

# 微型電網架構及其電能管理系統之探討

## Discussion of the Architecture of MicroGrids and their Energy Management Systems

黃維澤<sup>1</sup>、王錫文<sup>2</sup>、巫俊慶<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立彰化師範大學 工業教育與技術學系 E-mail: vichuang@cc.ncue.edu.tw

<sup>2</sup>建國科技大學 電機工程系

### 摘要

電能管理為微型電網的運轉與控制核心，負責整合管理各種分散型電源、儲能設備以及可控制負載之間的互動關係。因此，針對不同的微型電網架構、併網與孤島二種運轉模式、分散型資源與負載類別之組合，規劃、設計適切的電能管理功能以及智慧型之控制策略為首要之務，如此才能在滿足電能供需平衡的條件下，達成微型電網最佳運轉的目標。是故，本文針對微型電網系統架構及其電能管理系統詳加探討，以期釐清不同系統架構所需之功能。本文之完成有助於未來電力公司及相關產業開發微型電網之電能管理系統，而且不僅對於我國發展區域獨立穩定電網有正面之助益，亦可以達到改善能源效率、提高電力品質、降低二氧化碳排放量以及減少環境衝擊等目的。

**關鍵字：**微型電網、分散型資源、控制策略、電能管理、負載管理。

### Abstract

The energy management system that dominates integrations and interactions of multiple distributed generators, storage devices and controllable loads is the operation and control center for microgrids. Therefore, for combinations of different configurations of microgrids, grid-tied and islanded operation modes, distributed energy resources (DERs) and load types, designing suitable functions and intelligent control strategies for energy management system is essential; thus, microgrids will be operated under optimal conditions and satisfy electrical energy balance constraints. Consequently, the main purpose of this paper is to discuss the architecture of microgrids and their energy management systems. This study analyzes the essential functions and characteristics of energy management system. Results of this paper will greatly facilitate to utilities and related industries when developing future energy management system in Taiwan. Furthermore, the study outcomes will pave the way for the development of autonomous grids, and support improvements to energy efficiency and power quality, decrease the amount of CO<sub>2</sub> generated by power plants and minimize adverse environmental effects.

**Key Words:** Microgrid, Distributed Energy Resources, Control Strategy, Electrical Energy

### Management, Load Management.

### 1 前言

自工業革命以後，石化燃料(Fossil Fuel)大量地被使用轉化為其他形式之次級能源(Secondary Energy)，大量的依賴化石能源已經威脅到地球永續發展並造成嚴重的環境衝擊與影響。綜觀相關文獻得知，大氣層中二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的含量倍增是加劇地球「溫室效應」(Greenhouse Effect)而導致加速「全球暖化」(Global Warming)的主要因素。為了免於全球持續熱化，1996年聯合國「政府間氣候變遷研究小組」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)認為若要在廿一世紀末將二氧化碳濃度穩定在工業革命前的兩倍(550 ppm)，則目前全球排放量必須削減一半；然而，國際能源總署(IEA)之評估分析卻指出，全球與能源相關的二氧化碳排放量自2003年到2030年，每年將以1.7%速度成長，其中經由發電過程所產生之二氧化碳接近佔總排放成長量的50%，如果不能有效管制，估計至2100年大氣中二氧化碳濃度將上升到540-970ppm[1]。由此可知，當務之急為有效地管制二氧化碳排放量，因而剛落幕的坎昆氣候變遷會議(Cancun Climate Change Conference)，即明確要求全球二氧化碳排放量到2020年時，需降至1990年之20%-40%、控制增溫在2°C以下。經由發電過程之碳排放量居高不下，主要肇因於傳統大型集中式的火力機組(Thermal Unit)，尤其是燃煤的火力發電廠，因此，若能逐年減少火力發電廠之數量，並提高再生能源(Renewable Energy)發電機組的佔比，將有助於減少國人使用電力能源之碳足跡(Carbon Footprint)，提升國家整體形象；此外，由於再生能源發電機組的容量約在數個MW或kW等級之間，因此普遍併入一次及二次配電系統(Primary and Secondary Distribution Systems)就近供電給負載，可以降低傳統發電、輸電與配電垂直架構之電力系統輸送電力過程造成之損耗，提高系統整體運轉效率，同時還可以減緩輸電系統的擴充與大型發電機組的增設。總之，傳統大型集中式的電廠規劃以現今處處講求高效能以及節能的觀點視之，不甚理想；相對地，改用再生能源發電機組以分散式資源(Distributed Energy Resources)型態就近供應負載需求所形成之可獨立運轉之區域電網的規劃理念已逐漸成為一股潮流，此即微型電網(Microgrids)的概念[2-5]。微型電網相關研究刻正如火如荼的展開，顯見

微型電網未來在電力系統的規劃、設計、運轉、控制及管理中的重要性，此亦為本文探討微型電網架構及其電能管理系統之目的。

## 2 低壓微型電網系統架構

本文所稱之低壓微型電網泛指系統標稱電壓(Nominal Voltage)低於 600 V 之二次配電系統(Secondary Distribution System)等級由多種分散式資源及負載所形成之可併網與獨立運轉之電力系統。

歐盟微型電網計畫“ENK5-CT-2002-00610”設計之交流低壓 400 V 微型電網[36]，如圖 1 所示，該系統由一台 400 kVA、20 kV/0.4 kV、50 Hz 的配電變壓器及其下游三條低壓線路，以及包括太陽光電池(Photovoltaic Cells)、風力發電機(Wind Power Generator)、微渦輪機(Micro Turbines)、燃料電池(Fuel Cell)與蓄電池(Battery)等分散型資源(DERs)所組成，其額定容量等相關資料如圖中所述。另外，負載類別有住宅類負載(Residential Load)、工業類負載(Industrial Load)與商業類負載(Commercial Load)，住宅類的負載係由單一住宅(Single Residential)、群組住宅(Group of 4 Residential)以及公寓(Apartment Building)等單相及三相負載所組成，而工業類由工廠(Workshop)的三相負載所組成；另外，商業類則亦由單相及三相負載所組成。

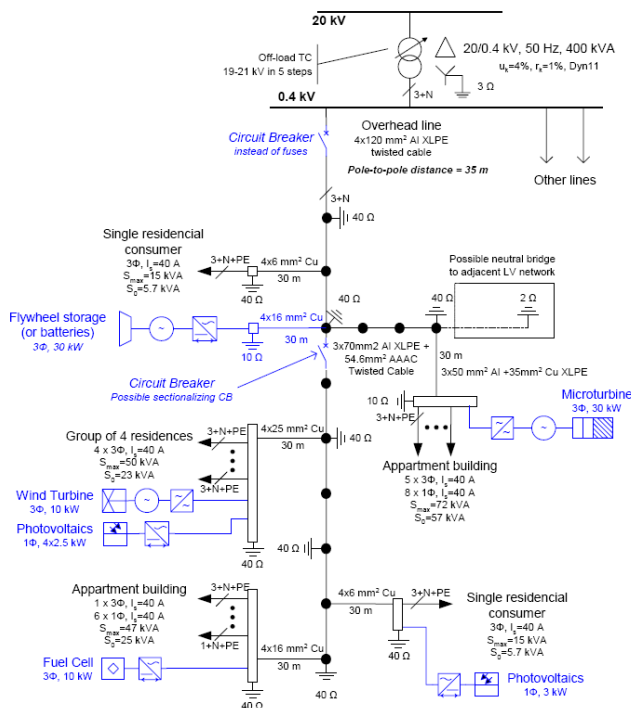


圖.1 低壓微型電網系統架構

## 3 高壓微型電網系統架構

本文所指之高壓微型電網為整合多種分散式資源及其負載於 22.8 kV 或 11.4 kV 電壓等級之一次配電系統(Primary Distribution System)所形成之可併網與獨立自主運轉之區域微型電力系統。參考台電 11.4 kV 一次

配電系統規設數條一次饋線型高壓微型電網，如圖 2 所示，該系統係由一台 25MVA、69 kV/11.4 kV、60Hz 的主變壓器及其所屬五條一次配電饋線所組成，其中 F#1 及 F#2 饋線可分別視為二個單一饋線所構成之高壓微型電網，或者將二條饋線視為一個高壓微型電網；其餘三條饋線，亦即 F#3~F#5 則為一般不含分散式資源之饋線，以等效集總負載(Lumped Load)表示之。其組成特性分述如下：

### A. F#1 饋線所構成之高壓微型電網：

該饋線係由二台氣渦輪機(Gas Turbine)發電機、二台燃料電池(Fuel Cell)發電系統、一座太陽能光電池(Photovoltaic Cell)發電系統，以及包括住宅、辦公室與商業等三種類型之等效集總負載(Equivalent Lumped Load)所組成。

### B. F#2 饋線所構成之高壓微型電網：

F#2 饋線則由二台柴油引擎(Diesel Engine)發電機、一台風力發電機(Wind Power Generator)與包括住宅與工業二類型之等效集總負載所組成。

### C. F#1&F#2 饋線所構成之高壓微型電網：

整合 F#1、F#2 二條饋線形成一高壓微型電網可更為靈活運轉、調度應用，是故，位於變電所主變壓器二次側匯流排亦規劃分段匯流排架構將二條饋線以一靜態開關(Static Switch)與其餘三條饋線做適當分隔。

上述各微型電網均於變電所出口處之饋線前端均設置靜態開關，以利進行併網運轉與獨立自主運轉的操作，同時亦為其責任分界點(Point of Common Coupling, PCC)。

