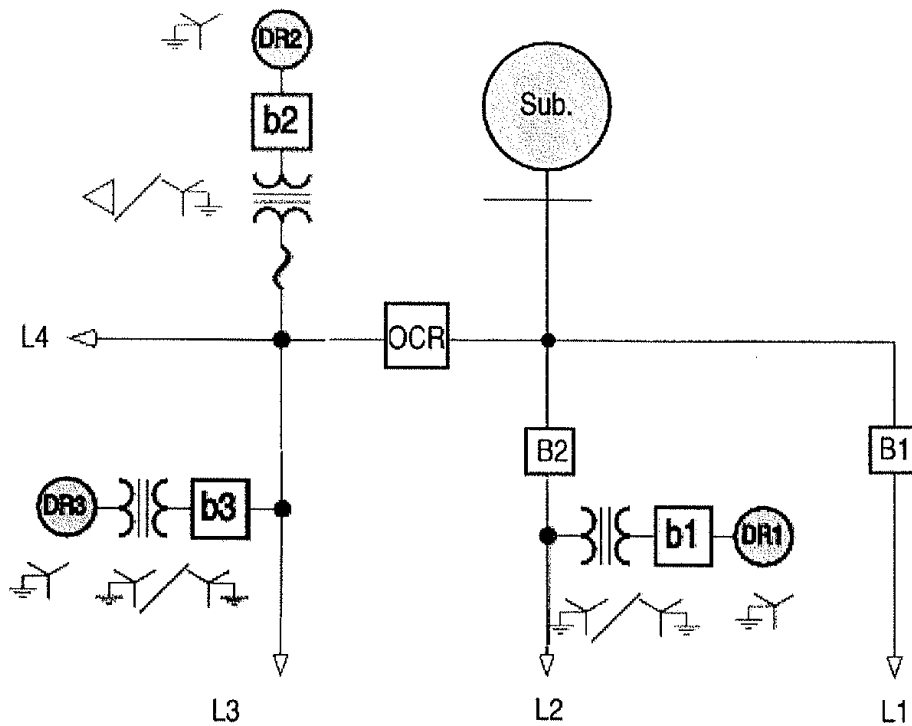


圖 4.2 分散式發電系統單線圖

#### 4.2.8 分散式發電系統應用實例 (以風力發電機為例)

- 風能公式推導

- $KE = \frac{1}{2} M * U^2$

- ◆ The Mass (M) of Air per second is volume (V) multiplied by its density ( $\rho$ ).

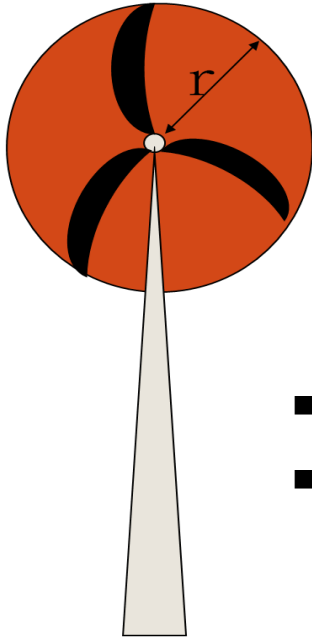


圖 4.3 風力機示意圖

- $M = V * \rho$

- air density at sea level( $\rho$ ) = 1.225 kilograms/m<sup>3</sup>

- ◆ The volume of air (V) is expressed by an Area (A) perpendicular to the wind flow multiplied by the horizontal displacement in the direction of wind flow (dx).

- $V = A * dx$

- ◆ The area (A) is radius (r) squared.

- $A = \pi * r^2$

- Radius (r) is the length of 1 blade.

- $P_w = KE / T = d(KE)/d(t) = \frac{1}{2} \rho * A * U^2 * (dx / dt) = \frac{1}{2} \rho * A * U^3$

- $P_{out} = P_w * C_p * C_B * C_G$

- ◆ The actual power (Pout) is the power (Pw) caught from wind multiplied by the blades performance coefficient (Cp), the gearbox efficiency (CB), and the generator efficiency (CG).

- $P_{out} = P_w * C_p * C_B * C_G$

- **實際範例：**一風力發電機葉片長 18 公尺，葉片性能係數為 35%，電動機效率為 85%，變速箱效率為 95%，試計算該發電機欲提供 100kW 至電力公司時，其所需的風速為何？

$$A = \pi * r^2 = \pi * (18/2)^2 = 254.5 \text{ m}^2$$

$$P_{out} = \frac{1}{2} \rho * A * U^3 * C_p * C_B * C_G$$

$$100 * 10^3 = 0.5 * 0.35 * 0.95 * 0.85 * 1.225 * 254.5 * U^3$$

$$\text{其所需風速 } U = 13.14 \text{ m/sec}$$

➤ 風廠面積計算(理想值)

- 左右間距為 3 倍長的風機葉片直徑。

- 前後間距為 10 倍長的風機葉片直徑(相同迎風面)。

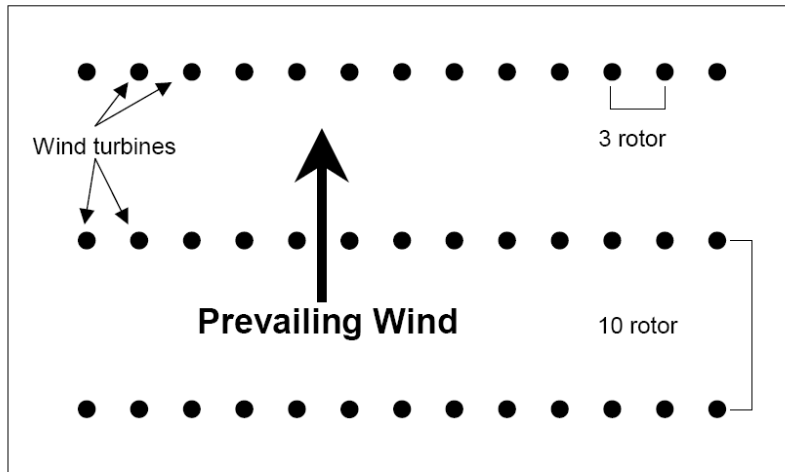


圖 4.4 風力發電廠配置示意圖

#### 4.2.9 分散式發電系統 = 虛擬電廠 (Virtual Power Plant)

- 依使用容量及地區不同所組成的分散式發電系統，其電力統一由控制中心調度，能夠有效降低尖峰用電需求，進一步減緩發電設備投資。

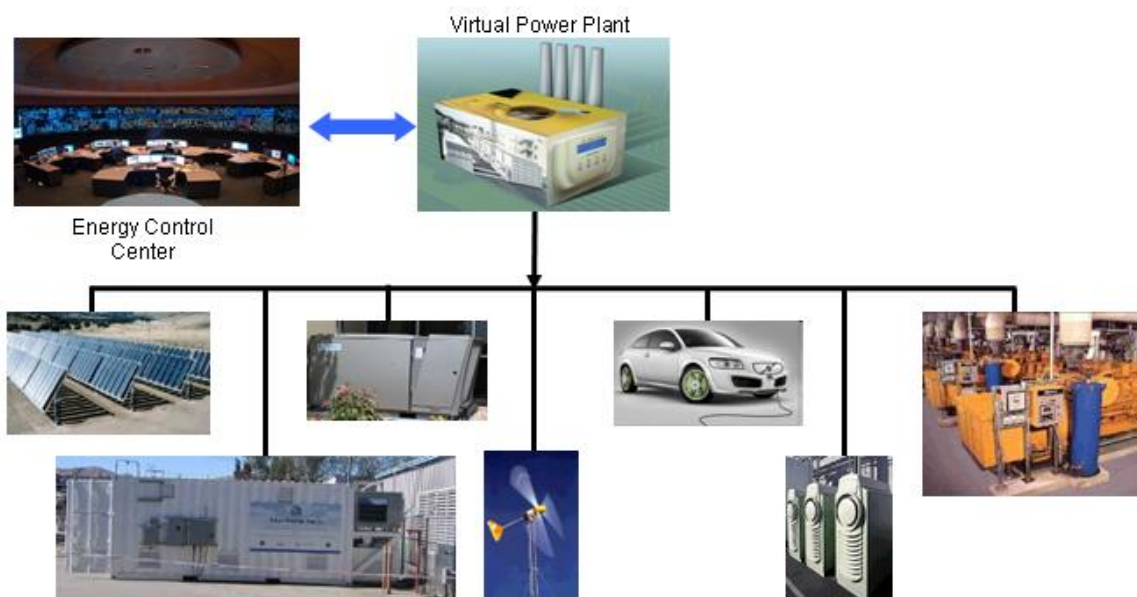


圖 4.5 虛擬電廠供電示意圖

#### 4.2.10 分散式發電系統 --- 殺手級應用(killer app)

- 電動車 (PHEV / Plug-in Hybrid Electric Vehicles)
  - 離峰充電 - 低成本。
  - 尖峰供電 - 高獲利。

## 4.3 智慧型電網之應用

### 4.3.1 定義

- Integrate some of the network capabilities of the information technology sector with the traditional electricity delivery capabilities of the existing transmission and distribution grid. (現有電網整合網路通訊能力)
- Make the transformation from a centralized, producer-controlled network to one that is **less centralized** and **more consumer-interactive**. (分散式與更多的用戶互動)

### 4.3.2 通訊網路系統

- Gather and store data and convert to intelligence. (資料收集、儲存及轉譯)
- Communicate intelligence omnidirectionally among all components. (多方向性訊息溝通)
- Allow automated control that is responsive to that intelligence. (即時反應訊息及自動控制)
- Much deployment on distribution (optimization) up to 80% and end-user side of meter.

### 4.3.3 智慧型電表基礎建設(Advanced Meter Infrastructure)

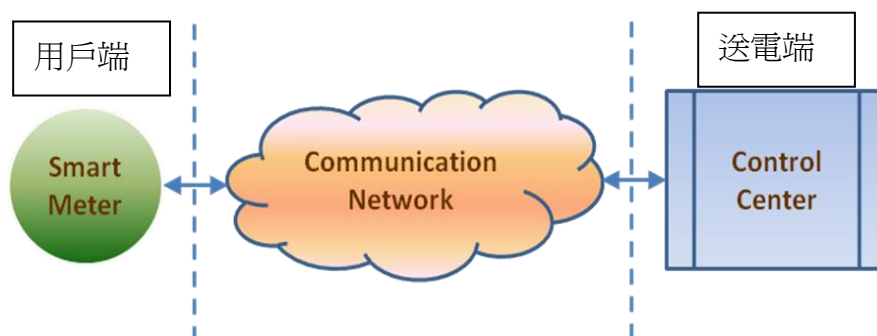


圖 4.6 智慧型電表基礎建設方塊圖

- Consist of smart meter, communications network and meter data management application. (由智慧型電表、通訊網路及讀表資料管理程序組成)
- Automates existing manual processes. (取代手工抄表)
- Reduces operational costs. (降低運轉成本)
- Improves data quality. (提高數據準確度)
- Equips your organization with flexibility for the future. (設備運用更彈性)

#### 4.3.4 構成智慧型電網的五大要素

- Integrated communications. (通訊整合)
- Sensing & measurement technologies. (感測技術)
- Advanced components. (先進的元件)
- Advanced control methods. (精密的控制方法)
- Improved interfaces and decision support. (界面的提升和決策的支持)

#### 4.3.5 智慧型電網的催化劑

- Customer engagement. (客戶參與)
- Increase energy efficiency. (提高能源效率)
- Address aging infrastructure. (老化設備的處理)
- Reduce costs in capital infrastructure. (降低資本支出)
- Integration of renewable. (整合再生能源)
- Increase asset utilization. (提高資產利用率)
- Enable lower-carbon future. (降低碳排放)
- Improve reliability/power quality. (提高穩定度及電力品質)
- Reduce losses. (降低損失)

### 4.3.6 需量反應管理 (Demand Response Management)

- Consumer response to explicit requests to curtail power used. (確實降低用電使用量)
- Shed load in response to a direct request from utility. (即時卸載)
- Can reduce peak price and price volatility. (減少價格波動)

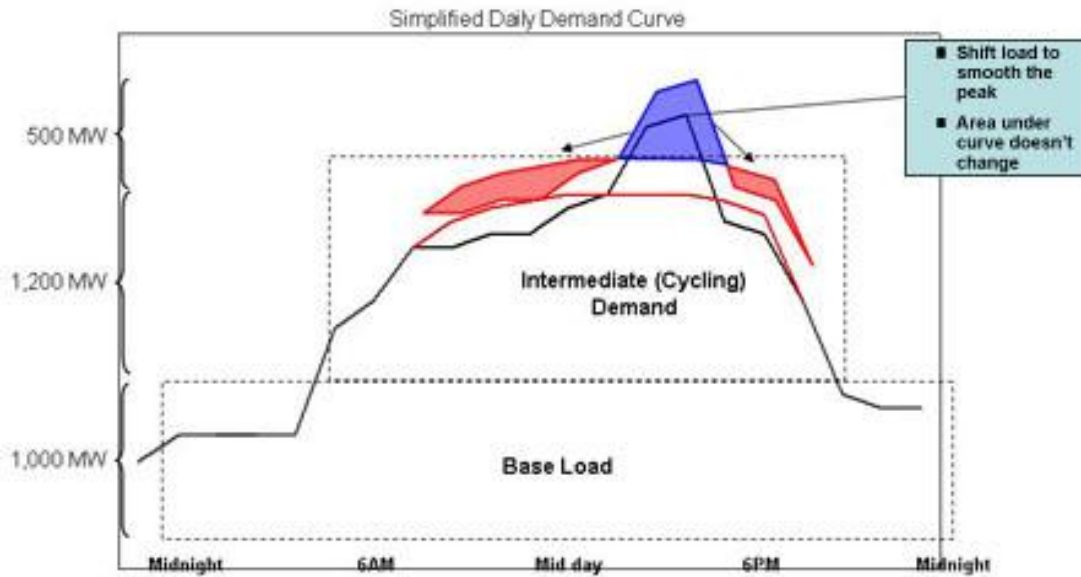


圖 4.7 單日用電圖(藍色：DR 實施前之尖峰用電容量；  
紅色：DR 實施後之平均用電量)

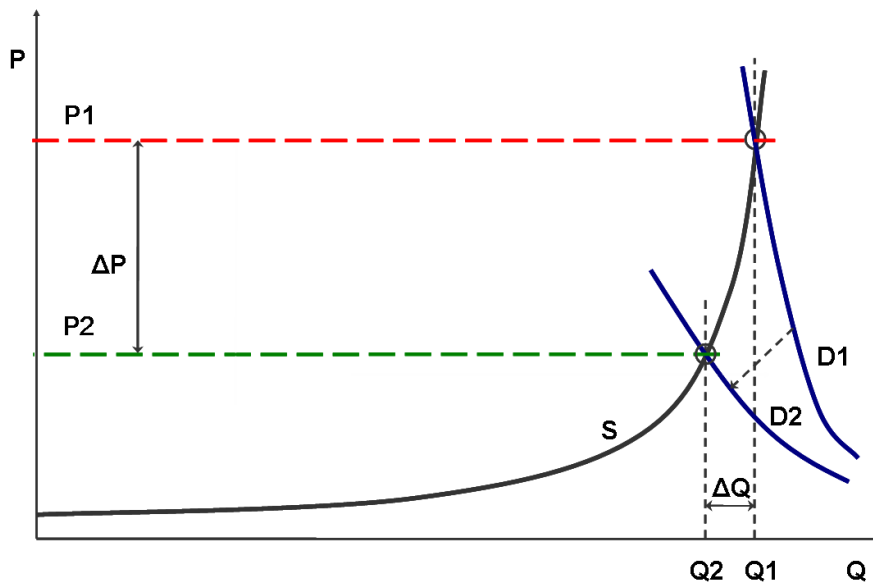


圖 4.8 供應/需求曲線圖(ΔQ：降低之發電量；  
ΔP：節省之發電成本)

#### 4.3.7 智慧型電網的優點

- Intelligent (智能)：過載自動偵測並及時轉供。
- Efficient (高效率)：送電容量增加但無需增加發電設施。
- Integrative(綜合系統)：再生能源、電能儲存。
- Opportunistic (機會導向)：提供創新及品質新科技技術。
- Communicative (訊息提供)：電力公司與用戶間即時溝通。
- Resilient (自我治癒)：對於天然災害及其它破壞行動能迅速重新投入。
- Green (綠色能源)：改善環境。

#### 4.3.8 智慧型電網的隱憂

- Obsolescence (設備汰換性)
  - Firmware upgradeability. (韌體升級能力)
  - Latency. (延遲)
  - Bandwidth. (頻寬)
- Cybersecurity (網路安全性)
  - Hardware. (硬體)
  - Firmware. (韌體)
  - Software. (軟體)

#### 4.3.9 綠色電網(Green Grid)

- Solar energy. (太陽能)
- Wind energy. (風力)
- Hydropower energy. (水力)
- Geothermal energy. (地熱)
- Biomass energy. (生質能)



#### 4.3.10 智慧型電網應用實例—紐約 con Edison 電力公司

➤ Before---傳統式輸配電系統

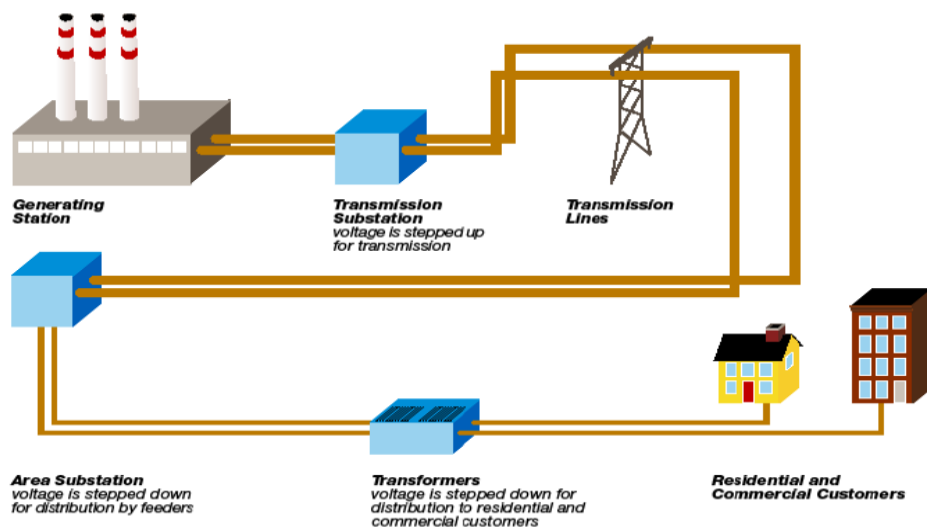


圖 4.9 傳統式輸配電系統圖

➤ 智慧型電網建置

■ 現代化監控系統

- ◆ Full SCADA 工程建設
- ◆ 事故分析軟體升級
- ◆ 變電所運轉資源共享
- ◆ 線上變壓器狀態監測及氣封型開關設備氣體洩露監測

■ 配電系統監控自動化

- ◆ 行動式調度
- ◆ 停電管理系統
- ◆ 配電網路模組化
- ◆ 動態電網可視化
- ◆ 配電系統資源共享
- ◆ 值班人員決策工具

■ 用戶自主能力提升

- ◆ 分散式電源安裝
- ◆ 電力需求側管理
- ◆ 使用時間控制
- ◆ 節能電器
- 需量反應管理(Demand Response Program)
  - ◆ Installed Capacity Program (ICAP)及 Emergency Demand

#### Response Program (EDRP)

上述兩項計畫主要是支付某一費率給簽約的用戶，使其在電力短缺或其他緊急情況下暫時減少能源的使用。(參加者必須願意能夠減少用電量至少 100kW，時間至少 4 小時)

- ◆ Day-Ahead Demand Reduction Program (DADRP)

本項計畫主要是支付某一費率給簽約的用戶，使其在預期用電尖峰的期間內使用更少的能源。

- ◆ Distribution Load Relief Program (DLRP)

Summer Reservation Payments：本計劃僅適用於每年 5 月 1 日至 10 月 31 日，簽約用戶若於此期間內減少用電量，每月將獲得獎勵金。

#### ➤ After---智慧型輸配電系統

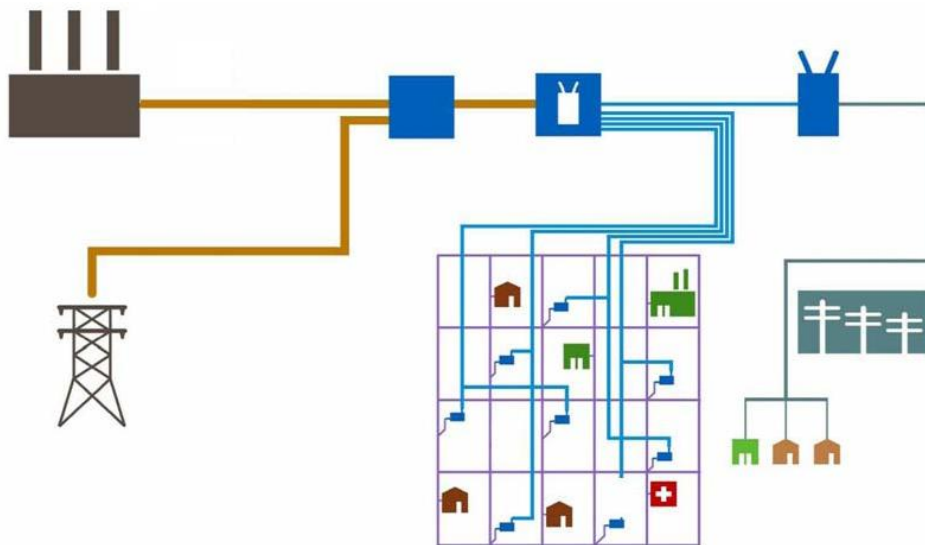


圖 4.10 智慧型輸配電系統圖

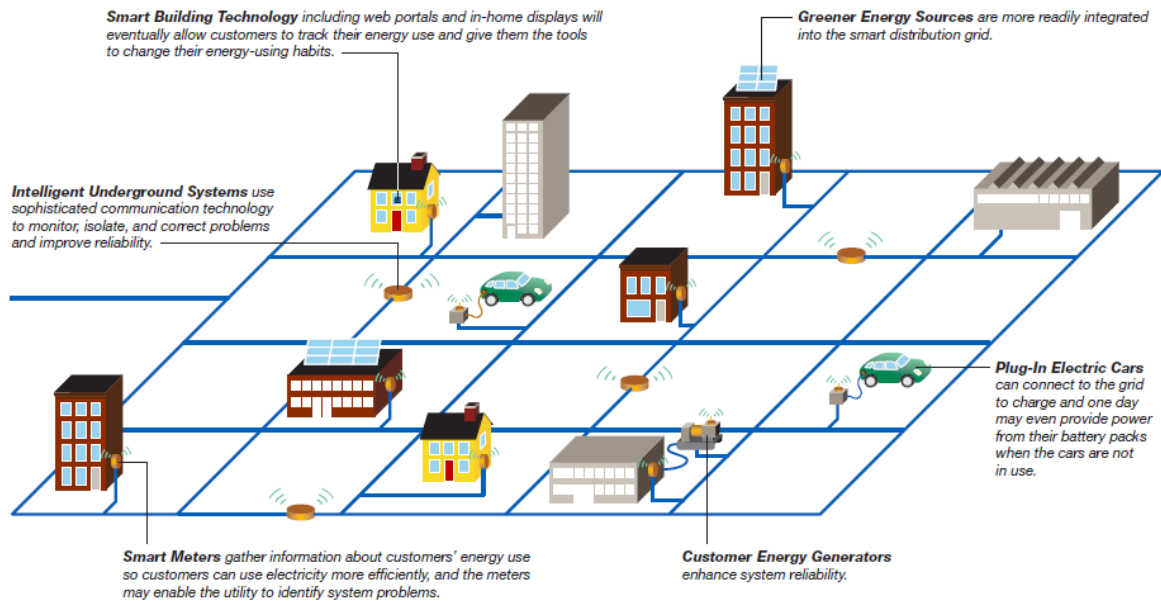


圖 4.11 智慧型輸配電系統圖(微型電網)

■ 計畫成效

- ◆ 需量反應管理於 2004-2008 年共簽署了 200MW 的契約容量，預期 2015 年將增至 500MW。
- ◆ 2009 年約有 250 MW 分散式發電電源併至系統。

4.3.11 既有傳統式電網與智慧型電網特性比較表

特性	傳統式電網	智慧型電網
發電與儲能	Relatively small number of large generating plants, and peak demand generators.	Numerous diverse distributed generators and storage devices deployed to complement the large generating plants. "Plug and Play" convenience, and access to renewable sources.
故障偵測	Respond to prevent further damage. Focus is on protection of assets following system faults.	Automatically detects and responds to actual and emerging transmission and distribution problems. Focus is on prevention, and to minimize consumer impact.

電力品質	Focused mainly on outages rather than power quality issues. Slow response in resolving PQ issues.	Quality of power meets industry standards and consumer needs. PQ issues identified and resolved prior to manifestation. Varying grades of PQ at various pricing levels.
電力市場	Limited wholesale markets are still working to find the best operating models.	Mature wholesale market operation in place; well integrated nationwide with reliable coordinators. Retail markets are flourishing where appropriate. Minimal transmission congestion and constraints.
用戶參與	Consumers are uninformed and non participative with the power system.	Informed, involved and active consumers. Broad penetration of demand-response where consumers have a choice in energy purchases, helping utilities to reduce peak demands.
抗攻擊能力	Vulnerable to malicious acts of terror and natural disasters.	Resilient to attack and natural disasters with rapid restoration capabilities.
資產最佳化	Minimal integration of limited operational data with Asset Management process and technologies. Time base maintenance.	Greatly expanded sensing and measurements of grid conditions. Grid technologies deeply integrated with Asset Managements processes to most effectively manages assets and costs. Condition based maintenance.

表 4.3 傳統式電網與智慧型電網比較表

## 5. 出國期間遭遇之困難及獲得的協助

原本在 97 年 11 月初即收到學校寄來的 email 錄取通知，卻一直到了 12 月都還未收到學校的正式書面通知，心急如焚的我看著 12 月 31 日一天天的逼進，因為公司來文中即規定該年度出國計畫者必需於年末前成行，否則計畫取消。透過留學代辦公司的協助，聯繫到了專責研究生申請資料審查事務的 Jason Chu，我將我的情況告訴他後，他馬上去查詢我的申請案件流程，當天稍晚他即以 email 通知我，原來我申請案件流程卡在欲同行內人及小孩的身份查核上，在補齊所有資料後，他也立即回覆我會以最速件處理我的文書作業，並以快遞寄送通知書。

因為必需要有 I-20(入學通知書)作為錄取依據，簽報至副總經理核准及辦理出國前的借支手續，另外也需要 I-20 才能到美國在台協會申請學生簽證，收到學校快遞寄來的 I-20 已是 12 月 19 日了，一方面為了增取時間親自到台北跑公文流程，另一方面還要到美國在台協會網站上預約簽證面試，簽證面試後拿到簽證是 12 月 24 日，公司的核准文也在 26 日出爐，而去美國的機票就訂在 12 月 28 日，現在回想起來那段時間只能用焦頭爛額來形容，也非常感謝公司各級長官的協助及體恤，才能讓我得以順利成行。

到了人生地不熟的紐約市是個全然陌生的環境，首先遇到的問題就是最基本的住與行，還好行前臨時拜託友人住在紐約的姊姊與姊夫先暫時收留我們，因為我帶著妻小同行，女兒甚至才 7 個月大而已，完全沒見過面的友人非常的熱心，二話不說接待了素未謀面的我們，隨後更是受到他們親切的幫助。

到達紐約是晚間 9 點左右，天氣比想像中還要冷，紐約與台灣的時差有 12 個小時，但是我們沒有時間可以調整時差，因為平時工作煩忙的友人特地請了一天假，到達的隔天開車載著我們四處找出租公寓，感謝一切順利，當天就在離學校 30 分鐘車程(搭地鐵)的一處住宅區找個價格合理的房子，紐約市寸土寸金，總坪數不到 20 坪的小公寓，一個月租金就要 1200 美元，而且不含水、電及瓦斯等其它

費用，算一算每個月平均花在住的部分就要 1400 美元左右，但是居住的問題一定要先解決才能有安定感，所以我們一家 3 口就這麼住進一間空盪盪的公寓，屋內只有一張 full size 的床和兩張椅子，屋外氣溫持續下降，我們自以為帶來了足夠保暖的衣服，其實是不夠的，於是雖然落腳處確定了，但是 3 人卻都感冒了，而且因為沒有買車子，所以想添購一些日用品也成了一大問題，還好友人透過紐約市各個教會間的聯繫，陸陸續續為我們的家搬來了一些親友們準備淘汰，但還是可以用的免費家俱和用品，讓我們的生活漸漸上了軌道。

紐約大學 POLY 理工學院的院區是在布魯克林區，紐約市共有 5 個行政區，一般觀光旅遊常提到的紐約大多是指曼哈頓區，另外 3 個行政區分別是皇后區、布朗氏區及史坦頓島，除了史坦頓島之外，其他 4 個行政區都有地鐵相連通，地鐵線四通八達，一票到底，所以沒有買車的必要，再加上一位難求的停車位及昂貴的停車費，讓有車這件事也成了個負擔，所以我上下學都使用大眾運輸工具，比較為難的是在這兩年間，妻子的身體曾出狀況，當時常常需要去醫院卻沒有車可用，於是只好叫出租車來載送或拜託友人抽空過來，實在很不方便。

紐約市被稱為世界的首都，外來移民非常多，相對的華人也多，這兩年間遇到的各種問題林林總總，有時候有華人在的地方多少能夠幫你，但有些時候華人也會刻意刁難你，還好一路走來都能一一克服，沒想到我們來時匆忙，回台灣時更是曲折，正巧遇上全球反聖嬰氣象的變化，紐約市下了今年第一場大雪。

99 年 12 月 26 日上午，正當我們打包好所有的行李準備搭上晚間返台的班機時，大雪卻開始綿綿密密的下了起來，等到準備要出發到機場時，一出門，才下了一個早上的雪，已經積了十來公分了，心想這個情況下，我們的班機該不會要停飛了吧！馬上撥了個電話到機場查詢班機的起飛情形，華航公司的客服人員仍在電話中打包票說我們的班機一定會準時起飛，於是我們一行人冒著大風雪上路前往機場，一路上險象環生，大雪讓行車能見度非常的低，路上的積雪也使得不

少車輛因打滑而失控，零度以下的低溫迫使開車的友人必需在高速公路上數次停下車來除去積在雨刷上的冰塊，再鏟掉後視鏡與後擋玻璃上的積雪，短短 30 分鐘的車程卻花了 2 個多小時才到達，終於一路平安到機場 check in 後，華航居然在午夜時分才告知我們時間一再推延的班機確定不能起飛了，因為暴風雪導致機場宣佈暫時關閉，於是我們就這樣被困在機場的登機口處，而且一困就是 52 個小時，在機場的地板上度過了 2 個晚上，本該是 26 號的班機硬是拖到 29 號凌晨才起飛，使得我回公司報到的時間也延後了 2 天，這真是個特殊又令人難忘的經歷！

## 6. 建議事項

### 6.1 需量反應管理計畫的引進

除本文內所介紹的計畫外，亦可參考國外各電力公司的作法，提早衡量評估適合國內市場及符合未來發展趨勢的需量反應管理計畫，因為大部分的需量反應管理計畫是透過智慧型電表及相關通訊建設的結合後，才能發揮最大效益，而行政院甫於去年 6 月核定智慧型電表基礎建設推動方案，本公司雖早於 96 年設置智慧型電網專案小組來籌建這個結合通訊網路的電網系統，因時程規劃的緣故，初期僅先針對特高壓及高壓用戶先行實施，預計 102 年可完成佈設。屆時軟體、硬體兼施，對大幅減少國內尖峰用電量及發電成本必定有相當好的效果。

### 6.2 鼓勵/獎勵民間企業投資分散式發電電源系統

台灣目前主要發展的分散式發電電源應屬風力發電系統，因為風能具有綠色能源及再生能源兩大話題，而且美化後的風力發電廠又兼有教育及休閒等功能，所以本公司及民間企業均傾向投資風力發電，但目前風廠大都位於西岸沿海，尤以桃園及雲林一帶居多，離負載中心尚有一段距離，除了需增加輸電線上的投資外，亦需考量電能儲存等問題。分散式發電電源除了多屬小型系統外，最主要的優點就是能就近提供負載所需，進而減少發電需求及提高效率，因此鼓勵/獎勵民間企業投資分散式發電電源系統除了投資業主自身可減少用電成本外，若有多餘的發電容量可以反饋給本公司，本公司也可藉此減緩發電廠及輸電線路投資。

### 6.3 積極培養同仁的外語能力並加強國際交流

兩年的時間除了在專業知識上的獲取之外，出國後的第一個感觸就是自覺語言上的溝通能力尚顯不足，雖說已通過了托福等語言測驗，但是初入美國社會，在實際生活中及課堂上的應用仍有些吃力，幸好透過學校安排的語言課程才得以



縮短語言上的適應時間，因為語言是需要透過長期培養及學習的，是沒辦法一步登天的，所以建議公司內同仁應把握時間多充實自己的外語能力，放眼未來國際化的市場。另外建議公司補助同仁之語言進修費用，以鼓勵同仁學習外語的興趣，並對於通過全民英檢、托益等語言測驗者透過獎金鼓勵及公開表揚的方式，來吸引各多同仁的參與。而針對已經通過相關語言測驗者，公司應建立與國外定期交流的管道，定期派遣上述人員出國實習交流，吸取他人經驗，可大幅減少研究經費及開發時間。

## 參考文獻

1. R. McNerney and Others, "Challenges of Electric Power Industry Restructuring for Fuel Supplies," Energy Info. Admin., Report No.; DOE/EIA-0623, Sept. 1998.
2. U. S. DOE, "Distributed Generation," U.S. Dept. of Energy, Federal Energy Technology Center, FERC, Oct. 1999.
3. J. Douglas, "Power Delivery in the 21<sup>st</sup> Century," EPRI Journal, vol. 24, No. 2, pp.18-25, Summer 1999.
4. K. C. Weston, Energy Conversion, ISBN No. 0-314-93389-1, West Publishing Comp., 1992.
5. D. P. Geschwind and J. M. Flucke, "Distributed Generation Guidebook for Municipal Utilities," Gas Research Institute, Contract No. 5097-990-3829, Report No. GRI-98/0025, January 1998.
6. B. Therkelsen and B. Grant, "Permitting of Wind Energy Facilities, A Handbook," National Wind Coordinating Committee, Contract, Report Aug. 1999.
7. A. W. Culp, Principles of Energy Conversion, ISBN No. 0-07-014892-9, McGraw-Hill Comp., 1979.
8. J. Schaefer, Rectifier Circuits: Theory and Design, John Wiley, 1965.
9. S. J. Chapman, Electric Machinery Fundamentals, 3<sup>rd</sup> ed., ISBN No. 0-07-011950-3, McGraw-Hill, 1999.
10. T. Wildi, "Electrical Machines, Drives, and Power Systems," 6<sup>th</sup> Ed., Prentice Hall, 2006.
11. M. Keogh, "The Smart Grid: Frequently Asked Question for State Commissions" NARUC
12. "A National Assessment of Demand Responses Potential," June 2009
13. NYISO, ISO New England websites
14. U. S. DOE, "The Smart Grid: An Introduction," DOE's Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, 2008.
15. US Department of Energy, Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, "The Smart Grid: An Introduction"
16. J. Wood and B. F. Wollenberg, "Power Generation, Operation and Control," 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley-Interscience, 1996.