再生能源發電系統與配電（市網）系統併聯之衝擊分析

Impact Analysis for Renewable Energy Generation System Paralleled with Distribution Network

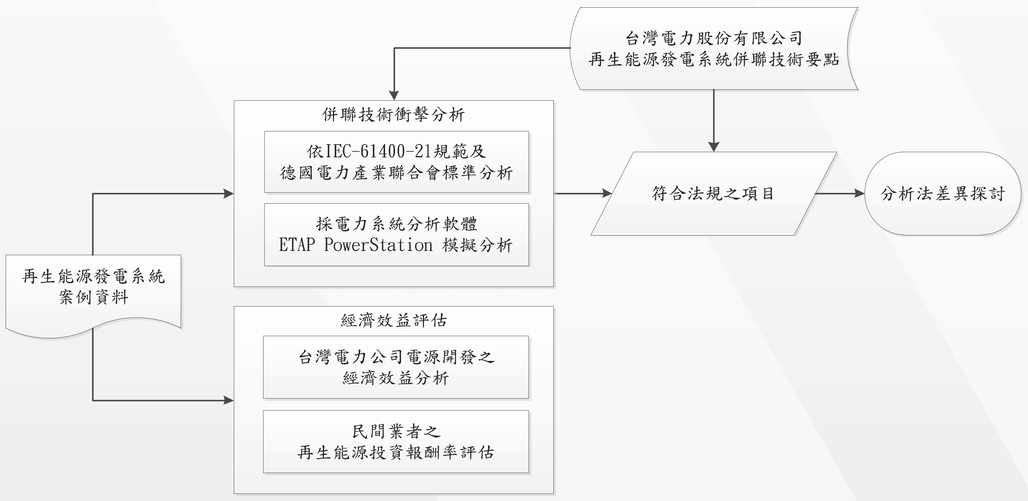
黃景威　國立臺灣科技大學　綠能產業機電工程學士學程
指導教授：吳啟瑞　國立臺灣科技大學　電機工程系

一、緣由與目的

由於大部分的再生能源發電設備其產生之電力對於傳統發電廠而言是較為不穩定的，故系統併聯時應先作分析評估將衝擊降低。本研究蒐集國內外再生能源發電設備併入電力網路之相關標準規範、技術文件及研究報告，並進行再生能源發電系統併入配電饋線之範例分析，探討再生能源發電設備併入配電網路對系統所造成之衝擊影響；檢討項目包含併接點之故障電流、電壓變動、功率因數及諧波管制等，並歸納模擬分析結果逐一檢討是否符合「台灣電力公司再生能源發電系統併聯技術要點」之規定。

二、方法與步驟

再生能源發電系統與配電（市網）系統併聯之衝擊分析構圖如圖一所示，其主要分成兩大部分（一）併聯技術衝擊分析、（二）經濟效益評估。



圖一　研究分析架構流程圖

A-1. 再生能源發電系統併聯技術要點

依據技術要點規定，台電審查再生能源併聯配電系統須附檢討報告項目如下：

- 故障電流
- 低電壓運轉能力
- 諧波管制
- 電壓變動率
- 發電機電壓運轉
- 電力潮流
- 暫態穩定度
- 功率因數
- 調度與通訊

其中故障電流、電壓變動、功率因數、諧波管制須以計算分析檢討。

A-2. IEC 及 德國電力產業聯合會（VDEW）標準之分析

依據國際上之標準對於設計及併聯衝擊分析，提供下列項目之公式做檢討，其案例分析結果如下表一所示：

- 電網設備容量計算
- 短路故障電流之增加
- 穩態電壓變動
- 加入/切離之電壓變動
- 長期電壓閃爍
- 功率因數
- 諧波

表一　國際標準之分析結果

項目	評估值
1. 電網設備容量計算	
風場十分鐘平均之最大輸出視在功率$S_{A\,max\,10min}$：	4.60 MVA
2. 短路故障電流之增加	
電網於責任分界點之三相短路電流（背景值）：	4.02 kA
風場於責任分界點增加之短路電流I_{SC}：	0.365 kA
風場加入後於責任分界點合計之短路電流$I_{SC\,PCC}$：	4.385 kA
3. 穩態電壓變動率	
風場一分鐘平均之最大輸出視在功率$S_{A\,max\,1min}$：	7.04 MVA
電壓變動率d：（以一分鐘平均最大輸出視在功率5MVA進行計算）	2.043%
4. 風機加入/切離引起之電壓變動率	
單一風機加入/切離引起之電壓變動率d_k：	0.5215%
5. 長期電壓閃爍	
電壓閃爍ΔV_{max}：	0.1825%
6. 諧波	
電流總和諧波失真率I_{THD}：	0.752%
7. 功率因數	
同步發電機在運轉時，可以調整功率因數，因此風場提供至責任分界點之功率因數可保證符合台灣電力公司再生能源發電系統併聯技術要點第七條第（六）款第2項：「併接於高壓系統以下之發電廠，責任分界點運轉原則：不論日間或深夜、例假日、國定假日、春節（除夕至元宵）等期間，得維持在百分之百。」之規定。	

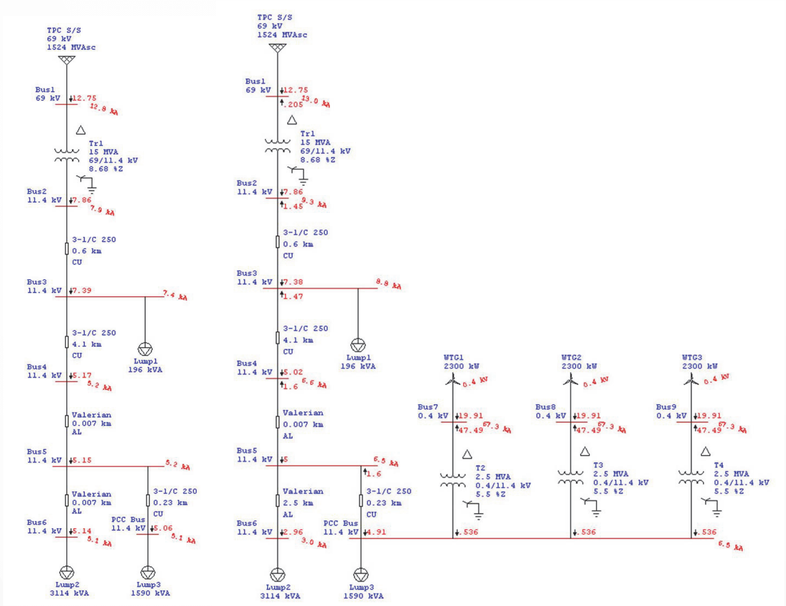
A-3. 電力系統模擬軟體分析

利用 ETAP PowerStation 軟體分析，模擬分析項目包含，其分析結果如圖二、圖三所示：

- 故障電流
- 穩態電壓變動

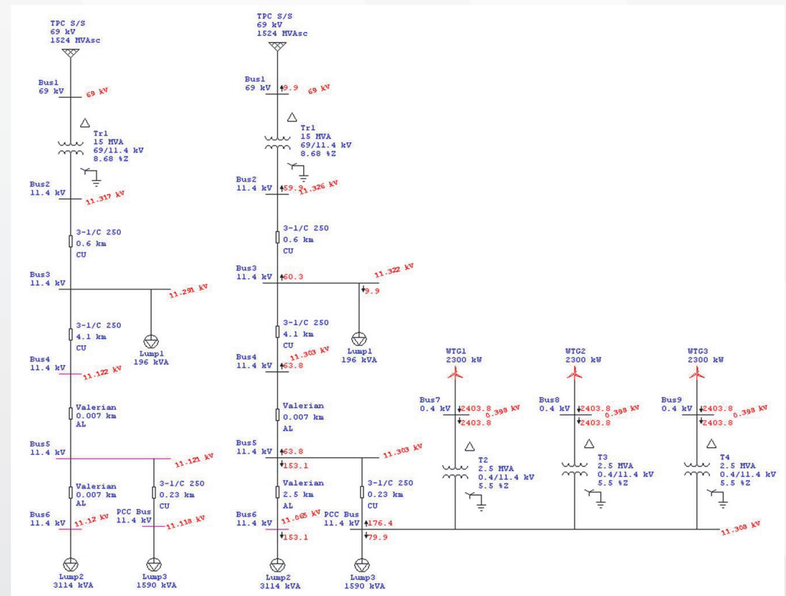
B-1. 台灣電力公司電源開發之經濟效益分析

根據國家能源政策目標：能源安全、環境保護、經濟發展，及台電官方網頁提供的資料（裝置容量、發電量、發電成本、售電成本及平均售電單價）做交叉分析，探討國家永續能源發展中再生能源發電的優勢及缺點。



（a）併聯前　　（b）併聯後

圖三　軟體模擬故障電流



（a）併聯前　　（b）併聯後

圖四　軟體模擬尖峰負載時穩態電壓變動

B-2. 民間業者之再生能源投資報酬率評估

可利用下列公式計算投資再生能源發電系統之發電成本：

$$CoE = \frac{C(R+M)}{E}$$

CoE：發電成本　　C：初始投資成本　　E：年發電量

R：年資金成本率　　M：年維運成本佔投資成本百分率

再根據再生能源發電成本、台電電價及及再生能源電能躉購費率，分別探討發電成本與躉購或各尖、離峰時段電費之益本比，並做投資回收年限分析。

三、結果與討論

- 案例資料及技術衝擊分析探討
  - 3 台同步電動機之風力機組，單機容量 2,300kW
  - 併聯於台電配電系統 11.4kV系統
  - 實驗分別採國際標準公式計算及軟體模擬之分析，結果均符合併聯技術要點規定
  - 兩者分析方法之數值差異檢討

    故障電流分析 – 國際標準建議直接採用風機測試報告，若無測試報告時，則以風機 6～8倍額定電流計算，此部份與軟體模擬一致。

    穩態電壓變動 – 模擬結果略小於國際標準公式計算，推估原因為公式中未考量升壓變壓變器之阻抗。
- 經濟效益評估
  - 依據國家永續能源政策，未來因採低碳、穩定且經濟的發電方式發展，並加強再生能源產業的推動。
  - 在政府政策補助推動下，本案例民間業者投資風力發電系統，發電成本約2.285元/度，回收年限在14～16年，而銀行貸款多寡及利率高低影響甚大。