

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：研究)

分散型電力含替代能源和再生能源對配電系統
之影響及運用

服務機關：台灣電力公司

出國人職稱：九等電機工程師

姓名：曹南軒(148698)

出國地區：美國

出國期間：91.12.25~92.3.24

報告日期：92.5.28

出國計畫：91年度專題研究計畫第 91-001-1 號

92/CO9>00>71

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

分散型電力含替代能源和再生能源對配電系統之影響及運用。

頁數 97 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)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

曹南軒/台灣電力公司/業務處/九等電機工程師/(02)23666684

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：91.12.25~92.3.24

出國地區：美國

報告日期：92.5.28

分類號/目：

關鍵詞：分散型電力 (Distributed Generation)、太陽能發電

(Photovoltaic)、燃料電池 (Fuel Cells)、風力發電 (Wind

Power)、汽電共生系統 (Cogeneration or Combined Heat and

Power CHP)。

內容摘要：

1. 分散型電力 (Distributed Generation) 是指設置於用電負載端、小型 (約 25 MW 以下) 且模組化的發電技術，可安裝於住宅、大樓、校區、工廠、或某群集負載之饋線處，其使用之能源為再生或非再生能源，如小型水力機組 (Small Hydro-power)、燃料電

池發電 (Fuel Cells)、風力發電 (Wind Power)、太陽能發電系統 (Photovoltaic)、生質能發電 (Bio-energy)、柴油發電機 (Diesel-engine)、微型燃氣渦輪機 (Micro-turbine)、汽電共生系統 (Cogeneration or Combined Heat and Power CHP) 等。

2. 分散型電力發展過程：分散型電力並非新的科技，在十九世紀末電力事業剛開始發展初期，大部份工業發電是分散型的自備發電設備 (Self-Generation)，這些發電設備一部份是獨立運轉，另一部份與區域性之電力網路連接，二十世紀初期逐漸被集中型大規模電廠替代。1960 年代由於環保意識抬頭，使用再生能源之分散型電力開始發展。1980 年代由於世界性能源危機，汽電共生開始發展。1990 年代由於電力自由化趨勢及科技之增進，其他分散型電力也開始重入市場。

3. 分散型電力與既有電力公司電源不同之處：既有的電力公司綜合電源與電網有幾個特性：a. 電流是單向的由發電廠經輸配電線路到用戶。b. 操作電廠與輸配電線路是電力公司專任工作。c. 絕大部份電廠是持續性 (Continuous) 與固定頻率 (Stable Frequency)。因此絕大部份的既有配電系統是極為簡單、安全、可靠及有經濟效率的輻射型 (Radial) 系統。反過來說分散型電力有幾個相反的特性：a. 電流可以逆送至配電線路。b. 電廠操作可由用戶或第三者負責。c. 再生能源發電是間斷性 (Intermittent) 與變動頻

率 (Variable Frequency)。

4. 分散型電力之優點：
 - a. 對於供電可靠度較低之地區，可提供用戶本身較可靠之供電可靠度。
 - b. 由於分散型電力產品之多元化，因此用戶可針對自己之需求，選擇適合自己狀況、成本的設備。
 - c. 對於電力品質要求高之用戶，分散型電力產品，可提供用戶本身高可靠度及高品質之供電。
 - d. 減少尖峰需量之需求與減少市場購電成本。
 - e. 提供偏僻地區之供電如：油井等。
 - f. 可藉由汽電共生之技術提高分散型電力效率，並利用其產生之餘熱，應用於加熱、冷卻及除濕等用途。
 - g. 配合環保政策：分散型電力設備可減少污染排放例如：風力發電、太陽能發電等。
 - h. 可以延緩輸配電線路之擴增。
5. 分散型電力加入電力系統可能帶來之影響：
 - a. 電壓控制問題。
 - b. 諧波問題。
 - c. 電壓閃爍問題。
 - d. 短路電流衝擊問題。
 - e. 保護電驛誤動作問題。
 - f. 單獨運轉問題。
6. 分散型電力加入系統可能產生之紛爭 (美國經驗)：
 - a. 技術上的紛爭。
 - b. 商業規章上的紛爭。
 - c. 管理上之紛爭。
7. 上傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)。

目 錄

壹、研習過程.....	6
貳、概論.....	8
一、緣由.....	8
二、章節分配.....	8
三、報告內容重點.....	9
參、分散型電力基本定義與發展過程.....	15
一、前言.....	15
二、分散型電力之定義.....	15
三、分散型電力之優點.....	16
四、分散型電力技術.....	17
五、分散型電力投資成本.....	18
六、分散型電力維護及運轉成本.....	19
七、美國聯邦及各州政府對分散型電力之獎勵措施.....	20
肆、分散型電力對電力公司電源與線路之主要影響.....	27
一、前言.....	27
二、分散型電力與電力系統併聯之優缺點.....	28
三、可能出現之工程技術問題.....	29
四、防止發生單獨運轉之對策.....	39

五、分散型電力加入系統可能產生之紛爭（美國經驗）.....	45
六、配電系統未來可能發展之方向.....	49
伍、電力公司應有之重點措施與程序.....	60
一、前言.....	60
二、美國加州太平洋瓦斯及電力公司（PG&E）.....	60
三、德州公共事業委員會（PUCT）.....	77
四、City of Palo Alto.....	86
五、總結.....	88
陸、分散型電力未來發展之趨勢與電力公司長期互動的關係....	90
一、分散型電力發展之推動力.....	90
二、分散型電力未來之發展趨勢.....	91
柒、結論及建議.....	95
一、結論.....	95
二、建議.....	96

壹、研習過程

一、出國期間：91年12月25日～92年3月24日（計90天）

二、研習行程：

（一）91.12.25～91.12.25：往程（台北至美國加州）

（二）91.12.25～92.2.24：美國加州 LOS ALTOS，LCG CONSULTING 公司：研習分散型電力含替代能源和再生能源對配電系統之影響及運用。

（三）92.2.25～92.3.23：美國加州 LOS ALTOS，THE STARS GROUP 公司：參訪電力公司及參觀分散型電力。

（四）92.3.23～92.3.24：返程（加州至台北）

三、參觀活動：

研習期間訪問美國電力公司及機構如下列：

（一）美國太平洋瓦斯及電力公司（PG&E）舊金山配電部門。

（二）美國太平洋瓦斯及電力公司（PG&E）CUPERTINO 配電部門。

（三）Palo Alto 市立電力公司配電部門。

（四）EPRI。

（五）San Jose State University 汽電共生發電及太陽能發電。

（六）Stanford University 汽電共生發電及太陽能發電。

（七）Nexant 顧問公司。

（八）Power Engineering Society 技術會議。

（九）Palo Alto Hardware 太陽能發電。

（十）Las Vegas 配電器材展。

四、研習公司簡介：

1. LCG CONSULTING 公司為一顧問公司，藉由該公司所研發之 UPLANE 軟體為客戶評估發電廠建廠之可行性、投資報酬可於多久內回收、預估未來電價作為發電廠未來是否增設機組參考、電力代輸費用之計算等，其所服務之客戶大部分為電力

公司及預備投資電力事業之公司，台電也是其客戶之一。

2. The STARS GROUP 是由史丹福研究院 (SRI) 分出之獨立諮詢顧問公司，它是由八位原來在 SRI 與 EPRI 的資深顧問合組的。其諮詢主要項目為電力事業策略規劃與科技投資組合之釐定，自 2000 年成立以來，已為日本三大電力公司、韓電、台電、中國國家電力公司、三菱電機公司與三菱綜合研究所及日本中央電力研究所作多項策略與技術研究工作，在分散型電力更曾為三菱電機公司與加州公用事業管制委員會作詳細之分析。

貳、概論 (OVERVIEW)

一、緣由：

近年來分散型電力 (Distributed Generation) 在歐美各先進國家逐步推廣運用。政府及台電亦跟隨著世界潮流的趨勢，開始建立鼓勵政策。由於此種電源對目前既有之綜合性電源與電力網路 (Integrated Power Plants and Network) 之運作將有相當重大的影響，因此電力公司在與分散型電力併聯時，必需要有仔細及謹慎的防範措施，以求一方面預防不良之併聯影響，另一方面得到分散型電力之助益達成雙贏的局面。這篇報告彙集理論分析文獻與美國電力業者實際經驗，有系統的整理出電力公司應有之重點措施與方針，以作為台電未來審核與協調分散型電力計劃之參考。

二、章節分配：

本報告內容分為四大部份：

(一)、描述分散型電力基本定義與發展過程。

(二)、分析分散型電力對電力公司綜合性電源與電力網路之主要影響。

(三)、研討電力公司應有之重點措施與基本程序。

(四)、預測分散型電力未來發展之趨勢與電力公司長期互動的關係。

三、報告內容重點：

1. 分散型電力的基本定義

分散型電力是指連接在配電系統上，25MW 以下設於用戶附近之中小型發電機組，如小型水力機組 (Small Hydro-power)、燃料電池發電 (Fuel Cells)、風力發電 (Wind Power)、太陽能發電系統 (Photovoltaic)、生質能發電 (Bio-energy)、柴油發電機 (Diesel-engine)、微型燃氣渦輪機 (Micro-turbine)、汽電共生系統 (Cogeneration or Combined Heat and Power CHP) 等。分散型電力又可依其特性分為幾大類：

- a. 操作組織：電力公司擁有與非電力公司擁有（包括用戶或第三者）。
- b. 運轉方式：逆送電型與非逆送電型。
- c. 能源種類：再生能源（風力、水力或太陽能等）與非再生能源（石油、天然氣等）。
- d. 能源產出：汽電共生與發電專用。
- e. 能源容量：中小型與微小型。

2. 分散型電力發展過程

分散型電力並非新的科技，在十九世紀末電力事業剛開始發展初期，大部份工業發電是分散型的自備發電設備 (Self-Generation)，這些發電設備一部份是獨立運轉，另一部

份與區域性之電力網路連接。二十世紀初期，電力事業開始被有地區性壟斷權的電力公司逐漸控制，他們建立所謂「集中式」(Centralized)的發電與輸電系統，將電力可靠而有效率的輸送至工業、商業與民間用戶。這種「集中式」(Centralized)的發電與輸電系統有三大優勢【1】：

- a. 發電機組具有規模經濟 (Economic of Scale)。
- b. 用戶連網的負載因素 (Load Factor) 增進。
- c. 電網系統的高壓使負載損失 (Load Loss) 減少。

在此優勢下，自備發電設備就無法與「集中式」發電業者競爭，因此在 1960 年代自備發電設備在已開發國家如歐洲、美國、日本及台灣逐漸被淘汰而幾乎消失蹤跡【2】。

1960 年代末期環保意識逐漸強盛，因此各國政府開始推動再生能源發展，包括小型分散型風能與太陽能發電。1973 年與 1979 年兩次全球性石油危機，更促使許多國家鼓勵汽電共生來提高能源效率。

1990 年代全球電力事業開始走向自由化，發電廠與輸配電電網變成分開經營，特別是發電廠開始自由競爭而失去保障投資回報。在這情況下，小型分散型電力在有政府輔助與低投資風險雙重利多下，佔有很大的優勢與發展前途，再加上科技進步使得分散型電力可與集中型電源直接積極競爭。

3. 分散型電力對電力公司綜合電源與電網之主要影響

既有的電力公司綜合電源與電網有幾個特性：

- a. 電流是單向的由發電廠經輸配電線路到用戶。
- b. 操作電廠與輸配電線路是電力公司專任工作。
- c. 絕大部份電廠是持續性 (Continuous) 與固定頻率 (Stable Frequency)。

因此絕大部份的既有配電系統是極為簡單、安全、可靠及有經濟效率的輻射型 (Radial) 系統。

反過來說分散型電力有幾個相反的特性：

- a. 電流可以逆送至配電線路。
- b. 電廠操作可由用戶或第三者負責。
- c. 再生能源發電是間斷性 (Intermittent) 與變動頻率 (Variable Frequency)。

在這些特性下，分散型電力對既有電力公司有數方面的衝擊與影響：

- a. 如果電力公司不直接操作分散型電力，在協調上增加許多複雜性，尤其一般小型分散型電力沒有健全的通訊系統，很難達成有效的運轉協調。
- b. 如果分散型電力可以逆送電力至配電系統，則在配電系統安全上有相當大的影響，而因此要增加許多新的防範措施。

- c. 多半分散型式電源都需要電力公司之電源作後援，如何安全支持及達成雙方共識來分攤費用也是一個複雜的問題。
- d. 除了系統操作與技術上的複雜性，分散型電力亦同時增加財務、法律及經濟利益上，種種複雜性與衝突性。

為了防範這些可能因分散型電力而產生之種種複雜問題，電力公司必需仔細、謹慎訂定一套合理與完整的操作程序。

4. 電力公司應有之重點措施與基本程序

電力公司應有之重點措施是：

- a. 安全可靠：電力公司需要一方面防範任何新的安全問題，另一方面也要維護整個系統的可靠度。
- b. 公平合理：電力公司需要一方面配合國家政策鼓勵分散型電力發展，另一方面也要分散型電力負責它們特有的費用與裝置，及因為它們而產生的額外裝置與對電力系統之影響。
- c. 紛爭處理：由於運作之複雜與利益之衝突，電力公司與分散型電力業者之紛爭在所難免，因此必須要有，有效力的負責機構與完善的調解方法。

因此電力公司的基本程序可按五種不同的分散型電力來分別訂定：

- a. 電力公司自備設於二次變電所 (Substation) 的分散型電力：這些分散型電力由電力公司操作，因此要求可以簡化。

- b. 極小型的民間分散型電力：這些分散型電力影響較小，一般都祇有簡單規定。
- c. 非電力公司操作但不可逆送之分散型電力：這些分散型電力由於不可逆送電，安全防範上比較簡單。
- d. 非電力公司操作，可逆送電流，但是使用非再生能源（石油、天然氣等）發電之分散型電力，這些分散型電力雖較複雜但因是使用非再生能源，故比較容易控制其供電品質。
- e. 非電力公司操作，可逆送電流，但是使用再生能源（風力、太陽能等）發電之分散型電力，這些分散型電力由於供電品質比較不穩定，故需要特別注重其電力品質。

美國對分散型電力的標準規章大致依照以上原則，而加州的RULE-21 是一特別完整而且實用的例子，可提供給台電未來制定標準與規章之參考。

5. 分散型電力未來趨勢

分散型電力主要優勢在：

- a. 可以標準化來降低成本。
- b. 可以利用汽電共生來增進效率。
 - a. 投資量小，配合需求。
 - b. 可以增加用戶本身供電品質與可靠度。
- c. 可以配合政府使用再生能源政策。

但他們的經濟價值大部份仍在等待突破階段，這主要原因為：

- a. 缺少經濟規模。
- b. 併聯之複雜性增加成本。

美國估計在未來二十年中，分散型電力佔比會由目前的 2%【3】增加到預測中的 10%【4】，但不可能會成為主要的電源。可是另一方面，The STARS GROUP【5】估計在 2000-2010 年期間，全球分散型電力成長可由 2000 年的 5600MW 增加到 8300MW，數量上仍是很大，因此電力公司仍必須及早規劃來配合它們未來的發展。

參考文獻

1. Yu. Oliver “ Technical and Economic Determinants of Power System Development ” IEEE Transactions of Power System and Apparatus, July 1977。
2. International Energy Agency, Electricity Annual 1965。
3. US EIA, Electric Power Annual, 2002。
4. US EIA, Energy Outlook, 2002。
5. The STARS GROUP, “ A Global Look at a Key Component of Decentralization ” Presentation to California Public Utilities Commission, April 2001。

參、分散型電力基本定義與發展過程

一、前言：

過去近百年來電力之產生及供應一向是由電力公司所控制（公營或私營），它們不但擁有自己的發電廠與輸配電線路，而且這些設備也都是由它們維護、操作及運轉。但是自從 1970 年代起，美國與其他國家開始鼓勵非電力公司建立個別獨立性發電廠（這項政策改變了發電事業的生態），並且允許這些電廠利用電力公司的輸配電線路輸送電力。1992 年美國國會通過 Energy Policy Act 法案，更產生了衝擊性之改變，此法案允許所有的發電業者，使用州際的輸電線路輸電至用戶，來促成電業自由化與電力市場之競爭。在此情況下，小型分散型電力在有政府輔助與低投資風險雙重利多下，開始顯示發展前途。

二、分散型電力之定義：

何謂分散型電力（Distributed Generation）呢？根據電力界一般看法，是指設置於用電負載端、小型（約 25 MW 以下）且模組化的發電技術，可安裝於住宅、大樓、校區、工廠、或某群集負載之饋線處，其使用之能源為再生或非再生能源，如小型水力機組（Small Hydro-power）、燃料電池發電（Fuel Cells）、風力發電（Wind Power）、太陽能發電系統（Photovoltaic）、生質能發電（Bio-energy）、柴油發電機（Diesel-engine）、微型燃氣渦輪機（Micro-turbine）、汽電

共生系統 (Cogeneration or Combined Heat and Power CHP) 等，因此其具有高度之環境親和性，且其座落於臨近負載處，與傳統式發電系統比較，可減少輸電與變電設備之投資，降低長程輸變電之損失與風險，其「在地」(local) 發電的特性，可以有效提高電力供應(對用戶本身)之可靠度，減少電力供應不穩定的機率，且模組化之設計更可降低製造成本、縮短安裝規畫之前置時間，並達到隨插即用(plug and play)的目標。

三、分散型電力之優點：

究竟分散型電力有那些優點呢？我們可歸納如下：

1. 對於供電可靠度較低之地區，可提供用戶本身較可靠之供電可靠度。
2. 由於分散型電力產品之多元化，因此用戶可針對自己需求，選擇適合自己狀況、成本的設備裝設。
3. 對於電力品質要求高用戶，分散型電力產品可提高用戶本身高可靠度及高品質之供電。
4. 減少尖峰需量之需求進而減少市場購電成本。
5. 提供偏僻地區之供電如：油井等。
6. 可藉由汽電共生技術提高分散型電力效率，並利用其產生之廢熱，應用於加熱、冷卻及除濕等用途。
7. 配合環保政策：分散型電力設備可減少污染排放例如：風力

發電、太陽能發電等。

8. 可以延緩輸配電線路之擴增。

四、分散型電力技術：

根據美國加州能源委員會 (California Energy Commission)

公佈之資料，作者將分散型電力依其電力型態、發電容量、發電效

率及商業化產品歸納如下表：

分散型電力型態 (容量)	發電效率	商業化產品	發展中
Microturbines (25~500KW)	20-30%	✓	✓
Combustion Turbines (500KW~25MW)	20-45%	✓	
Reciprocating Engines (5KW~7MW)	25-45%	✓	
Stirling Engines (<1KW~25KW)	12-20%		✓
Fuel Cells (1KW~10MW)	30-60%	✓	✓
Photovoltaic Systems (<1KW~100KW)	5-15%	✓	✓
Wind System (幾 KW~5MW)	20-40%	✓	
Hybrid System			✓

勾選兩項者表目前已有商業化產品，但也在作進一步之研究及改進。

由於分散型電力技術發展愈來愈多元化及成熟化，各項產品之發電效率更是進步神速。產品單價也隨者技術進步日益下降，因此讓用戶更有意願選用分散型電力產品。但是除了考慮購買設備成本外，日後之運轉及維護成本也是需要考量因素，這也是關係用戶選擇使用何種分散型電力之重要考量項目。以下係作者收集到有關分散型電力投資成本及日後運轉及維護費用相關資料。

五、分散型電力投資成本：

下表為各種分散型電力投資成本：本表所列成本隨著機型之大小、電力輸出、性能、燃料種類等等而有很大之差異。

Capital Costs of Distributed Generation Equipment 單位：美元	
	Capital Cost (\$/KW)
Microturbine	700-1,100
Combustion Turbine	300-1,000
IC Engine	300-800
Stirling Engine	2,000-5,000
Fuel Cell	3,500-10,000
Photovoltaic	4,500-6,000
Wind Turbine	800-3,500

六、分散型電力維護及運轉成本：

下表為各種分散型電力維護及運轉成本：本項成本包括固定及變動成本，固定成本包括人工成本，變動成本為零件等更換成本。

O&M Costs of Distributed Generation Equipment 單位：美元		
	維護週期 (hours of operation)	平均維護成本 (cent/kwh)
Microturbine	5000-8000	0.15-1.6
Combustion Turbine	4000-8000	0.4-0.5
IC Engine	750-1000 : change oil and oil filter 8,000 : rebuild engine head 16,000 : rebuild engineblock	0.7-1.5 (nature gas) 0.5-1.0 (diesel)
Fuel Cell	Yearly : fuel supply system check Yearly : reformer system check 40,000 : replace cell stack	0.5-1.0
Photovoltaic	Biyearly maintenance check	1% of initial investment per year
Wind Turbine	Biyearly maintenance check	1.5-2% of initial investment per year

1. 微型氣渦輪機 (Microturbine)：此為早期之製造成本，隨著技術之進步製造成本會逐年下降。
2. 燃燒渦輪機 (Combustion Turbine)：是一項成熟技術，機組愈大單位成本愈便宜。

3. 往復式引擎 (IC Engine)：也是一項成熟技術，但機組愈大由於製造產品較少，故單位成本比較貴。
4. 使特寧引擎 (Stirling Engine)：如果能大量製造單價可能低於 (\$ 2,000/kw)。
5. 燃料電池 (Fuel Cell)：會隨著使用燃料電池之種類不同有很大差異。
6. 太陽能發電 (Photovoltaic)：是一項成熟科技，會隨著系統之種類及大小成本會有變化。
7. 風力發電 (Wind Turbine)：隨著機組之大小單位成本會有不同。

七、美國聯邦及各州政府對分散型電力之獎勵措施：

1. 聯邦政府獎勵措施：

美國聯邦政府大力鼓吹再生能源發電計劃，因此訂有不同的獎勵措施。而掌管聯邦政府再生能源獎勵措施機關有農業部 (U.S Department of Agriculture)、能源部 (U.S Department of Energy)、住宅及都市發展部 (U.S Department of Housing and Urban Development)、運輸部 (U.S Department of Transportation)、退伍軍人協會 (U.S Department of Veterans Affairs)、環保局 (U.S Environmental Protection Agency)、小型商業管理部門 (U.S Small Business Administration)，它們制定獎勵措施之目的為鼓勵、發展及運用再生能源技術。

在這些獎勵措施中；a. 有一些計劃提供資金作為研究及發展再生能源（例如：生質能發電研究 Biomass Research）。b. 有一些計劃提供資金於政府機關內裝設再生能源發電設備。c. 有一些計劃給家庭用戶或商業機構，於購買再生能源發電設備時提供銀行擔保。此外聯邦政府更通過法案要求公營電力公司，購買再生能源發電所產生之電力。

總結來說美國聯邦政府對使用再生能源發電之獎勵措施可分為三方面，a. 稅率獎勵（扣除額、免稅額、折舊獎勵）：使用太陽能及地熱發電之商業、工業用戶享有 10%免稅額，且對於使用太陽能及地熱之商業用戶也給予加速折舊，最高可達\$24000。b. 生產電力獎勵：對於使用風能、地熱及生質能發電之商業及工業用戶，前 10 年給予每度 1.5 分/kwh 之補助。c. 貸款獎勵：聯邦政府有多項貸款措施，提供用戶購買再生能源發電設備，例如 EPA'S Energy Star Loan and Mortgage Program 等。

下圖為美國聯邦政府的獎勵措施：

TABLE J . SUMMARY OF FEDERAL RENEWABLE ENERGY TAX INCENTIVES FOR RESIDENTS AND BUSINESSES

Incentive Name	Incentive Type	Eligible Sector	Eligible Technologies	Maximum Amount
Alcohol Fuel Credit	Corporate Tax Credit	Commercial, Industrial	Renewable Transportation Fuels	\$ 3.926 to \$ 6.60 per gallon
Solar and Geothermal Business Energy Tax Credit	Corporate Tax Credit	Commercial, Industrial	Solar, Geothermal Electric	10%
Wind and Biomass Renewable Electricity Production Credit (REPC)	Corporate Tax Credit	Commercial, Industrial	Wind, Closed-loop Biomass, Poultry Waste	1.5 cents per kWh credit adjusted annually for inflation
Deductions for Clean-Fuel Vehicles and Refueling Property	Personal Deduction, Corporate Deduction	Residential, Commercial, Industrial	Renewable Fuel Vehicles, Clean-Fuel Refueling Property	\$2,000 for cars; \$5,000 - \$50,000 for trucks or vans; / \$100,000 for refueling property
Solar and Geothermal Modified Accelerated Cost Recovery System (MACRS)	Corporate Depreciation	Commercial, Industrial	Solar, Geothermal Electric	\$24,000

2. 加州州政府及其他州政府之獎勵措施：

目前由於各州財政狀況不同，因此各州的獎勵措施計劃（個人/公司稅、銷售稅、地價稅、設備裝置折扣、補助金、貸款．．等各項獎勵措施）不盡相同，美國加州政府對於分散型電力及運用再生能源發電之獎勵措施，提供了兩個方案：a. 自行發電獎勵措施

（Self-Generation Incentive Program）主要針對小型再生能源發電業者。b. 加州能源委員會公佈之再生能源購買計劃（CEC Renewable Buy-Down Program）：主要照顧到住宅用戶。上述獎勵措施分成三個級別標準，a. 級別一（Level 1）技術為：太陽能發電（Photovoltaic）、燃料電池發電（Fuel Cells用再生能源燃料）、風力發電（Wind turbines）。b. 級別二（Level 2）技術為：燃料電池發電（Fuel Cells用非再生能源燃料）。c. 級別三（Level 3）技術為：微渦輪發電機（Microturbine）、內燃機發電及小型氣渦輪機發電（Internal

combustion engines and small gas turbines)。

以下是加州之獎勵措施：以州政府對設備裝置折扣 (\$/W 補助) 為例：

Self-Generation Incentive Program versus CEC Renewables Buy-Down Program
Comparison Matrix

7/3/2001

System Technology	Self-Generation Incentive Program								CEC Renewables Buy-Down Program ¹			
	Incentive Category	Incentive Offered ²	Maximum % of Project Cost	Minimum System Size	Maximum System Size	Must Meet Waste Heat Requirement ³	Must Meet Reliability Criteria ⁴	Minimum Warranty Required (Years)	Incentive Offered	Maximum % of Project Cost	System Size	Minimum Warranty Required (Years)
1. Photovoltaics (PV)	Level 1	\$4.50/W	50%	30 kW	1 MW	No	No	5	\$4.50/W	50%	No limit	5
2. Wind Turbines		\$4.50/W	50%	30 kW	1 MW	No	No	5	\$4.50/W	50%	10 kW or less	5
3. Fuel Cells:												
a) Renewable Fuel	↓	\$4.50/W	50%	30 kW	1 MW	No	No	5	\$4.50/W	50%	No limit	5
b) Non-Renewable	Level 2	\$2.50/W	40%	None	1 MW	Yes	Yes	5	N/A	N/A	N/A	N/A
4. Microturbines:												
a) Renewable Fuel	Level 3	\$1.00/W	30%	None	1 MW	Yes	No	3	N/A	N/A	N/A	N/A
b) Non-Renewable	↓	\$1.00/W	30%	None	1 MW	Yes	Yes	3	N/A	N/A	N/A	N/A
5. IC Engines and Small Gas Turbines		\$1.00/W	30%	None	1 MW	Yes	Yes	3	N/A	N/A	N/A	N/A
6. Solar Thermal Electric	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	\$4.50/W	50%	No limit	5

¹ CEC program limits payments for any single project to \$2.5 million. Consult CEC website for complete program information.

其他各州州政府獎勵措施：以州政府對設備裝置折扣為例綜和如下

表：

州名	適用範圍	申請資格	補助金額	附註
Delaware	Solar Water Heat, Photovoltaics, Wind, Geothermal Heat Pumps	商業、住宅、工業用戶	35% of cost	有最高金額限制
Illinois	Solar Water Heat, Active Solar Space Heat, Photovoltaics	商業、住宅、工業用戶、非營利事業	50% Solar Thermal 60% PV	有最高金額限制
Maryland	Photovoltaics	住宅	\$1600 500W-999W \$3200 >1Kw	預算已用完

Massachusetts	Photovoltaics	商業、住宅	\$5/W	70%系統成功運轉 30 天後付清, 30%分三年付清.
Minnesota	Photovoltaics	商業、住宅、非營利事業、學校、市政府	\$2000/KW	有最高金額限制
New Jersey	Photovoltaics, Wind, Biomass, Fuel Cells	商業、住宅	\$0.15-5/W	有最高金額限制
New York	Photovoltaics	商業、住宅、非營利事業、學校、市/州政府	\$4-5/W	有最高金額限制
Rhode Island (1)	Photovoltaics, Wind	商業、住宅、工業用戶	\$5/W PV \$1.5/W WIND	有最高金額限制
Rhode Island (2)	Photovoltaics, Landfill Gas, Wind, Biomass, Hydro, Geothermal Electric, Fuel Cells	當地居民	\$125/resid 前 5000 名 \$75/resid 5000 名後 \$250/business 前 1000 名 \$175/resid 1000 名後	
Washington	Photovoltaics	商業、住宅、工業用戶、學校、市政府、公營事業	20% of cost	有最高金額限制
Wisconsin	Solar Water Heat, Active Solar Space Heat, Photovoltaics, Wind, Biomass, Hydro, Geothermal Heat Pumps	商業、住宅、非營利事業、市/州政府	\$2000-\$5000	有最高金額限制

雖然有這許多獎勵的政策與方法，分散型電力與電力公司系統

併聯時仍會有許多影響，而需要另增額外的協助安全與可靠度的裝

置。這些裝置費用常會相當的高昂，而一般是要由分散型電力業者負

擔，這些影響常是分散型電力發展的一大困難，也是本報告重點之一。

參考文獻

1. Distributed Generation Sourcebook 2002 Edition。
2. California Energy Commission “ Distributed Energy Resource Guide ” <http://www.energy.ca.gov>。
3. Valerie Everette “ Database of State Incentives for Renewable Energy : Federal Incentive for Renewable Energy ” 。
4. California’s Renewable Energy Buydown Program <http://www.consumerenergycenter.org>。
5. 聯邦及各州獎勵再生能源措施網站：<http://www.dsireusa.org>。
6. 工業技術研究院能源與資源研究所 羅天賜博士 “分散式電力技術 ” 。
7. 台灣經濟研究院 “ 台灣地區應用分散型電力可行性研究 ” 期中報告。

肆、分散型電力對電力公司電源與線路之主要影響

一、前言：

分散型電力與電力系統網路併聯問題，應該是電力公司最需關切的議題。站在電力公司立場而言，確保線路安全與供電可靠度是其最重要之著眼點，可是站在分散型電力業者立場而言，如何經濟又便捷及成本最低的與電力系統併聯，才是業者最關心的重點。

在美國發表的一些研究報告指出，為了節省成本一般分散型電力業者，皆選擇靠近瓦斯管線及配電線路近的地方（最好兩者皆靠近），因為所有的連接費用（天燃瓦斯管線、用戶連接至電力公司配電線路），皆需分散型電力業者自行負擔。因此造成過分集中於某處，失去了分散型電力幫助電力公司減少尖峰負載之意義。

目前台電正有以高價（\$2.2/kwh）收購再生能源發電之政策，此誘因固然會提高業者加入之意願，但也可能會造成和美國一樣的情形，那就是大家都選擇對自己有利的地方設置分散型電力。結果業者投資之目的都祇是為了賺錢，對改善配電系統沒有太多實際上的貢獻，因此如何取得兩者之間的平衡，是未來制定法規最要考慮的方向。

二、分散型電力與電力系統併聯之優缺點：

1. 併聯之優點：

- 可藉系統電壓來穩定分散型電力本身之電力品質。
- 可使用系統網路之電力作為用戶之備用電力（當用戶選擇以分散型電力為主要電力供應者）。
- 可達到運用分散型電力削減尖峰負載需量之目的。
- 可售出多餘電力以達到最佳之經濟利益。
- 對於電力品質需求較高之用戶，分散型電力產品，可提供高用戶本身可靠度及高品質之供電。

2. 併聯之缺點：

- 併聯需要增加許多併聯保護設備，增加許多費用，根據經驗併聯成本常高達發電設備成本的 20%-30% 以上，尤其以小容量機組更明顯。
- 併聯時有時也會受系統電力潮流之變化影響而跳脫。
- 併聯時所需增加之成本（例如開關容量變更、線路連接至電力公司系統）一般電力公司皆會要求用戶負擔。

因此用戶之分散型電力是否併聯，併聯之複雜度如何？常需要就其實際需要與所需投資設備費用之間作出取捨（在美國電力公司會提出幾種可能性之併聯方案，讓用戶自行取捨對用戶最有利之方案，而不是祇是提出一種對電力公司最有

利的方案，讓用戶無從選擇)。

3. 併聯之複雜度：從併聯的複雜度上來分類，大致可分為下列幾

大類，技術上由最單純到最複雜依次為：

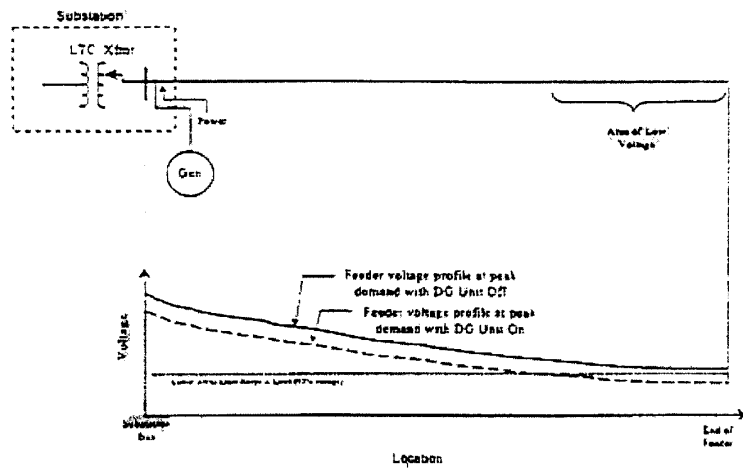
- 孤立型不併聯 (isolated no grid source)。
- 孤立型不併聯但有網路電力作為備用電力 (isolated with automatic transfer)。
- 併聯但沒有電力出售 (grid interconnection but no power export)。
- 併聯而且有電力出售 (grid interconnection with bi-directional flow)。

三、可能出現之工程技術問題：

目前分散型電力尚在發展中，雖然若干廠商宣稱併聯上沒有問題，但是否真如廠商宣稱那樣沒問題呢？理論上由於分散型電源之發電容量較小(25MW 以下)，多併聯於配電系統上，而傳統之配電系統，都是針對集中式電源而設計，因此當分散型電力併聯於配電系統時，將會對配電系統產生一些新的電力品質與電力安全上的衝擊。隨著分散型發電機組種類不同(同步發電機、感應電動機等)其影響各有不同，主要議題包括：

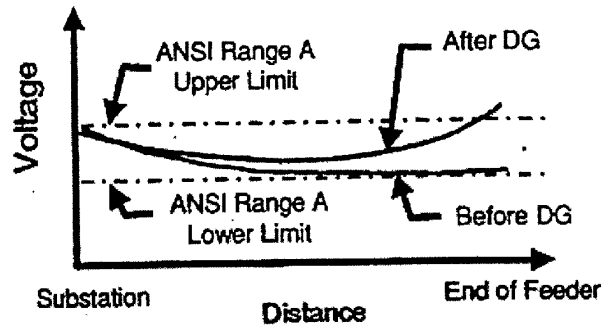
1. 電壓控制：在輻射型配電系統中，由二次變電所送出之饋線距離可能相當長，而饋線本身的阻抗將會造成饋

線末端電壓嚴重壓降，所以必須調高二次變電所出口電壓，使饋線末端的電壓不至於低於容許額定電壓變動值。一般調節用戶電壓之方式通常於二次變電所裝設 LTC 變壓器 (Load-Tap-Changing transformer)、線電壓調整器以及補償電容器的啟動來控制。但不論是 LTC 變壓器或電壓調整器，都是以從二次變電所到負載端的負載電流大小，來估算饋線上的總負載以判斷所需調節電壓之大小，但是分散型電力所提供之電流會影響電壓調整器對於負載量的估算值，進而影響調節電壓的準確值。例如當分散型電力併聯於電壓調整器和 LTC 的下游時，因為分散型電力所提供的電流使電壓調整器低估了整條饋線的負載量，在系統重載時調整器將無法調整至合宜的電壓，而造成下游或饋線末端電壓不足（如下圖）。應盡可能的將分散型電力併聯於二次變電所饋線上游方可避免電壓補償不足的現象。



Example of DG unit interfering with voltage regulation on a distribution feeder. Line drop compensation must be employed at the LTC control to result in the indicated voltage profiles.

但當分散型電力併聯接近於饋線末端時，也有可能造成末端電壓過高。若在輕載時二次變電所的一次側電壓已調整到接近臨界值，又因分散型電力注入電流使端電壓上升，而負載端就有發生過電壓的可能（如下圖）。



DG 有可能造成用戶端過電壓

因此詳細的電壓調整分析一定要執行電力潮流計算，考慮線路阻抗特性、分散型電力機組的電流相角及電壓調整器的設定等因素，再配合分散型電力設置位置及大小。

2. 諧波問題：不同形式的分散型電力所產生之諧波也不盡相同
- 分述如下：同步發電機或感應電動機以 Y-Y 變壓器（接地）連接，幾乎只有產生 3 次諧波。單向式換流器（single-phase line-commutated inverters）：以低階的奇數諧波為主。三相換流器（three-phase line-commutated inverters）：

也是以低階的奇數諧波為主，但其起始諧波為 5 次諧波。現在幾乎所有新型的電源轉換器都是以 IGBT 為轉換元件，以得到更完美的波形。所以現在的電源轉換器所產生的諧波已經很符合 IEEE 519-1992 的標準（如下圖），但擁有主動式防止單獨運轉（anti-islanding）的換流器，因為會利用注入不對稱波形來偵測是否有發生單獨運轉現象，卻會產生高階相的諧波，當電力系統併聯大量的分散型電力時，這種高次階波會造成很大危害，所以在往後的分散型電力併聯計劃，還是必需考慮到分散型電力的諧波影響。

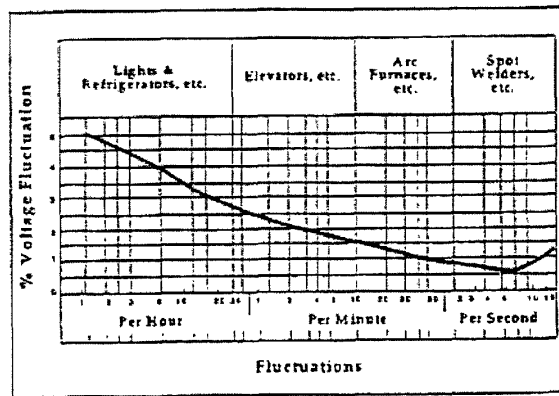
IEEE 519-1992 的諧波規範標準

Harmonic Order	Allowed Level Relative Fundamental (odd harmonic)
< 11 th	4%
< 11 th or < 17 th	2%
< 17 th or < 23 rd	1.5%
< 23 rd or < 35 th	0.6%
35 th or greater	0.3%
Total Harmonic Distortion	5%

參考來源：‘Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems. I. Radial distribution systems’, *Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE, Volume: 3, 2000, Page(s): 1645 -1656*

3. 電壓閃爍：依據 IEEE 電機與電子標準 (IEEE Ste-100) 對電壓閃爍所下定義：「當頻率的變化是介於小幅度頻率 (HZ) 變化時，所產生的光度變化或影像的混淆」。電壓閃爍又可分為：a. 週期性閃爍：週期性電壓變動造成閃爍，指如壓縮機之變動負載的開啟或關閉。b. 非週期性閃爍：指偶發性電壓變動所造成的閃爍，例如電動機啟動瞬間造成短暫的壓降。而電壓閃爍的主要來源是大型負載的變動和不穩定的電源，讓電壓產生不規則的變動，所以分散型電力也有可能成為電力系統的干擾來源。而不同的分散型電力所造成干擾如下：a. 太陽能發電：太陽投射角度的改變會造成太陽能電池的輸出功率的變動，而這種輸出功率變動約 4-10 秒一次。b. 風力發電：風力發電機的輸出功率和風速有 3 次方的關係，所以風速的不規則變動也會造成風力發電機的輸出不穩定。c. 內燃機：若點火失敗將會引起內燃機發電機輸出功率很快的下降，其所造成電壓變動通常會很接近甚至超過絕大部分規範的臨界值，而引起燈源不正常閃爍。而通常點火失敗乃因使用低品質的燃料

或是燃料來源不穩定（例如沼氣），也有可能因為燃燒不完全所引起的。d. 感應發電機：如果感應發電機未具自行啟動容量，當發電機啟動時就像投入一大型的感應電動機，在啟動瞬間的幾個週期內會拉低系統電壓，但若起動頻率在每週9次以下或是電壓突降率在百分之四以下，都在 IEC 的電壓閃爍規範內。雖然太陽能 and 風力發電，都會因外部動能不穩定而造成輸出功率不穩定，但幸運的是其輸出電壓變動都比美國奇異公司規定的電壓閃爍曲線如下圖還平緩。



GE Flicker Curve showing the "borderline of irritation" (see IEEE 519-1992 for further details)

4. 短路電流衝擊：當線路有故障發生時分散型電力會提供額外

的故障電流，而對於原本系統上之過電流保護裝置會造成衝擊。其可能的衝擊包括，因為短路電流增加造成電力熔絲不必要之熔斷，下游的分散型電力的故障電流也有可能造成上游的斷路器 (breaker)、復閉器 (recloser)、分段遮斷器 (sectionalizer) 或保護熔絲不必要遮斷或因斷路器之遮斷容量不足而失靈。有時雖然單一的分散型電力所提供的故障電流並不是很大 (如下圖所示)，但是如果線路上併聯很多的分散型電力其所造成的影響就不能忽略。

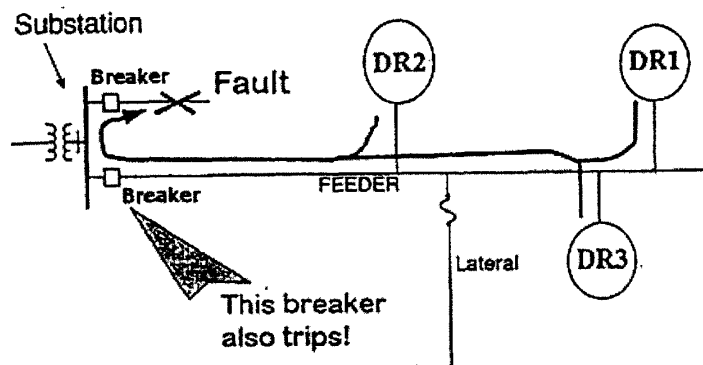
不同形式電源的短路故障電流

Type of Generator	Fault current into shorted bus terminals as percent of rated output current
Inverter	100-400%(duration will depend on controller setting, and current may even be less than 100% for some inverters)
Separately Excited Synchronous Generator	Starting at 500-1000% for the first few cycles and decaying to 200-400%
Induction Generator or Self Excited Synchronous Generator	500-1000% for first few cycles and decaying to a negligible amount within 10 cycles

參考來源：'Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems. I. Radial distribution systems', *Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE, Volume: 3, 2000, Page(s): 1645-1656*

5. 保護電驛的誤動作：當大型的分散型電力鄰近二次變電所

時，會造成二次變電所斷路器的誤動作（如下圖所示）。當接地故障發生於二次變電所的另一饋線時，因為分散型電力所提供的大電流，使相關饋線的斷路器一起跳脫，而使不應該停電的地區突然斷電。

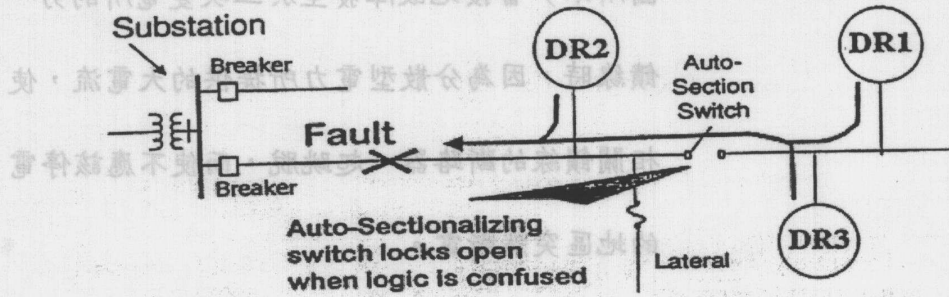


分散型電源造成斷路器的誤跳脫

此時可以考慮加裝方向性過電流電驛(如下圖)或分段開關，當分散型電力提供之電流超過門檻電流即跳脫保護，以減少上游產生誤跳脫的機率，或併聯分散型電力時要先計算其可能提供的短路電流，再將線路上各過電流保護設備的設定值重新設定。

下(吐)升位器由器故備預重變大二流並會，報

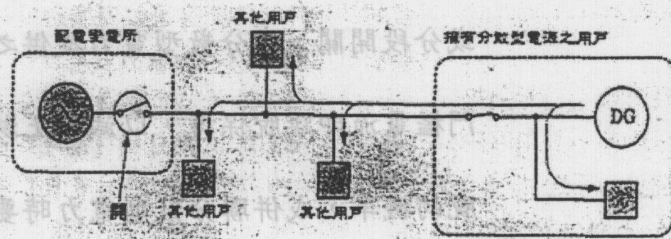
一民由預重變大二流主發朝站此縣當。(示預圖



加裝方向性的過流電驛

6. 單獨運轉問題：所謂單獨運轉如下圖所示，就是當電力系統發生故障，因而停止供電時，併聯於系統上之分散式電力無法即時跳機解聯，而繼續供應電力至系統上謂之單獨運轉，此將對電力系統之品質及安全有下列嚴重之衝擊：

(圖下吐)聯重前重故對向衣製吐氣幸以下報此



此圖顯示了當系統發生故障時，分散式電源用戶可能繼續供電的情況。

。定好詳重對定路由謝好難科

- a. 當機組單獨運轉時因其電壓（可能高達 1.5pu 以上）與頻率之惡化而傷害到電力公司及用戶之設備。
- b. 當系統恢復供電時若和分散型電力不同步時，會造成用戶和電力公司設備損害；在故障排除後電力公司會儘速復電，以繼續供給負載所需的電源，但若復閉時沒考慮到線路另一端是否同步，在復閉的瞬間若兩端有相位差，會產生嚴重的電壓波動而危害到用戶和電力公司的設備，使得電力供應復原時間更長。
- c. 維修人員之安全：傳統配電系統為輻射型，電力潮流為單向性，當故障發生導致斷路器打開，負載端理應沒有電壓。但當分散型電力單獨運轉時，被隔離線路另一端仍繼續供電，如此會造成電力公司維修人員有觸電危險。

四、防止發生單獨運轉之對策：

有鑒於發生單獨運轉時，會對系統發生衝擊性之影響，因此如何避免發生單獨運轉是需要研究之重點。就當時饋線負載與分散式電力發電量大小，可概分為下列三種發生狀況：

- a. 發電量遠大於饋線負載時：電力公司饋線開關已跳脫，若分

散型電力未同時自動切離，此時所構成獨立系統之頻率及電壓會急劇上升。

b. 發電量遠小於饋線負載時：電力公司饋線開關已跳脫，若分散型電力未同時自動切離，此時所構成獨立系統之頻率及電壓會急劇下降。

c. 發電量約等於饋線負載時：電力公司饋線開關已跳脫，若分散型電力未同時自動切離，此時所構成獨立系統之頻率及電壓幾乎不變動保護電驛將不動作。

綜合上述問題，由於單獨運轉會造成危害系統安全、損害用戶及電力公司設備，更有可能引起工安問題，故必須於最短時間內偵測出來並隔離於系統之外，偵測單獨運轉之方式說明如下：

1. 被動檢出裝置：所謂被動方式係指利用電壓及頻率急變情況，偵測系統故障之情形，惟對於無法感測或負載變動大之區域，應留意避免頻繁發生之不必要動作，其檢出方式說明如下：

a. 電壓、相位跳躍檢出方式：檢出由發電機輸出電力與負載間不平衡，引起之電壓、相位急變方式。

b. 三次諧波電壓失真、急增減出方式：採用電流控制型之 inverter 檢出解聯成單獨運轉時，變壓器三次諧波電壓急增之方式，本方式不受發電機輸出電力負載平衡度之影

響，但不適用於無不平衡之三相回路或採用電壓控制型之 inverter 系統。

c. 頻率變化率檢出方式：檢出由發電機輸出電力與負載不平衡，引起之頻率急變方式。

2. 主動檢出裝置：是由附加於 inverter 之控制系統或外部之電阻等，平常給予電壓或頻率之變動量，在解聯成為單獨運轉時，檢出其顯著之變動，其檢出方式說明如下：

a. 頻率偏移方式：於發電設備發出之頻率特性預先施以偏移值，利用於轉換成單獨運轉時出現之發電設備頻率特性，及將依單獨系統負載特性所決定之頻率轉移，而檢測單獨運轉之現象。

b. 有效電力變動方式：發電機輸出電力給與週期性有效電力之變動，解聯為單獨運轉瞬間，檢出電壓、電流或頻率變動之方式。多個同一方式之發電設備併聯於同一系統時，單獨運轉時之發電設備有效電力變動週期、相位應為一致。

c. 無效電力變動方式：發電機輸出電力給與週期性無效電力之變動，解聯為單獨運轉瞬間，檢出電壓、電流或頻率變動方式。多個同一方式之發電設備併聯於同一系統時，單獨運轉時之發電設備無效電力變動週期、相位應為一致。

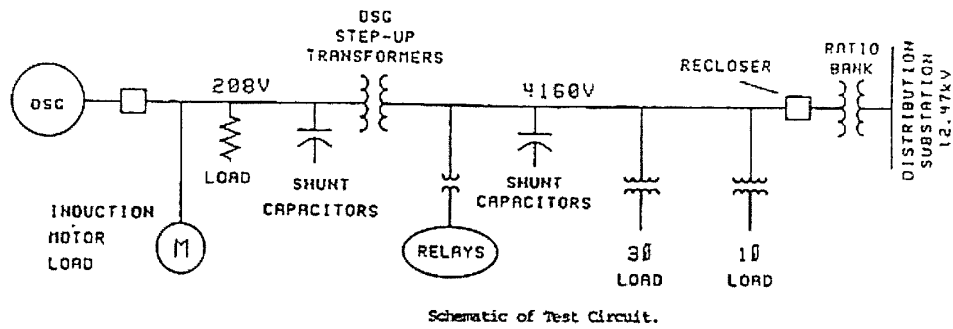
d. 負載變動方式：發電機設備併聯（解聯）瞬間性，且週期

性之阻抗，檢出電壓或電流急變之方式，可單獨設置於換流裝置之外部，多個同一方式之發電設備併聯於同一系統時，需注意其相互干擾。

3. 傳送跳脫方式 (Transfer Trip)：饋線發生停電時二次變電所斷路器在跳脫同時，傳送一信號至分散型電力斷路器將分散型電力隔離於系統外。

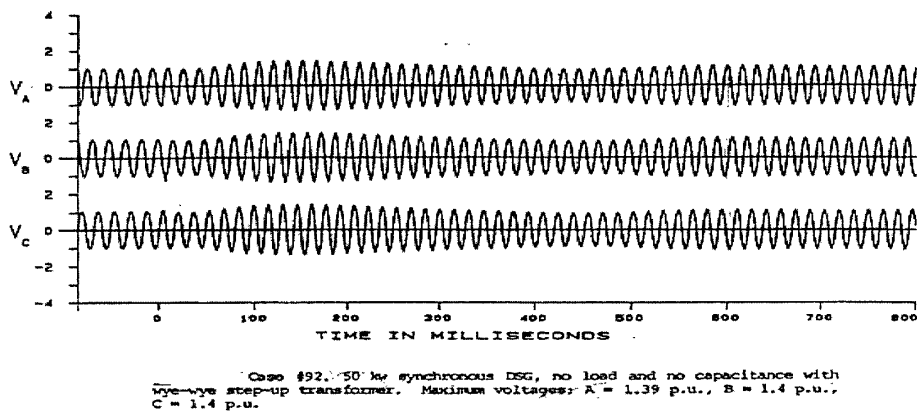
以上係針對發生單獨運轉時，保護電驛需動作之檢出方式，但是保護電驛最適當之動作速度是幾個週期較好？及需要幾個保護電驛才可避免單獨運轉的情形發生呢？

根據 C.L.Wagner, W.E. Feero, W. B. Gish, R. H Jones 等 4 位先生發表之 RELAY PERFORMANCE IN DSG ISLANDS 研究報告，以同步發電機及感應發電機當電源，實際架設線路模擬單獨運轉時【單獨運轉條件：1. 線路必須由分散型電力單獨供電。2. 線路 KW 負載小於 3 倍發電機額定。3. 線路電容量必須大於 25%-500%發電機額定。4. 必須至少有一台變壓器和系統連接】，配電系統可能發生之各種情況，來測試過電壓/低電壓 (OV/UV) 保護電驛、高頻/低頻 (OF/UF) 保護電驛之動作時間【過電壓保護電驛設定值為 1.1PU、低電壓保護電驛設定值為 0.9PU、高頻保護電驛設定值為 60.5HZ、低頻保護電驛設定值為 59.5 HZ】，下圖為實際架設之線路：



經過模擬多種發電機（三相、單相）、負載狀況及變壓器各種接地方式，摘錄以下幾種特殊狀況作為選擇保護電驛之參考：

1. 當電壓變動發生在 600ms 以內時，如 RELAY 動作有延誤 UV 及 OV 則不會跳脫如下圖：



2. 下圖係一真實之高頻 (Overfrequency) 狀況，由於發生共振導致電壓波形被嚴重扭曲，但由於 RELAY 動作有延誤，致使電驛或是需要極長時間才能動作或者根本不動作，此現象可藉由調整電驛動作時間改善。

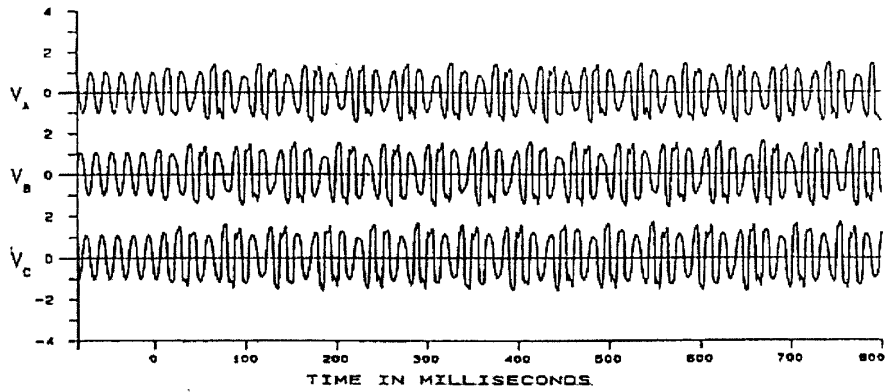


Figure 5. Case #20. 64 kw induction DSG, 12 kw load, 100 kvar capacitance, and wye-wye step-up transformer. Maximum voltages: A = 1.52, B = 1.63 p.u., C = 1.69 p.u.

3. 下圖系顯示在某些狀況下，僅有一相有低電壓狀況，但幸好其他兩相會發生過電壓現象，因此仍可排除故障，但是如果三相僅裝設一具過電壓及低電壓電驛，有可能發生電驛不會動作情形，因此建議每相都要加裝過電壓及低電壓電驛。

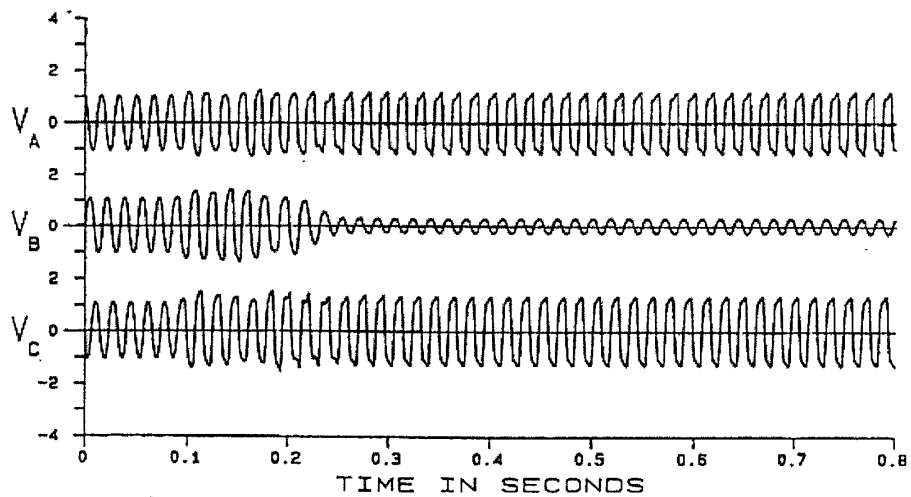


Figure 6. Case #22. 64 kw induction DSG, 12 kw load, 268 kvar capacitance, and wye-wye step-up transformer. Maximum voltages: A = 1.29 p.u., B = 1.43 p.u., C = 1.56 p.u.

綜合上述狀況及模擬結果做出以下之建議，才能達到保護配電系統不致發生單獨運轉現象：

1. 三相中至少每相要加裝一具過電壓保護電驛 (OV)，如果只裝設一具過電壓保護電驛設定值為 1.1PU。如果每相裝設兩具過電壓保護電驛，動作時間較快之保護電驛設定值為 1.3-1.5PU，動作時間較慢之保護電驛設定值為 1.1PU。
2. 三相中至少每相要加裝一具低電壓保護電驛 (UV) 設定值為 0.9PU。
3. 至少裝設一具高頻保護電驛 (OF) 設定值 60.5HZ。
4. 至少裝設一具低頻保護電驛 (UF) 設定值 59.5HZ。
5. 保護電驛動作時間建議為 10 cycle 或以下。

五、分散型電力加入系統可能產生之紛爭 (美國經驗)：

由以上分析我們看出分散型電力與電力公司有許多衝突紛爭之處。這些衝突一部份原因是觀點不同，一部份原因是利害不同，還有一部份原因是“文化”不同，這些衝突可分成下列三大類：

1. 技術上的紛爭：

- a. 保護電驛及傳送開關之要求：傳統上電力公司對於保護不會發生“單獨運轉”的情況，是使用機械式的保護電驛及傳送開關來自動隔離分散型電力於配電系統外。現在的分散型電力產品 (inverter) 已有此項功

能，但是有些電力公司還是要求加裝額外保護電驛，致使一些較小型之分散型電力增加裝設成本約 8%，而且每年還要付電驛校正費，這是一大問題，因而造成紛爭。

- b. 電力品質之要求：電力公司一般要求測試分散型電力業者之設備以確保電力品質，而分散型電力業者認為，在電力電子技術進步的時代，許多 inverter 已依照 IEEE519-1992 規定來設計，因此已無電壓、頻率、電壓閃爍、波形失真等問題。
- c. 電力潮流研究及其他工程上的分析：此研究是評估業者之發電設備對配電系統之影響，及是否需要將設備昇級或加裝保護設施。基於使用者付費之原則該費用可能相當的高，也增加業者之投資成本。

2. 商業規章上的紛爭：

- a. 系統併聯要求及聯絡：分散型電力是近十年來才復出之技術，許多電力公司對分散型電力很少了解，因此常常沒有特定的聯絡人及賦予授權解決，而與用戶產生紛爭。同時商業規章內之條文限制（安全及可靠度之考量等），常因電力公司的缺乏瞭解與過分擔心對電力系統與其他用戶之影響，而訂定較嚴格之標準。

- b. 申請費用及併聯費用：對小型分散型電力業者而言，這兩種費用相對的來說就相當的高，這是另一紛爭之起源。
- c. 保險費用及賠償要求：由於電力公司不願意被用戶當成一個“財源”，因此要求分散型電力業者向保險公司保第三責任險（包括設備及人員），而此項保險金額之大小往往有很大之爭議，而且對小型分散型電力業者是一大負擔。
- d. 操作上的要求：有些電力公司要求對分散型電力有絕對之控制權，以便於緊急狀況（發生事故）或者計劃停電時，能將分散型電力關掉。有些電力公司不許用戶輸出電力至系統，或者不許用戶超過契約容量（即使用戶可運用分散型電力來吸收超過之契約容量）。
- e. 最後的併聯要求及程序：由最初申請到最後併聯申請階段整個過程中，由於人工作業或者由於電力公司改善設備裝設不及至延誤業者併聯時間。業者也同時質疑電力公司所要求之保護設備，是否重複保護，讓業者承擔不必要之費用。

3. 管理上之紛爭：

- a. 禁止併聯：由於美國各州電力自由化情形不一，有些

沒有電業自由化之州，當地電力公司以無條文依據，拒絕併聯。有些地方政府由於土地區域劃分之限制，也使分散型電力業者難以取得設置許可。

- b. 電力公司費用：電力公司向分散型電力業者收取高額之需量費用或備用容量費用，以備用容量費用為例（各州皆不相同），紐約州就向用戶收取\$ 53-200/kw-年之費用。此費用被解讀為電力公司根本不希望用戶併聯至配電系統。此外分散型電力業者希望將多餘之電力賣給電力公司，但是電力公司祇願以低價購買（平均\$1.5-2 cent/kwh）大大的打擊業者願意售電給電力公司之意願。
- c. 法規不完善：現行併聯標準皆是針對大型商業發電業者而訂定，分散型電力業者也要比照這個嚴格標準，就會增加併聯成本。
- d. 環保規章要求：由於地方政府對環境保護之要求，不論分散型電力之大小皆為一致，因此有些小型分散型電力業者就無法承擔環保測試之費用。

綜合上述美國分散型電力併聯運轉經驗，台電勢必要提出一套策略，以因應分散型電力將來之發展。這可從四方面著手，第一訂定分散型電力併聯標準及商業規章：規定台電與用戶間之責任與義務。

第二在保護設備及併聯等費用上：收費必須考量分散型電力之大小，讓小型之分散型電力減少負擔費用甚至免費。第三在保險方面：日後電業自由化之後台電不再負責用戶定期檢驗作業，而分散型電力不論系統大小，皆會對配電系統造成隱憂。故對分散型電力業者提出保險之要求可能也是未來需考慮之方向。第四就是需建立完整之用戶申訴制度：用戶可經由此制度解決與台電之爭議。

六、配電系統未來可能發展之方向：

每當我們談到分散型電力，直覺上的就是想到併聯時會發生問題、會發生單獨運轉危害到配電系統，這些問題確實可以避免嗎？根據作者訪問位於美國加州的 PG&E 公司資深工程師指出，該公司依靠比較完備的措施及規章，上述情形不致發生，而且經由目前實際運轉於系統上之分散型電力來驗證，其實並沒有對系統帶來負面的影響。因此在政府的鼓勵、技術逐漸成熟及發電成本下降的誘因下，將來分散型電力加入配電系統將會越來越多，分散型電力好比是一匹無韁之野馬，但是只要我們能好好的運用它，一定會對配電系統有所幫助。

現在我們應該更進一步往前看，如何運用及結合配電系統上之分散型電力來提高供電可靠度。過去幾年由於許多分散型電力，例如：汽電共生發電系統 (Co-Generation)、燃料電池發電系統 (Fuel Cells)、太陽光發電系統 (Photovoltaic)、風力發電系統 (Wind

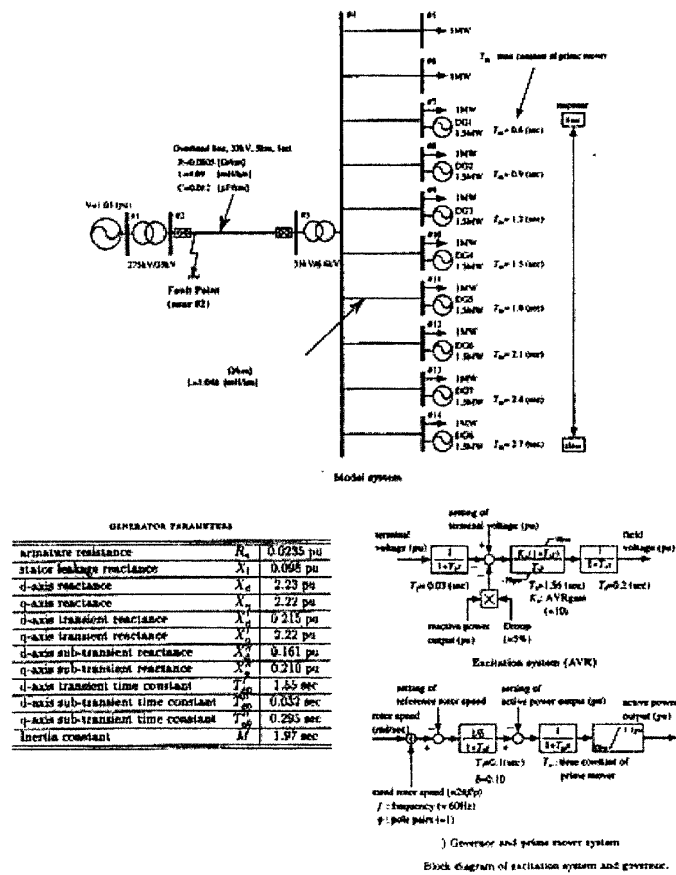
Power) 已經逐漸加入配電系統內，因此將來有可能形成新的配電系統型態，那就是配電系統內分散型電力和電力公司共同支配。

亦即平常分散型電力併聯於配電系統，其發電容量足以取代電力公司來供應電源給用戶。當電力公司線路發生故障停電時，分散型電力不但不切離線路，反而經由各分散型電力彼此間資訊交換，主動並迅速的代替電力公司供電，不但可以提高供電可靠度，而且也讓用戶免於長時間停電之不便。

日本 Kenji Okuyama, Takeyoshi Kato, Kai Wu, Yasunobu Yokomizu, Tatsuki Okamoto, Yasuo Suzuki 等 6 位專家針對上述情形，發表了一篇文章以數學方式模擬，當分散型電力主控配電系統時，發生事故停電，在何種狀態能將配電系統於最短時間內復原供電。

本模擬系統是由 275KV 輸電線路、33K 及 6.6KV 配電系統所構成，匯流排 (BUSES) #5--#14 供應 1MW 用戶負載，配電系統之總負載為 10MW，連接於 6.6KV 配電系統側。負載大小以阻抗方式表示為 $R+jX=43.56+j139.5$ 、功率因數 0.95。分散型電力電源裝設於匯流排 (BUSES) #7--#14 (DG1-DG8)，每個分散式電力之發電量為 1.5MW，分散型電力之總發電量為 12MW，足以供應整個配電系統之負載，#5--#6 匯流排 (BUSES) 負載之電力由配電系統提供。分散型電力所使用之發電機為同步發電機 (synchronous generator)，除了發

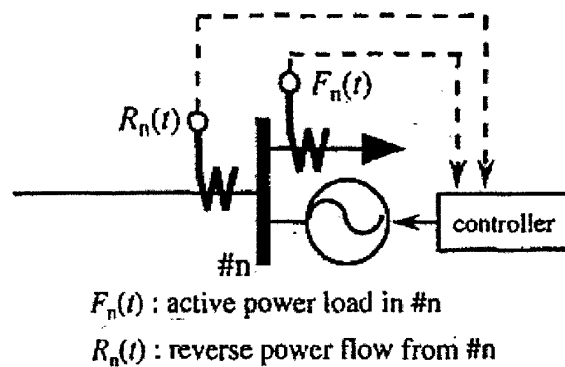
電機之 prime mover 啟動時間常數 (T_m) 不同外 (DSG1 最小亦即反應時間最快、DSG2 次之以此類推), AVR 及調節器 (governor) 參數皆一樣, 下圖顯示模擬系統之電氣連接圖、發電機、線路之各種參數。



現在假設在 $t=0.55$ 秒時、33KV 架空配電線路於靠近匯流排#2

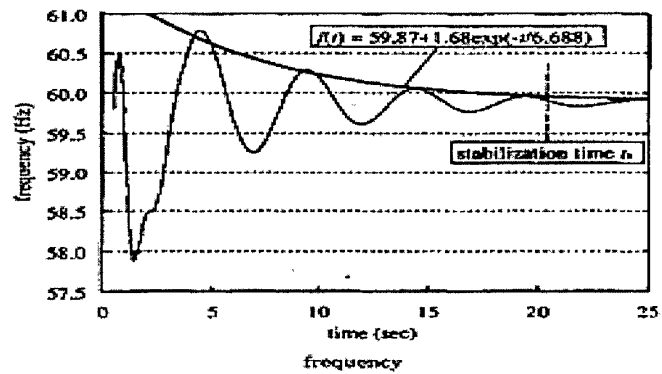
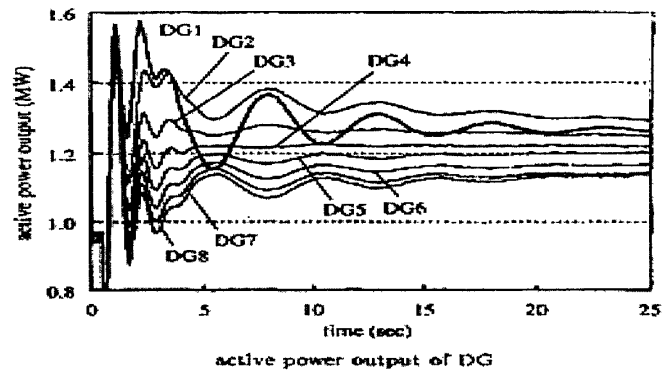
處發生事故，33KV 架空配電線路因保護電驛動作切開線路開關，此時 6.6KV 配電系統被隔離於上層配電電系統（33KV 架空配電線路），而由分散型電力電源（DG1-DG8）供電形成單獨運轉。

狀況 1：我們先假設各個分散型電力發電機，彼此獨立反應沒有訊息交換。在發生單獨運轉前，各個分散型電力發電機輸出電力至自己之匯流排供應 1MW 之負載，但在發生單獨運轉後，分散型電力發電機之輸出必須改變，來平衡整個配電系統之負載與發電量，要不然配電系統會停電。下圖顯示分散型電力輸出之結構圖：



分散型電力發電機之輸出以 $S_{pn}=F_n+R_n$ 方程式表示， F_n 代表匯流排之負載（active power load）、 R_n 代表由匯流排輸出之電力

(reverse power flow), 下圖顯示當發生單獨運轉時, 在配電系統內分散型電力發電機輸出反映及頻率變動狀況。

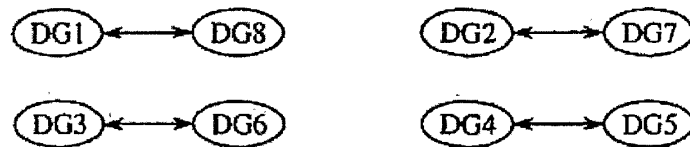


Response of distribution system without information exchange

如上圖顯示有較小 T_m (啟動時間常數) 之分散型電力發電機, 對系統之變動能迅速反映, 並且能迅速增加發電機電力輸出, 供應至沒有分散型電力之#5--#6 匯流排負載, 但是有較大 T_m (啟動時間常數) 之分散型電力發電機, 則不能迅速增加發電機電力輸出, 供

應至沒有分散型電力之#5--#6 匯流排負載。模擬結果顯示各個發電機之輸出，會特別跟隨著有較小 T_m (啟動時間常數) 之 DG1 分散型電力發電機變動，而且持續一段很長時間。模擬結果顯示系統穩定時間(t_s)為 $t_s=20.42$ 秒，但是在此時各個發電機之輸出皆不相同。

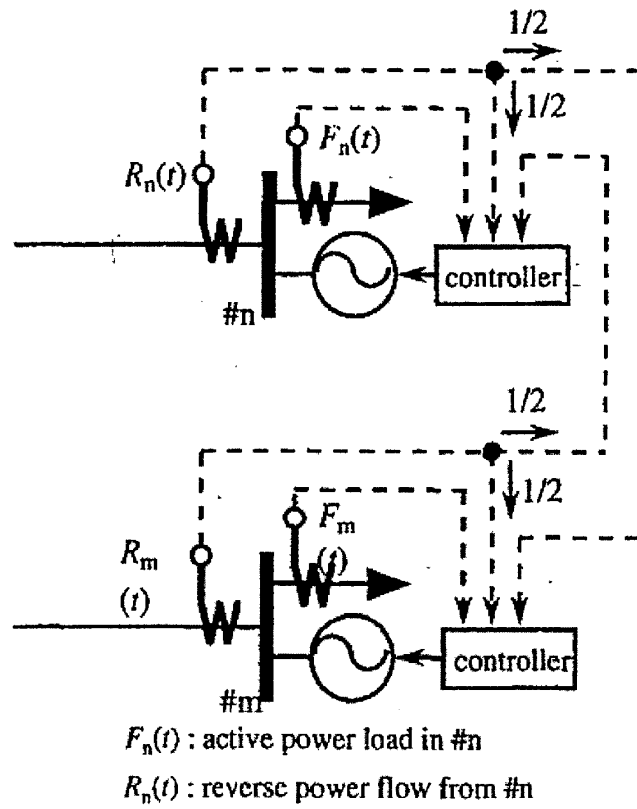
狀況 2：我們假設各個分散型電力彼此間有資訊交換，並且把分散型發電機彼此連接成一對分成四組，模擬各種組合情形。本模擬結果為設定為案例 1，係將有最小反映時間之發電機與有最慢反映時間之發電機結合，如下圖：



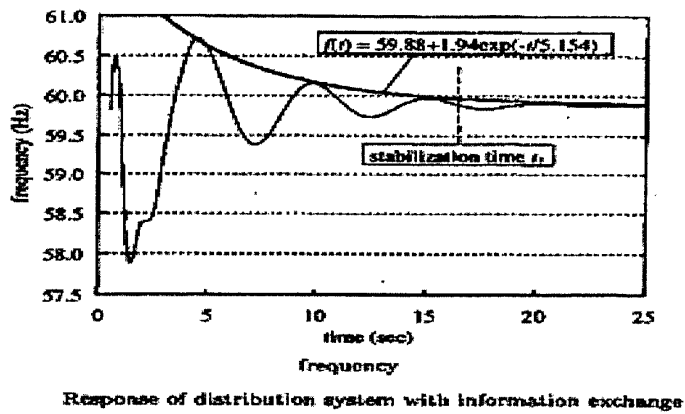
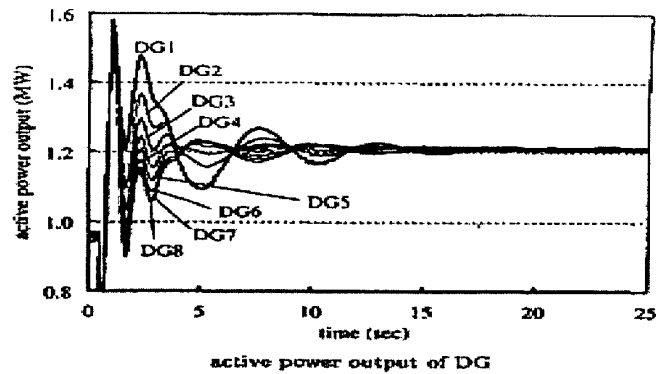
Example of DG's combination (case-1)

分散型電力發電機之輸出以 $S_{pn}=F_n+R_n/2+R_m/2$ 方程式表示， F_n 代表匯流排之負載 (active power load)、 R_n 代表由匯流排輸出之電力 (reverse power flow)、 R_m 代表另一台分散型電力發電機由匯流排輸出之電力 (reverse power flow)。下圖顯示新的分散型電力輸出之結構圖及顯示當發生單獨運轉時，在配電系統內分散型

電力發電機輸出反映及頻率變動狀況。



Setting of active power output of DG in the case of information exchange



與沒有訊息交換之狀況 1 比較，分散型電力發電機 DS1 之輸出變動，有著極為顯著之改善，而且在 10 秒內幾乎所分散型電力發電機之輸出皆為一樣並且穩定下來。由於分散型電力發電機輸出能迅速穩定下來，統穩定時間 (t_s) 也減少至 $t_s=16.47$ 秒，和沒有訊息交換之狀況 1 比較減少 20%，因此也大大的提高了系統之穩定度。

由以上結果可知為了提高電力系統之供電可靠度，及滿足用戶對電力系統可靠度的要求，分散型電力有可能成為電力公司應用的方法之一。將來配電系統也勢必會走向由分散型電力和電力公司平

衡互助之配電系統，如何在這情況發生前研究、並了解未來發展之趨勢是相當重要之課題。本模擬系統或有人會認為不可行，因為牽涉太多複雜因素（比如說通訊問題、如果碰到分散式電力發電機正好歲修無發法承擔負載等），或許有人會認為可行，這可提高供電可靠度，這就是作者要將這篇文章提出來的目的。畢竟有爭議才有進步，並且可激發出各種不同之贊成意見及反對意見，對於個人及電力公司一定有助益。

参考文献

1. Roger C. Dugan: “ Transmission & Distribution World :Impact of DG on Reliability ” October 2002 .
2. Roger C. Dugan 、S. K. Price : “ IEEE Issues for Distributed Generation in the US ” 0-7803-7322-7 2002 .
3. Kenji Okuyama 、 Takeyoshi Kato 、 Kai Wu 、 Yasunobu Yokomizu 、 Tatsuki Okamoto 、 Yasuo Suzuoki : “ IEEE Improvement of Reliability of Power Distribution System by Information Exchange Between Dispersed Generators ” 0-78-3-6674-3 2000 .
4. Philip P. Barker 、Robert W. de Mello : “ IEEE Determining the Impact of Distributed Generation on Power System : Part 1 -Radial Distribution Systems ” 0-7803-64236 2000 .
5. C. L. Wagner 、 W.E. Feero 、W. B. Gish 、R. H Jones : “ Relay Performance in DSG Islands ” .
6. Richard E. Brown 、 Lavell A. A. Freeman : “ Analyzing the Reliability Impact of Distributed Generation ” 0-7803-7173-9 2001 .
7. National Renewable Energy Laboratory (NREL) : “ Making Connections : Case Studies of Interconnection Barriers and

their Impact on Distributed Power Projects ”
NREL/SR-200-28053 July 2000 。

8. 台灣經濟研究院： “ 台灣地區應用分散型電力可行性研究 ” 期中報告 。
9. 台灣電力公司 郭芳楠： “ 台灣電力公司再生能源發電系統併聯技術要點釋要 ” 。
10. 台灣電力公司 林宗賢： “ 分散型電力應用所衍生之議題與國外使用情形探討 ” 。
11. 台灣電力公司 賴昭新： “ 分散型電源於加入系統時之技術課題 ” 。

伍、電力公司應有之重點措施與程序

一、前言：

鑒於分散型電力之優缺點和對電力公司與線路種種影響，及電力公司將來可能面對之衝突與紛爭。電力公司必須小心謹慎訂定一套適當法規，一方面保護線路安全可靠與用戶權益，另一方面減少分散型電力加入電力系統之困難度。要做到這種雙贏的地步，電力公司之法規必須針對不同的分散型電力做不同之要求，這些基本原則為，對小型分散型電力要求低、費用也低以期鼓勵，對大型分散型電力則需做完整的分析與較嚴格之審定。以下是幾個在美國主要例子：

二、美國加州太平洋瓦斯及電力公司 (PG&E)：

美國加州公共事業委員會 (California Public Utility Commission) 及太平洋瓦斯及電力公司 (PG&E) 為鼓勵用戶使用分散型電力 (含再生能源發電)，共同訂定 RULE 21-GENERATING FACILITY INTERCONNECTIONS 來規範電力公司與用戶間之權利與義務。在 RULE 21 中訂定之審核流程圖，其目的在為不需要作併聯研究之小型發電業者找出加速核准之路徑，並界定需做進一步研讀之分散型電力業者層級、運用技術及設備要求，並訂定收費標準及時程。以下為太平洋瓦斯及電力公司 (PG&E) 對分散型電力於申請用電時之規範及審核流程。

(一)、PG&E 對新的發電業者加入系統區分為下列三種：

1. 太陽能及風力發電 (Solar and Wind Generators E-Net):

定義：用戶希望減少向電力公司購電，因而運作發電系統。

限制：發電量 1MW 以下，電錶可雙向運轉。

E-Net 又區分為：

a. Standard E-Net：住宅用戶及小型商業用戶裝置之發電機

容量小於 10KW 以下。

b. Expanded E-Net：農業用戶裝置之發電機容量小於 1MW 以

下，或住宅用戶及小型商業、工業用戶裝

置之發電機容量大於 10KW 以上小於 1MW

以下。

2. 零售發電 (Retail Generators):

定義：一般稱 DG 發電，用戶希望減少向電力公司購電，但不將電力輸送至配電系統，電錶單向運轉。

3. 批發發電 (Wholesale Generators):

定義：商業發電廠，將電力出售至配電系統或輸電系統。

(二)、申請流程圖及表格：

1. Standard E-Net：a. 一份完整之申請書，內含發電設施一般資料、

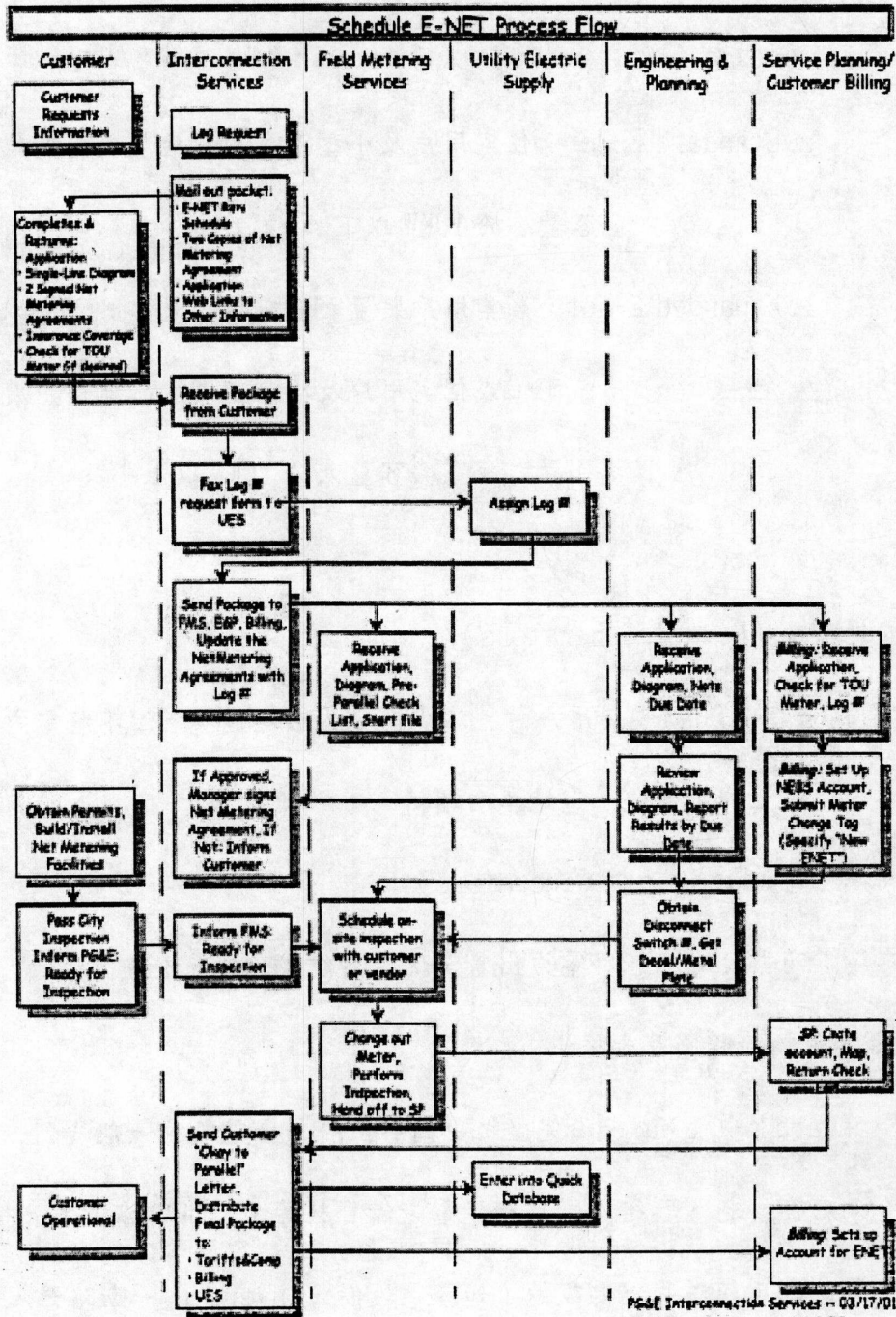
合約廠商資料、聯絡人資料及發電設備資料等。b. 併聯協議書。

c. 單線圖：內註明重要設備，如發電設備、inverter、斷路器、

保護設施等之額定。d. 裝設設備之保險契約書：內含保險範圍及

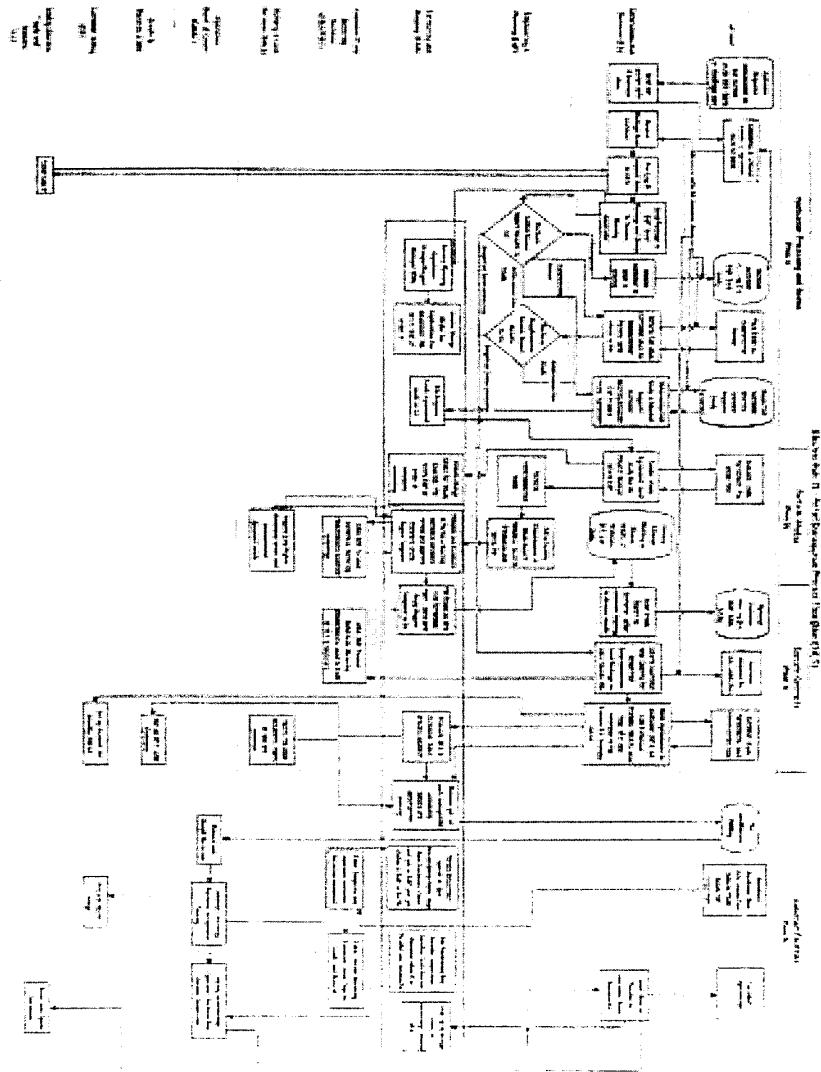
時限。e. 費率選擇。f. 當地政府計劃同意書。

Standard E-Net 申請流程圖：



2. Expanded E-Net : a. 一份完整之申請書內含發電設施一般資料、合約廠商資料、聯絡人資料及發電設備資料等。
- b. 併聯協議書。c. 單線圖：顯示電器關聯性及變壓器、開關、保護電驛等重要設備額定。d. 位置平面圖及圖表：發電設備之實體連接圖例如發電機等。e. 裝設設備之保險契約書：內含保險範圍及時限。f. 費率選擇。g. 當地政府計劃同意書。

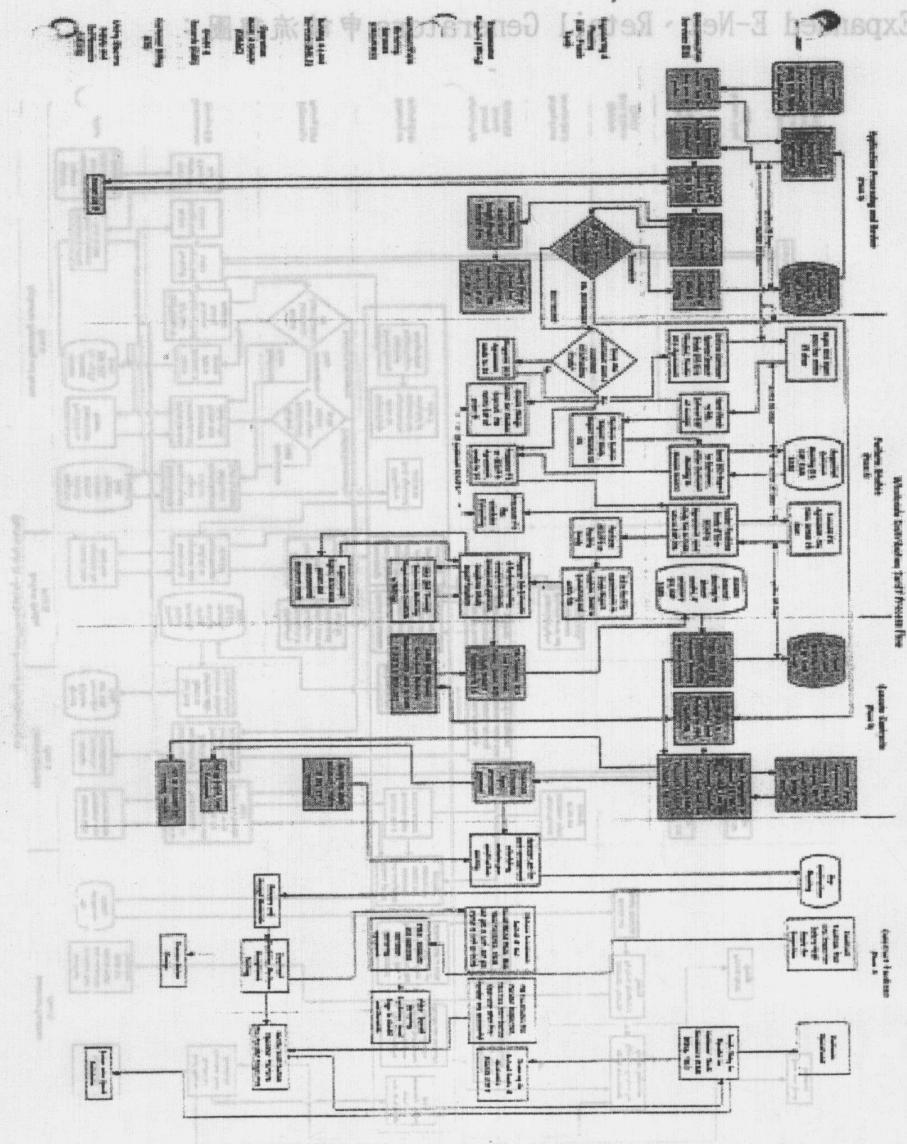
Expanded E-Net、Retail Generators 申請流程圖：



3. Retail Generators : 同上。

4. Wholesale Generators : a. 發電機併聯申請書，必須有下列資訊，申請人電話、單線圖、三線圖顯示電器關聯性及變壓器、開關、保護電驛等重要設備額定等詳細資料。b. 費率表，內含公司與客戶之權利義務。c. 發電機併聯方針。

Wholesale Generators 申請流程图：



(三)、審查方式：

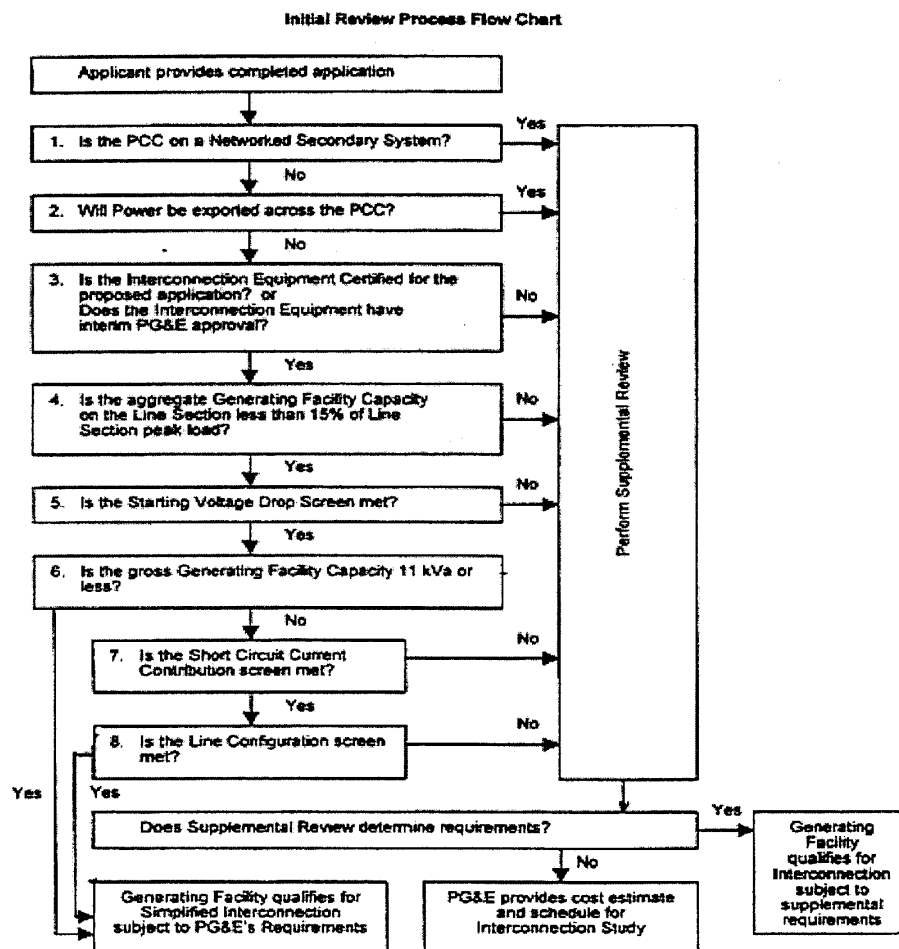
審查經過，一般 PG&E 對於分散型電力之審查可分三個階段亦即初審 (Initial Review)、複審 (Supplemental Review)、併聯研究 (Interconnection Study) 三個階段，茲分述如下：

1. 初審 (Initial Review) 研讀－其目的，為不需要作併聯研究之發電業者找出一條加速核准之路徑，研讀完後可決定：
 - a. 是否分散型發電業者符合簡單化併聯 (Simplified Interconnection) 之條件。
 - b. 是否分散型發電業者符合只要增加最少要求後，就能和系統併聯。
 - c. 是否需要進一部作併聯研究研讀，來決定併聯條件。
 - d. 研讀時間 10 天，費用 \$800 元。
2. 複審 (Supplemental Review) 研讀－其目的提供用戶以下之選擇：
 - a. 一份協議書 (同意複審) 及需要符合複審之要求。
 - b. 估算作併聯研究之費用及併聯研究之時程。
 - c. 研讀時間 20 天 (含初審時間)，費用 \$600 元。
3. 併聯研究 (Interconnection Study) 研讀－研讀項目如下：
 - a. 饋線負載及電壓研究。
 - b. 饋線保護研究。
 - c. 配電線路評估。

- d. 二次變電所評估。
- e. 設備研究（系統要加裝何種設備）。
- f. 費用估算。
- g. 時程視案件複雜程度，費用\$5000 元。

4. 審查流程圖：

初審（Initial Review）流程圖：



當用戶準備好應提供之申請表格及資料後，即進入審查流程，

本流程圖中依審查項目之不同分為 8 個程序。

1. Is the PCC on a Network Secondary System?

係判斷用戶責任分界點是否在二次側低壓網路中 (PG&E 系統中為提高供電可靠度，將部份變壓器二次側併聯供電)：

No：進入下一個流程。

Yes：則需進入複審 (Supplemental Review) 研讀，

因為業者位於迴路中故必須考慮保護協調，如

在輻射型配電系統中則不必要考慮。

2. Will Power be exported across the PCC?

係判斷否有電力輸出至責任分界點外的配電線路上：

Yes：則需進入複審 (Supplemental Review) 研讀，因為如

果發電業者沒有輸出電力至配電線路，則不需要考慮負

載運送能力及電力潮流對系統之影響。可加裝反向電

力 (reverse-power) 保護裝置，作為單獨運轉之被動

保護。

No：為保證不會有電力輸出至配電系統，則發電業者必須具

備下列之一的條件：

a. 保證不會有電力輸出至配電系統：必須有反向電力

(reverse-power) 保護裝置，裝設於責任分界點

上。設定值為變壓額定之 0.1%，延遲時間最遲不超

過 2 秒。

- b. 保證有最低輸入電力：必須有低電力 (under-power) 保護裝置，裝設於責任分界點上。設定值為輸入 5% 發電機銘牌額定之電力，延遲時間最遲不超過 2 秒。
- c. 為避免發生偶發性之電力輸出：發電機之總容量不得超過，業者設備標稱電流額定之 25 %、或不得超過主變器額定之 50 %、或變壓器經過認證不會發生單獨運轉。
- d. 發電機容量小於 50 % 業者之最小負載。

3. Is the interconnection Equipment Certify for the proposed application? or Does the interconnection Equipment have interim PG&E approval ?

判斷業者設備是否得到認證 (必須提出證明)。

No: 則不符和簡單併聯，需進入複審 (Supplemental Review) 研讀，如果設備經過認證或先前已經過 PG&E 核可則 PG&E 不必再研讀或/和測試發電設備保護功能計劃。

Yes: 進入下一個流程，通過此流程顯示設備已經通過下列標準並認證。

- a. 基本的保護功能符合要求。
- b. 諧波受到控制並符合規定。
- c. 同步之需求符合標準。

- d. 功率因數管制符合規定。
- e. 不會發生單獨運轉情形。
- f. 如有使用，反向電力功能要求符合規定。
- g. 如有使用，低電力功能要求符合規定。

4. Is the aggregate Generating Facility Capacity on the line Section less than 15% of Line Section peak load?

判斷發電機容量是否小於責任分界點處，饋線最大負載之 15%。

No: 則不附和簡單併聯，需進入複審 (Supplemental Review)

研讀，研究是否對系統有衝擊及如何控制。

- a. 小容量的分散式電力加入配電系統，對系統之運轉及故障時負載復原有較小之影響。
- b. 大容量的分散式電力加入配電系統，對系統之運轉及故障時負載復原有較大之影響，故需做進一步之研讀或控制。

Yes: 進入下一個流程。

5. Is the Starting Voltage Drop Screen met?

發電機啟動時電壓降是否符合規定。

No: 則不附和簡單併聯，需進入複審 (Supplemental Review)

研讀。

Yes：進入下一個流程，有兩種方法來評估是否符合規定（在一次側併聯必須小於 2.5%、二次側並聯必須小於 5%）。

- a. 發電設備啟動電流是否，等於或小於業者設備連續運轉電流額定。
- b. 運用線路阻抗等數據、圖表、專題研究來計算壓降。

6. Is the gross Generating Facility Capacity 11kva or less?

判斷分散型發電業者是否為 Standard E-Net 之客戶。

Yes：進入下一個流程，通過審查符合簡單化併聯（Simplified Interconnection）之條件。

No：進入下一個流程。

7. Is the Short Circuit Current Contribution screen met?

判斷短路電流比值是否符合規定。

No：則不附和簡單併聯，需進入複審（Supplemental Review）研讀。

Yes：進入下一個流程，短路電流比值（Short Circuit Contribution Ratio）必須符合下列兩項規定。

- a. 從業者專用配電變壓器高壓側量測，被連接的發電機的短路電流總和，與饋線自身高壓側三相短路電流比值（SCCR）需小於或等於 0.1。

- b. 從與電力公司共用之配電變壓器低壓側量測，業者發電設備的短路電流，必須等於或小於業主用電設備短路容量之 2.5 %。

8. Is the Line Configuration screen met?

判斷連接至配電線路一次側連接方式是否符合規定。

No: 則不附和簡單併聯，需進入複審 (Supplemental Review)

研讀。

Yes: 通過審查符合簡單化併聯 (Simplified

Interconnection) 之條件。

通過條件如下表：

<u>Primary Distribution Line Type</u>	<u>Type of Interconnection to be made to Primary Distribution Line</u>	<u>Results/Criteria</u>
Three-phase, three wire	Any type	Pass Screen
Three-phase, four wire or line-to-neutral	Single-phase	Pass Screen
Three-phase, four wire (For any line that has such a section OR mixed 3 wire & 4 wire)	All Others	To pass, aggregate Generating Facility Capacity must be less than or equal to 10% of Line Section Peak Load

在上述流程中如有項目不符合規定，則需進入複審階段 (Supplemental Review) 或併聯研讀階段 (Interconnection)

Study)，此時 PG&E 會告知用戶是否符合複審，如不合格則會告知研讀費用及併聯研讀時程。

基本上 PG&E 希望藉由訂定流程圖，讓審查案件之工程師能快速的過濾出，需要做進一步研讀之案件，並讓比較簡單之案件經由此流程，迅速過濾而能快速的通過 PG&E 之審查。

(四)、系統併聯規定：

1. 正常電壓工作範圍：

- a. 小系統 (11kva 或以下)：以 120v 標稱電壓為例：106v-132v (88%-110%)。
- b. 大系統 (大於 11kva)：可協商規定，無規定依 88%-110% 辦理。
- c. 電壓變動率依下表規定辦理 (以 120v 標稱電壓為範例，其他電壓比照辦理)。

Voltage at Point of Common Coupling	Maximum Trip Time (Assuming 60 Cycles per Second)
Less than 60 Volts	10 Cycles
Greater than 60 volts but less than 106 volts	120 Cycles
Greater than 106 volts but less than 132 volts	Normal Operation
Greater than 132 volts but less than 165 volts	120 Cycles (30 Cycles for facilities greater than 11kVa)
Greater than 165 volts	6 Cycles

2. 電壓閃爍：發電設備在責任分界點所造成之電壓閃爍值，需符合 IEEE 519 之規定 (電壓突降在 3% 以下)。

3. 頻率：a. 小型發電機業者 (11kva) 頻率範圍要在 59.3~60.5HZ，

如超過 10 秒內要跳脫。

c. 大型發電機業者 (11kva 以上) 可協商規定，低頻可選擇 59.3 或 58.0Hz。

4. 諧波：依 IEEE 519 規定辦理 (電壓總諧波 5%以下、各次諧波 3%以下)。
5. 直流電流注入：發電設備直流電流之注入，必須小於 0.5%之額定電流輸出。
6. 功率因數：每個發電設備內之發電機，必須能運轉於功率因數 0.9 超前或滯後之條件。
7. 系統跳脫後用戶要併聯，必須等系統電壓、頻率穩定至少 60 秒後才可併聯。
8. 保護設備基本要求：過電壓及低電壓電驛保護裝置 (OV/UV)、高頻及低頻電驛保護裝置 (OF/UF)、饋線故障傳送跳脫觸發裝置 (Transfer Trip)。
9. 單相發電機：最大允許接至單相線路之容量為 20kva、接至單向三線式線路，最大允許不平衡負載 (240v 間) 為 6kva。接在單獨變壓器之線路，最大發電容量不得超過該變壓器銘牌規定。
10. 三相同步發電機：需要有手動或自動同步設備，短路電流比值 (Short Circuit Contribution Ratio) 超過 0.05 之同步發電機，必須有自動同步併聯設備及保護設備，當發生不同步時能切離配

電系統。同步之定義為，當要和系統併聯時，頻率之差異值為 0.2Hz、電壓之差異為 10%、相角之差異為 10 度。

11. 感應式電機：不需有同步設備，可是當感應式發電機啟動或發電機負載急變時，可能會衝擊到配電系統。這時可能需要加裝步階式電容器 (step-switched capacitor)，或其他技術來改善，但也同時可能發生鐵磁共振。此時 PG&E 必須進行併聯研究，以探討是否需增加額外之保護設備保護系統。
12. 換流器 (Inverter System) 系統：電力等級之換流器 (Utility-interactive Inverter)，亦即有加裝保護設備，不需要同步設備，其他非電力等級之換流器系統不可和配電系統併聯。
13. 分散型電力業者必須加裝保護設備，以減少發生非故意單獨運轉之機會。這可藉由下列方式之一來達成：a. 在保護功能中，裝設經過國家認證之單獨運轉保護設備。b. 確認分散型電力發電設備容量，小於責任分界點之饋線負載容量。亦即責任分界點之饋線負載容量，大於發電機設備容量。c. 在分散型發電設備斷路器處，加裝傳送跳脫 (Transfer Trip) 裝置，亦即饋線發生故障時，二次變電所斷路器在跳脫同時，亦傳送一信號至分散型電力業者斷路器處，觸發跳脫該斷路器將配電系統和用戶隔離，該斷路器必須由直流電操作，且通訊線路必須向電信局申請專線。
14. 故障檢出：分散型發電設備短路電流比值 (Short Circuit

Contribution Ratio) 超過 0.1 或不能符合 13. 之規定者，就必須裝設能偵測配電系統故障（相對相和相對地）之裝置，並且能迅速的將配電系統和用戶隔離。如分散型電力發電業者在 2 秒鐘內如果無法偵測到此故障，就必須有傳送跳脫（Transfer Trip）功能。對分散型電力發電容量超過責任分界饋線最大負載 15% 之業者，PG&E 會要求有復閉鎖住（Reclose-blocking）之功能。

(五)、PG&E 對線路及發電機規定之最少保護設備要求，歸納如下表：

a. 發電機最少保護設備要求：

Generator Protection Devices (<i>minimal</i>)				
Generator Protection Devices	Device No.	40kW or less	41kW to 400kW	401kW and larger
Phase Overcurrent	50/51	X (note 2)	X (note 2)	
Overvoltage	59	X	X	X
Undervoltage	27	X (note 3)	X	X
Overfrequency	81O	X	X	X
Underfrequency	81U	X	X	X
Ground Fault Sensing Scheme (Utility Grade)	51N		X (note 4)	X
Overcurrent with Voltage Restraint/Voltage Control or Impedance Relay	51V 21		X (note 5)	X
Reverse Power Relay (No Sale)	32	X (note 6)	X (note 6)	X (note 6)

Notes:

1. (*refers to device number definitions and functions.*)

2. Overcurrent protection must be able to detect a line-end fault condition. A "50/51" relay which can see a line fault under sub-transient conditions is required. This is not required if a 51V relay is used.

3. For generators 40kW or less, the undervoltage requirement can be met by the contactor undervoltage release.

4. For induction generators and certified non-islanding inverters aggregating less than 100kW, ground fault detection is not required. For synchronous generators aggregating over 40kW, ground fault detection is required.

5. A group of generators, each less than 400kW but whose aggregate capacity is greater than 400kW, must have an impedance relay or an overcurrent relay with voltage restraint located on each generator greater than 100kW.

6. For "No Sale" generator installations, under the proper system conditions, a set of three single-phase, very sensitive reverse power relays, along with the dedicated transformer, may be used in lieu of ground fault protection. The relays shall be set to pick-up on transformer magnetizing current, and trip the main breaker within 0.5 second.

7. Dedicated transformer:

Discusses use and need for dedicated transformer.

"Generators of more than 10kW require the use of a dedicated transformer."

"Generators of 10kW or less and generating at a secondary voltage level may require a dedicated transformer. This need can be determined and identified in a detailed study."

b. 線路最少保護設備要求：

Line Protection Devices (*minimal*)

Line Protection Device	Device No.	34.5kV or less	44kV, 60kV or 70kV	115kV	230kV
Phase Overcurrent (OC) (radial systems)	50/51	X	X		
Ground OC (radial systems)	50/51N	X	X		
Phase Directional OC	67		X (note1)	X	
Ground Directional OC or Transformer Neutral	67N 50/51N		X (note1)	X	X
Distance Relay Zone 1	21Z1		X (note1)	X (note1)	X
Distance Relay Zone 2	21Z2		X (note1)	X (note1)	X
Distance Relay Carrier	21Z2C			X (note1)	X
Ground Directional OC Carrier	67NC			X (note1)	X
Distance Relay Carrier Block	21Z3C			X (note1)	X
Pilot Wire	87L			X (note1)	X
Permissive Overreaching Transfer Trip (POTT) or Hybrid	21/67T			X (note1)	X
Direct Transfer Trip	TT	X(note2)	X(note2)	X(note2)	X(note2)

Notes:

1. May be required on transmission or distribution interconnections depending on local circuit configurations, as determined by PG&E.

2. Transfer trip may be required on transmission-level or distribution-level interconnections depending on PG&E circuit configuration and loading, as determined by PG&E. ...*(see document for complete note.)*

3. Generator protection:

Discusses generator types, standards, and configurations.

States that all synchronous generators must have synchronizing relays and reclose blocking at the PG&E side of the line.

Table G2-1b lists minimal devices required. PG&E reserves right to require additional requirements, on a case-by-case basis. Each protective device is described in the text. Table G2-6 states the settings for over/under frequency and voltage relays for both transmission and distribution system interconnections.

三、德州公共事業委員會 (Public Utility Commission of Texas)：

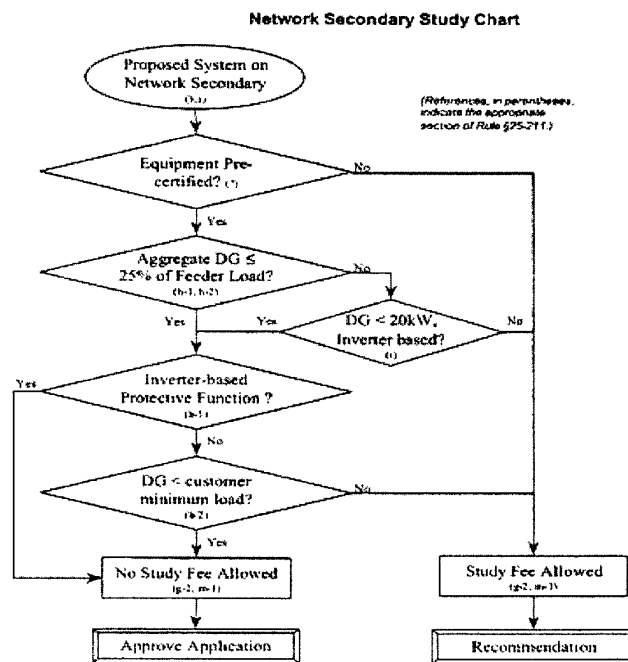
德州公共事業委員會 (Public Utility Commission of Texas)

在分散型電力併聯手冊中，規範電力公司與用戶間之權利與義務，並將分散型電力定義為 10MW 以下連接於配電系統之發電業者。並依輻射型系統及二次網路型（低壓）系統分別作出流程圖以簡化審核程序，其訂定流程圖原則為界定需做進一步研讀之分散型電力業者層級、運用技術及設備要求，最終目的為對小型、低系統影響之分散型電力能快速審查通過。

舉例來說在 1. 輻射型系統併聯流程圖中，分散型電力業者只要符合 a. 發電設備獲得認證。b. 發電容量小於 500kw。c. 在輻射型配電系統。d. 總容量小於饋線負載 15%及不論是否輸出電力至系統。e. 發電機短路容量小於 25%配電系統短路容量。就可免除研讀費用通過審查，時程為四星期內完成審核。2. 在二次網路型（低壓）配電系統併聯連流程圖中，分散型電力業者只要符合 a. 發電設備獲得認證。b. 合計之分散型電力總容量小於二次網路中負載總容量之 25%（使用換流器保護功能）或不輸出電力至配電系統。即免除研讀費用通過審查，時程為六星期內完成審核。其他狀況就必須收費做併聯研讀（interconnection study），並且預估所需費用告知業者，以下係審查流程圖、應準備資料及併聯規定。

（一）、二次網路型（低壓）配電系統併聯聯流程圖：

二次網路型（低壓）配電系統，是將多個變壓器低壓側併聯在一起，故可以提供用戶很可靠之供電。但是在二次網路型配電系統中，分散型電力合計總容量如果超過特定值就會產生逆送電現象，此時系統內裝設之網路保護器（network protectors）會動作，並在幾個週期內將此現象隔離。因此分散型電力在加入二次網路配電系統時，就必須做研讀判斷裝設容量是否在合理範圍內。如不符合規定，必要時可將責任分界點處之二次網路系統，改成輻射型系統以配合用戶併聯，但是費用可能相當高。



當用戶準備好應提供之申請表格及資料後，即進入審查流程，

本流程圖中依審查項目之不同分為 4 個程序。

1. Equipment Pre-Certified?

判斷業者設備是否經過認證。

Yes：進入下一個流程。

No：必須做進一步研讀，時程六個星期。

2. Aggregate DG \leq 25% of Feeder Load ?

判斷分散型電力合計總容量，是否超過二次網路中總負載容量之 25%，在此值之下對配電系統影響較小。

Yes：進入下一個流程。

No：判斷是否小於 20kw 及是否換流器 (inverter) 系統，如是則通過審核 (小於 20kw 之分散型電力系統，雖然超過 25% 門檻，但對系統之影響極輕微)，如不是必須做進一步研讀，時程六個星期。

3. Inverter-based Protective Function ?

判斷分散型電力是否使用換流器系統保護功能。

Yes：通過審查。

No：進入下一個流程。

4. DG $<$ customer minimum load ?

判斷分散型電力輸出是否小於最小負載，本項目是判斷是否輸出電力至系統。

No：必須做進一步研讀，時程六個星期。

Yes：通過審查。為保證不會有電力輸出至配電系統，則發電

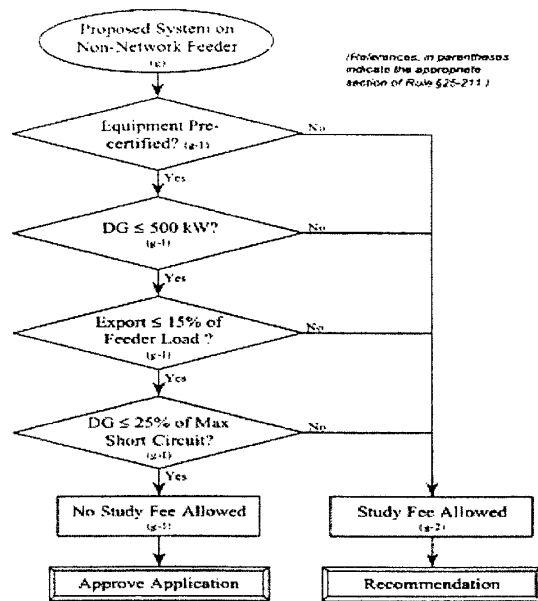
業者必須具備下列之一的條件：

- a. 保證不會有電力輸出至配電系統：發電設備之容量必須小於用戶年平均最小負載容量，必要時須裝設防止發生單獨運轉設備。
- b. 保證不會有電力輸出至配電系統：必須有反向電力（reverse-power）保護裝置，裝設於責任分界點上。設定值為變壓額定之 0.1%，延遲時間最遲不超過 2 秒。
- c. 保證有最低輸入電力：必須有低電力（under-power）保護裝置，裝設於責任分界點上。設定值為輸入 5% 發電機銘牌額定之電力，延遲時間最遲不超過 2 秒。

（二）、輻射型系統併聯審查流程圖：

分散型電力裝設最重要之關鍵點在於，是否輸出電力至配電系統，輸出電力至配電系統可能導致反向電壓降（從分散型電力至二次變電所），因此電力公司需研究二次變電所之電壓調整計劃是否需修正。另一個關注之重點是，是如何防止非故意性之單獨運轉，本規章以限制分散型電力容量，不超過饋線年平均最高負載之 15% 來防止發生非故意性單獨運轉。

Non-Network Study Chart



當用戶準備好應提供之申請表格及資料後，即進入審查流程，本流程圖中依審查項目之不同分為 4 個程序。

5. Equipment Pre-Certified?

判斷業者設備是否經過認證。

Yes：進入下一個流程。

No：必須做進一步研讀，時程六個星期。

6. DG ≤ 500kw ?

判斷業者發電機容量是否小於 500kw。

Yes：進入下一個流程。

No：必須做進一步研讀，時程四個星期。

7. Export ≤ 15% of Feeder Load ?

判斷業者發電機容量是否小於饋線年平均最高負載之 15%，在此值之下對配電系統影響較小。

Yes：進入下一個流程。

No：必須做進一步研讀，了解是否會產生單獨運轉現象或者反向電力潮流，時程四個星期。

8. $DG \leq 25\%$ of Max Short Circuit ?

判斷業者發電機短路容量是否小於 25%饋線短路容量，在此規定值以下分散型電力對系統之短路容量影響較小，而且並不會影響到系統對故障偵測之靈敏度。

Yes：通過審核。

No：必須做進一步研讀，時程四個星期。

(三)、應提供資料：

9. 分散型電力業者必須提供以下資料申請審核：

- a. 分散型電力發電機或換流器 (inverter) 銘牌容量 (以 kw 表示)。
- b. 分散型電力配置希望輸出之電力以 kw 表示。
- c. 分散型電力輸出 (電壓、單相或三相發電機)。
- d. 分散型電力型式 (換流器型式、同步電動機、感應電動機)。
- e. 分散型電力之短路電流容量。

- f. 分散型電力設備是否經過認證。
- g. 分散型電力裝置地點及申請人姓名。
- h. 分散型電力所連接之最小負載。
- i. 證明文件記載分散型電力設備，已符合最少保護規定要求。
- j. 證明文件記載分散型電力之保護設備功能，已由製造廠家預先設定妥或可由人工依照規定設定。

(四)、系統併聯規定：

1. 正常電壓工作範圍：

- a. 以 120v 標稱電壓為例：108v-126v (90%-105%) 為正常電壓。
- b. 標稱電壓超過 5 %、低於 10 %時達 30 秒以上必須自動跳脫，或者標稱電壓高於 10 %、低於 30 %時達 0.166 秒 (10cycle) 以上必須自動跳脫。
- c. 電壓變動率依下表規定辦理 (以 120v 標稱電壓為範例，其他電壓比照辦理)。

Voltage/Frequency Disturbance Delay & Trip Times

Range		Trip Time ^[2]	
Percentage	Voltage ^[1]	Seconds	Cycles
<70%	<84	0.166	10 (Delay) & 10 (Trip)
70%-90%	84 – 108	30.0 & 0.166	1800 (Delay) & 10 (Trip)
90% - 105%	108 – 126	Normal Operating Range	
105% - 110%	126 – 132	30.0 & 0.166	1800 (Delay) & 10 (Trip)
>110%	>132	0.166	10 (Delay) & 10 (Trip)
	Frequency (Hz)		
	<59.3	0.25	15 (Trip)
	59.3 – 60.5	Normal Operating Range	
	>60.5	0.25	15 (Trip)

[1] Voltage shown based on 120V, nominal.

[2] Trip times for voltage excursions were added for completeness by the PUCT Project No. 22318 Pre-certification Working Group as the intent of 25.212.

2. 頻率：頻率範圍要在 59.3~60.5HZ，如超過規定值 0.25 秒（15cycle）內要跳脫（頻率變動率依上表規定辦理）。
3. 電壓閃爍：發電設備在責任分界點所造成之電壓閃爍值，需符合 IEEE 519 之規定（電壓突降在 3%以下）。
4. 諧波：依 IEEE 519 規定辦理（電壓總諧波 5%以下、各次諧波 3%以下）。
5. 故障及復原：配電系統一相或多相電壓驟降至 30%以下，用戶保護設備必須於 0.166 秒（10cycle）內自動跳脫。系統跳脫後用戶要併聯，必須等系統電壓、頻率穩定至少 120 秒後才可併聯。
6. 業者之發電機必須配備硬體及軟體之保護設計，防止發電機供電至一已經停電之配電線路（具備防止發生單獨運轉裝置）。

7. 業者之發電機必須配備硬體及軟體之保護設計，防止發電機供電或併聯至電壓及頻率尚未穩定之配電系統。
8. 業者必須使用經過國家認可機構核准或電力公司認可之設備。
9. 當配電系統故障導致停電或發生短路故障，或因鐵磁共振產生過電壓。此時用戶之發電設備必須具備保護功能，以避免上述現象損壞發電設備。
10. 超過 2MW 之用戶發電設備，用戶必須提供通訊線路以便和電力公司聯絡。
11. 小於 50kw 單相發電機之控制、保護及安全設備要求：必須具備之保護設備為，過電壓及低電壓電驛保護、高頻及低頻電驛保護、同步偵測設備。
12. 三相同步發電機、感應發電機及換流器 (inverter) 系統之控制、保護及安全設備要求：
 - a. 三相同步發電機：需要有手動或自動同步設備，激磁系統反應比值 (excitation system response ratio) 不得小於 0.5。發電機容量大於 2MW 之發電機，每台發電機必須擁有自動電壓調整裝置 (automatic voltage regulator AVR)。
 - b. 三相感應式發電機及換流器系統：三相感應式發電機其啟動電壓降必須符合 IEEE519 規定，line-commutated 型換

流器不需要有同步設備，Self-commutated 型換流器必須要有同步設備。

c. 保護功能要求：單相發電機及三相不同容量發電機保護功能要求如下表：

DG Interconnection Requirements						
Feature	Closed Trans- -ition	Single- -Phase	Three-Phase			
			Capacity			
	≤10 MW	≤50 kW	≤10 kW	10 kW - 500 kW	500 kW - 2 MW	2 MW - 10 MW
PUCT Rule Reference	\$25.212- (c)	\$25.212(d)	\$25.212(e)- (3)(A)	\$25.212(e)(3)- (B)	\$25.212(e)- (3)(C)	\$25.212- (e)(3)(D)
Interrupting devices (capable of interrupting maximum available fault current)	✓	✓	✓	✓	✓	[4]
Interconnection disconnect device (manual, lockable, visible, accessible)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Generator disconnect device	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Over-voltage trip	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Under-voltage trip	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Over/Under frequency trip	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Synchronizing check (A: Automatic, M: Manual)	A	A/M [1]	A/M [1]	A/M [1]	A [1]	A [1]
Ground over-voltage or over-current trip	[2]			[2]	[2]	[2]
Reverse power sensing				[3]	[3]	[3]
If exporting, power direction function may be used to block or delay under frequency trip					✓	✓
Automatic voltage regulator						[1]
Telemetry/transfer trip						✓

Notes:
 ✓ - Required feature (blank = not required);
 [1] - Required for facilities with stand-alone capability;
 [2] - May be required by TDU; selection based on grounding system;
 [3] - Required, unless generator is less than applicant minimum load, to verify non-export;
 [4] - Systems exporting shall have either redundant or listed devices

四、City of Palo Alto (加州 Palo Alto 市立電力公司)：

加州州政府對於市立電力公司，並沒有規定分散型電力之審核標準，而是由市立電力公司自行訂定，經訪問 City of Palo Alto 公共事業部 Karl E. Knapp 先生告知，目前 Palo Alto 市立電力公司僅有太陽能發電 (photovoltaics) 之併聯要求，而為避免與用戶發生權益上之紛爭，基本上還是遵循 RULE-21 之規定，以下係 Palo Alto 市立電力公司對太陽能發電之有關規定。

(一)、併聯標準：本標準敘述非公營事業擁有之太陽能發電

業者，欲併聯至電力系統時之要求及條件。

1. 分散型電力需符合 National Electrical Code (NEC 690) 標準、IEEE P1547/D07、IEEE std. 929-2000、UL 1741。
2. 連接至配電盤的換流器 (inverter) 線路必須為單獨線路，且須有線路開關或熔絲保護。
3. 太陽能發電之過電流裝置裝設於配電盤時，必須註明為太陽能發電用。
4. 換流器 (inverter) 線路上必須裝設一附鎖和有明顯開、閉功能之開關，且需裝設於電力公司人員易於接近之處。
5. 換流器 (inverter) 必須通過加州能源委員會之核可，並且遵循下列併聯規定：
 - a. 當線路發生故障或停電時，換流器 (inverter) 必須能自動偵測並解聯，待系統恢復正常時才可併聯。
 - b. 換流器 (inverter) 必須符合 UL1741 規定之電壓、頻率及過電流設定。
 - c. 換流器 (inverter) 輸出必須符合 IEEE and UL1741 標準 (滿載時輸出總電流諧波失真必需小於 5%)。

(二)、檢查程序：本標準敘述非公營事業擁有之太陽能發電業者，欲併聯至電力系統時之檢查程序。

1. 交流隔離開關：

- a. 核對開關是否容易接近及標示 PV 專用。
- b. 核對電壓及電流額定是否和 PV 相符。
- c. 核對開關是否有附鎖及有明顯開、閉功能。

2. 電錶：

- a. 核對電錶是否符合 EUSERC 規定。
- b. 檢查電錶是否符合安裝規定。
- c. 檢查電錶是否可正反、轉。

3. 換流器 (inverter)：

- a. 核對換流器是否經過認證，或經過電力公司核可。
- b. 確定換流器之電流輸出來至 PV。
- c. 關閉 PV 之線路開關，確定換流器之電壓輸出為零。

五、總結：

美國加州公共事業委員會 (California Public Utility Commission) 及德州公共事業委員會 (Public Utility Commission of Texas) 對分散型電力要求之併聯標準大皆相同，其審核流程圖雖有不同但是大體上皆有一共同之共識，那就是，為不需要作併聯研究之小型發電業者找出加速核准之路徑，並界定需做進一步研讀之分散型電力業者層級、運用技術及設備要求。

目前本公司之併聯標準係針對大型發電業者而制定，此併聯標準

是否適用於小型分散式發電業者，是需審慎考慮的。因此作者建議將來如果需要制定一套分散型電力標準，建議以 RULE-21 為範例，將分散型電力依大小不同制定審核流程，讓小型分散型電力業者能以低要求、低費用方式快速通過審查，以期鼓勵小型分散型電力業者，對大型分散型電力業者，則需做較完整之分析與較嚴謹之審查。

參考文獻

1. Pacific Gas and Electric Company : “ RULE 21 – GENERATING FACILITY INTERCONNECTIONS ” January, 2001 。
2. Public Utility Commission of Texas “ Distributed Generation Interconnection Manual ” February, 2001 。
3. City of Palo Alto Utilities Department : “ Inspection Procedure for Solar Photovoltaic Generating Facilities ” 。
5. City of Palo Alto : “ Interconnection Standards for Solar Photovoltaic Generating Facilities ” 。

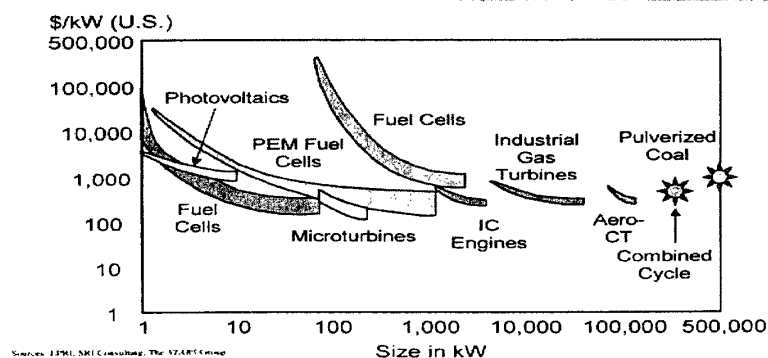
陸、分散型電力未來發展之趨勢與電力公司長期互動的關係

一、分散型電力發展之推動力：

分散型電力最特殊的優點是能供應用戶高品質高可靠度的電源，故未來的發展趨勢要依靠以下三大推動力：

1. 用戶對高品質與高可靠度用電的需求：在「資訊社會中」即使短暫的停電也可能對用戶造成巨大的損失，故用戶對電力品質與可靠度之需求將與日俱增，因此給與分散型電力極大的市場與發展空間。
2. 分散型電力科技的增進：目前分散型電力成本仍是相當的高。可是由於科技日益的增進，根據 The STARS GROUP 的分析成本已大行下降（如下圖所示），預估在 2008 年時大部份分散型電力已可與中央型火力電廠競爭。

Generation Cost Projections (2001-2008)



3. 電力事業自由化之演變：因為分散型電力多半是非電力公司所擁有，因此進入市場之速度與電力事業自由化的速度習習相關。而另一方面分散型電力也是電力自由化的一大推動力。

二、分散型電力未來之發展趨勢

關於分散型電力在國際市場上的發展，The STARS GROUP 在 2001 年作了一個全球性的預估，茲將主要結果綜合如下：分散型電力的發展會因上述三個推動力，在各地區之進展不同而有差異。The STARS GROUP 用「景況分析」(scenario analysis) 來模擬這些推動力在各地區可能演變，再加上中央性電廠燃料成本之未來趨向，共同結合來預測分散型電力之成長容量。

根據 The STARS GROUP 的分析，全球新增的分散型電力如表一所示，將由 2000 年的約 5600MW 增加到 2010 年約 8300MW。其中最大的發展將在美洲、西歐與澳洲。

表一：全球新增分散型電力容量預測 單位：MW

主要國家	2000 年	2005 年	2010 年
美國	1150	1372	1647
澳洲	634	774	937
巴西	264	330	398
墨西哥	190	244	310
德國	147	174	208

阿根廷	97	120	146
義大利	88	119	144
小計	2570	3127	3790
次要國家	852	774	745
黑馬國家	2384	3205	3778
合計	5606	7106	8313

資料來源：The STARS GROUP。

The STARS GROUP 更對亞太地區做進一步的分析，其預測結果如表

二：

表二：亞太地區新增分散型電力預測 單位：MW

	2000	2005	2010
主要國家			
澳洲	634	774	937
次要國家			
菲律賓	129	153	183
黑馬國家			
印度	994	1218	1476
印尼	282	327	388
馬來西亞	165	201	245
泰國	278	315	389

日本	448	511	578
其他國家			
中華民國	65	70	78
南韓	59	65	77
中國大陸	23	20	17
合計	3077	3654	4368

資料來源：The STARS GROUP。

這些分散型電力在總數比例上雖然仍是很小，可是增加的速度很快。由於分散型電力具備模組化的發電技術，可以很容易、迅速的安裝於用戶處，所以許多用戶會有意願使用分散型電力。

基本上會使用分散型電力的人，是希望能增進本身供電可靠度與品質，或希望減少對電力公司的購電成本，或者希望使用綠色能源(即使電費較貴)，因此當他們看到效果(可靠度與品質增進或電費減少)及瞭解他們能對環境盡一份心力時，就更會繼續使用。作者在美國訪問一位販賣 PV 設備的業者，他說，當用戶看到了使用 PV 的成效後，反而更會注意減少居家的用電，這種效果比政令宣導更具功效，相對的也幫助了電力公司減少電力吃緊之窘境，達到雙贏的局面。

在台灣由於政府之積極鼓勵，不久之後會有愈來愈多的分散型電力加入市場，如何適當的規範與鼓勵是台電應該努力的方向，同時台

電也應多聆聽業者的寶貴建議，將這些意見納入修改規章之參考，透過彼此間良好之互動相信更能促進分散型電力之發展。

參考文獻

The STARS GROUP, “ A Global Look at a Key Component of Decentralization ” Presentation to California Public Utilities Commission, April 2001.

柒、結論與建議

一、結論：

本研究報告首先分析分散型電力發展過程，及對電力公司綜合性電源與電力網路之衝擊，然後訪問不同的電力事業組織，包括大小電力公司、分散型電力業者與電力研究單位，來瞭解電力公司對分散型電力業者應有之重點措施與基本程序。其主要結論如下：

1. 分散型電力因用戶對電力品質與可靠度之需求、科技之增進，及電力自由化之普及而將加速成長，同時分散型電力業者也帶動電力事業之基本改變與自由化，因此電力公司必需及早釐定併聯與協調之標準與規章。

2. 這些標準與規章之重點在：

a. 安全可靠：電力公司需要一方面防範任何新的安全問題，另一方面也要維護整個系統的可靠度。

b. 公平合理：電力公司需要一方面配合國家政策鼓勵分散型電力發展，另一方面也要分散型電力負責它們特有的費用與裝置，及因為它們而產生的額外裝置與對電力系統之影響。

c. 紛爭處理：由於運作之複雜與利益之衝突，電力公司與分散型電力業者之紛爭在所難免，因此必須要有，有效力的負責機構與完善的調解方法。

3. 建立這些標準與規章，美國的經驗是對不同大小之分散型電力做

不同的措施，一般極小型的分散型電力因影響小因此要求也少，而對較大型分散型電力則要求較嚴格。

二、 建議：

根據本報告之成果對分散型電力作以下之建議：

1. 對國內分散型電力之發展與國內有關政府單位作詳細分析，來瞭解那些分散型電力在未來台灣電力事業發展中，最有價值與重要性，而值得引進與鼓勵。
2. 台電配合國內外研究單位來詳細分析這些分散型電力，對台電系統與用戶衝擊與影響，以作未來訂定標準與規章之基礎。
3. 為達到鼓勵分散型電力加入電力系統的目的，如要訂定法規，法規訂定基本原則為，對小型分散型電力要求低、費用也低以期鼓勵，對大型分散型電力則需做完整的分析與較嚴格之審定，基於這個原則，台電需要訂定特別適合台灣的標準與法規，加州 RULE-21 是一個相當完善與實用的例子值得作詳細參考。
4. 依據法規為能迅速的審核申請案件，建議訂定一套分型電力審核流程，此流程規劃重點為，將不需要作併聯研究之小型發電業者規劃出加速核准之路徑，並界定需做進一步研讀之分散型電力業者層級、運用技術及設備要求。
5. 分散型電力之產品相當的多元化為了減少該產品（例如：inverter）對電力系統之影響，建議比照美國發展出一套認證制

度，由電力公司或第三者認證該項產品不會影響電力系統。並列出廠商名冊讓分散型電力業者能有購買依據，如此電力公司不必擔心該項產品是否會影響電力系統，更能快速的審核申請案件。

6. 由於分散型電力不論輸出電力大小，對電力系統而言都有潛在危險，除了電力公司本身需做好管控外，建議比照國外經驗要求業者承保第三責任險，以保障電力公司之權益。
7. 台電與政府有關單位研究如何制定紛爭調解機構與法規，以確保能有效解決問題。
8. 最後對於派遣出國研究人員建議提供筆記型電腦供其出國期間使用，以利各項研究作業並和公司保持無障礙的通訊管道。