

出國報告（出國類別：實習）

赴美國參加  
「再生能源與分散式電源整合研討會」

服務機關：台電系統規劃處

姓名職稱：黃子成 電機工程監

莊政宏 電機工程師

派赴國家：美國

出國期間：95年12月3日~95年12月10日

報告日期：96年1月25日

QP-08-00 F04

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴美國參加「再生能源與分散式電源整合研討會」

頁數 29 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/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

黃子成/台灣電力公司/系統規劃處/電機工程監/2366-6913

莊政宏/台灣電力公司/系統規劃處/電機工程師/2366-6913

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：95 年 12 月 3 日~95 年 12 月 10 日出國地區：美國

報告日期：96 年 2 月 1 日

分類號/目

關鍵詞：再生能源(Renewable Energy)、分散型電源(Distributed Generation)、離岸風場(Offshore Wind Farm)

內容摘要：(二百至三百字)

為配合國家再生能源政策，預計於民國 100 年前，全台至少需再架設 200 部或 30 萬瓩以上之風力機組。惟台灣本島地小人稠，陸上可建機組位置不多，長期勢必需朝海上開發風力廠址。其中彰化海域風力優良，初估可設置 294 部 3600 瓩風力機組。囿於國內對大型離岸風力發電計畫之經驗及知識仍不明確，故藉由參與本次研討會，以蒐集國外專家對大型離岸風場實際系衝檢討技術、經驗及相關併網規定。

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

# 目 錄

頁次

<b>第一章 行程紀要及出國目的</b> .....	<b>1</b>
一、 出國緣由與目的.....	1
二、 出返國行程.....	3
三、 心得與建議.....	3
<b>第二章 再生能源與分散型電源簡介</b> .....	<b>6</b>
一、 再生能源定義.....	6
二、 再生能源種類.....	7
三、 分散型電源.....	10
<b>第三章 離岸式風力發電計畫簡介</b> .....	<b>12</b>
一、 離岸風力計畫概要.....	12
二、 離岸式風力計畫可行性研究.....	13
三、 離岸式風力發電廠內部電網連接及上岸方式.....	15
<b>第四章 電網併聯規定範例</b> .....	<b>16</b>
一、 緣由.....	16
二、 電網併聯規定.....	16

# 表目錄

頁次

表一：全球已設置之離岸式風力發電計畫 ..... 12

## 圖目錄

	頁次
圖 1 ENE 公司所控制的網路區域 .....	17
圖 2 網路連接架構圖(單饋線式).....	20
圖 3 網路連接架構圖(雙饋線式).....	21
圖 4 網路連接架構圖(連接至變電所之母線(busbar).....	21
圖 5 發電機基本需求(Basic Requirements).....	24
圖 6 頻率變化對發電機有效電力輸出影響.....	25
圖 7 頻率介於 49.5-50.5Hz 且沒限制有效電力輸出時，發電機所需供應的 無效電力.....	26
圖 8 當系統發生事故時，併接點的電壓圖.....	28
圖 9 事故時電壓補償圖.....	28

# 第一章 行程紀要及出國目的

## 一、出國緣由與目的

### (一) 出國緣由

能源供應問題在近十年來，因「氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change)」的簽訂，而成為國際性議題。第三次締約國會議所簽訂之「京都議定書(Kyoto Protocol)」已於 94 年 2 月 16 日正式生效。而在我國 94 年度之能源政策白皮書及全國能源會議中亦明述：台灣的能源仰賴進口佔 98%，在世界能源日漸枯竭之際，我國若未能提高自主能源比例，對國家安全影響甚大，為提高國內能源供應的自主性，開發自產能源潛能，減少能源進口量，確保永續發展。再生能源發展目標為民國 99 年發電裝置容量達到約 500 萬瓩。惟台灣本島地小人稠，陸上可建機組位置不多，長期勢必需朝海上(離岸)開發風力廠址。

依據本公司 93 年委託工研院能資所完成之「台灣西部海域離岸式風力發電廠址初步評選研究」報告結論：我國桃園至台南間水深 -5m 至 -20m 海域中以彰化及雲林為優選，鑒於雲林廠址與工業局規劃之離島基礎工業區範圍有所重疊，開發計畫是否相容尚待釐清，本公司爰考慮優先開發彰化離岸風力廠址。而本公司開發處續據此委託外界(中興工程顧問公司)辦理「彰化離岸風力發電計畫可行性研究」

計畫，研究結果將做為本公司進行彰化離岸風力發電計畫開發案之重要參考。惟有關彰化離岸風場之電網引接方式及系統衝擊檢討並未包含於該可行性研究計畫，而須由本處(系統規劃處)辦理。囿於國內對大型離岸風力發電計畫之經驗及知識仍不明確，本處刻正積極向國外有大容量風力發電機組群併入系統經驗之國家及電力公司，了解進行系統併聯衝擊檢討模擬分析方法之資訊。

## (二) 出國目的

再生能源與分散式電源整合研討會(International Conference on Integration of Renewable and Distributed Energy Resources)係於2004年於歐洲比利時召開首次研討會。而第二次研討會(2006年)則於美國舊金山灣區那帕市舉辦。本次研討會為各國電力專家，對世界各國或地區推動之再生能源、分散式電源之整合提出詳細見解。藉由參與本次研討會，以蒐集國外專家對大型離岸風場實際系衝檢討技術、經驗及相關併網規定等資訊，俾為本公司評估大型風場機組匯入電網系統之各項技術考量及應採行之對策參考。

## 二、出返國行程

### (一) 去程：

95/12/3 台北 TAIPEI(19:50) → 95/12/3 舊金山 San Francisco  
(14:40)

### (二) 訓練課程期間：

95/12/4 ~ 95/12/8 參加「再生能源與分散式電源整合研討會」

### (三) 返程：

95/12/9 舊金山 San Francisco (16:10)→ 95/12/10 台北 TAIPEI  
(22:00)

## 三、心得與建議

(一) 本次會議共 5 天，約有 230 人參加。會議由各國電力專家以簡報方式報告再生能源與分散式電源運轉、規劃等經驗及展望。會中職等與數位專家商談大型風場系衝技術，摘述如下：

1. 大型風力發電計畫可行性研究案一般均採統合檢討，亦即由承辦顧問公司就各項議題進行評估，而電網併聯亦是分析項目之一。項目包括鄰近之風況資料蒐集、相關地理條件之調查（包括自然及社會人文條件）、風況觀測、風況特性及風能之分析評估、風力機設置地點、風力機規模設定（容量、台數、配置）、風力機種選定、風場內部電網連接及併網方式評估、環境影響評估(景

觀、噪音、陰影、民情)、計畫經濟性分析等。

2. 電力公司對風機性能之要求各有不同。原則上強調風機最大持續發電能力、無效電力需求、突入電流、電壓閃爍貢獻、諧波電流貢獻等之相關規範。另大型風場風機亦需具備提供電壓、頻率及電力調整之相關能力。
3. 大型風力發電計畫可行性評估階段，風機模型影響系統衝擊檢討之結果。於規劃階段一般均採典型風機模型模擬。
4. 風況特性影響風機之出力與動態特性分析結果。另風機商轉後，藉由風況預測軟體可有效提高全系統運轉調度之彈性。

(二) 電力是現代人日常生活中，不可缺少的能源，也是經濟發展的命脈。

石化能源枯竭，新能源有其必要性。火力發電不論是使用煤、石油或天然氣，終有竭盡之日（據統計石油蘊藏量約為四十年，煤約為二百二十年，天然氣約為六十年），而再生能源則是取之不盡用之不竭的。我國能源的利用以石化能源為主，但因非自產資源須極度仰賴進口。依目前再生能源發展現況，發電成本雖尚昂貴，但不應就此排除而不加以利用。本公司與其他業者均已嘗試小型再生能源發電系統，值得繼續從中學習經驗。

(三) 由於再生能源有分散性及個別為小發電量的特性，基本上不需由高壓電網接受調度中心指令轉輸給其他地區，而是直接引供給當地負載。故再生能源一般直接與最鄰近之電網併聯(配電系統)，不似傳

統發電為集中式且發電量大，往往須由高壓電網輸送到其他地區。

- (四) 改善工業結構、提高能源生產力、加強電能管理、設置高效率及省能設備、建立工業製程能源使用效率規範、發展都市及城際間大眾運輸系統、促進省能交通之發展、訂定建築物與器具之能源效率標準及推行能源效率認證制度等措施均可提高能源使用效益。

## 第二章 再生能源與分散型電源簡介

### 一、再生能源定義

能源可概分為再生能源和非再生能源，就如同字面上的定義，可以再生利用的能源就稱之為再生能源；反之就稱之為非再生能源。像煤、石油、天然氣、核能就是非再生能源。另根據聯合國環境規劃署（United Nations Environment Programme, UNEP）的定義，「再生能源（Renewable energy）」係指能取之不盡的天然資源，而再利用過程中不會造成污染，例如地熱能、水力能、潮汐能、太陽能、風能、生質能等，都是藉由自然界的能量轉成為人類可使用之能源。石化燃料雖亦是自然形成，但因形成時間需億年以上，故將煤、石油、天然氣等歸類為非再生能源。

除了水力外，目前世界上較具發展潛力的再生能源有風能、太陽能、地熱、海洋能及生質能等，其中以地熱發電、太陽能發電與風力發電於技術上已臻成熟並有電廠實際運轉經驗，惟就容量規模與經濟效益上仍難與傳統發電方式競爭。但將再生能源有效且經濟的轉換為一般民生供電，已成為先進科技國家兼顧環保與發電的重要產業發展政策之一。

## 二、再生能源種類

目前研究中之各種再生能源發電方法略有下列幾種：

### (一) 風力發電

風的產生是由於太陽將地表的空氣加溫，熱空氣上升後，低溫的重空氣就從四周橫向流入而造成空氣流動，形成風。早期人類就已知道在日常生活上利用風力，如使用風車來取水、灌溉等各種勞力工作及其他利用風力推動船隻做為交通工具等。

風力發電原理為利用風能轉動葉片，透過齒輪箱(或不需齒輪箱)帶動風機之轉子來發電。風力發電的歷史雖不長，但這二、三十年的時間，風機技術已有十足的進步。惟風力並非隨時穩定供應，除了季節變換之限制外，亦受短期或瞬時風速變化之影響。由於風力發電乃屬一種不穩定電源，其電氣特性與傳統水、火力發電不同，其匯入電網之電力品質亦與傳統水、火力機組之要求殊異。在目前現況，風力僅能做為輔助能源，尚無法完全替代傳統發電。目前台灣風電在電網中之佔比尚小，仍不足以影響整體輸電穩定性。但以歐洲部份國家之系統而言，風電在電網中之佔比高達 30% 以上，就需特別考量。

### (二) 地熱發電

地熱是存在於地球內部的熱能。地球原是一個熾熱的星球，外表雖已冷卻，但地球內部溫度仍非常的高。地球內部熱量蘊藏量非常豐富，是一種深具開發潛力的熱能資源。惟目前的技術僅能對地殼淺部

的地熱能源開發利用。未來技術如果更進步，則可開發較深的地熱時，熱能將源源不絕。

地熱能源的經濟用途，包括發電和熱能直接利用二種方式。利用溫差，熱能由地球內部向地球表面噴出。利用此現象可在地殼裂縫鑽兩個孔，各以管子連接地面，將冷水注入其中一個管子中，則蒸汽會由另一條管子噴出。利用汽井產生之蒸汽，推動汽輪機帶動發電機之轉子則可用以發電。

### (三) 潮汐發電

海洋水位形成高低變化是因為太陽、月亮作用於地球的萬有引力與地球自轉運動所引起，這種水位高低變化，稱為潮汐。潮汐發電就是利用漲潮與退潮的洋流來發電，與水力發電原理類似。當漲潮時海水自外流入，推動水輪機產生動力發電，退潮時海水退回大海，再一次推動水輪機發電。

### (四) 海洋溫差發電

海洋溫差發電 (Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC) 就是利用深海冷水與表層的溫海水之間的溫度差，經熱傳轉換來發電。理論上，有溫差就可以發電，溫差越大，效率越高、成本越低。

### (五) 燃料電池

燃料電池是一種把化學能直接轉換成電能的裝置。只要不斷地供

應燃料，燃料電池就可持續輸出電力。燃料一般是氫氣、甲醇、乙醇、天然氣或其他的碳氫化合物為主，而發電後之副產物是熱、純水及二氧化碳。由於燃料電池係利用氫、氧化學反應發電，無傳統電廠的噪音，亦不會對環境造成污染，非常適合作為小規模區域供電，例如用於電動車輛以替代汽油或柴油、手機或家用電器等設備。

#### (六) 生質能

生質能就是利用生質物經轉換所獲得的電與熱等可用的能源。生質物則泛指由生物產生的有機物質，例如木材與林業廢棄物、農作物與農業廢棄物、畜牧業廢棄物、廢水處理所產生的沼氣、垃圾掩埋場與下水道污泥處理廠所產生的沼氣等。生質能利用的技術其轉換為能源的方式可概分為直接燃燒、物理轉換、熱轉換、化學與生物轉換等技術。如把廢棄物直接燃燒以產生熱能與電力，就屬直接燃燒技術。例如現有的大型垃圾焚化廠，可具有焚化垃圾及發電之功能。

#### (七) 水力發電：

水自高處流下，將產生位能差。利用水流之動能與位能，水輪機就是把這兩種能量轉變為機械能，再由發電機轉變為電力。只要水流川流不息，此項發電功能可持續久遠，成為一種寶貴資源。而且發電用水流經水輪機後仍回歸河流未被消耗掉，尚可供應下游自來水及灌溉用水之需。

### 三、分散型電源

分散型電源(Distributed Generation, 以下簡稱 DG) 一般係指發電規模較小而可與系統併聯或獨立運轉之新型態發電技術。適合公用電業、群聚用戶及電力市場參與者。與大型集中電廠比較，DG 產生之污染較少，可直接裝設於負載中心(或與負載中心鄰近之地點)，如工業區、商業大樓或社區等。分散型電源較接近用戶負載端，可降低輸配電投資，並有助紓解電力傳輸瓶頸及降低潮流損失。此外，分散型電源發電技術尚兼具有回收廢熱之優點(如汽電共生)，整體能源利用效率較傳統發電技術高，對節能及環保均有貢獻。

#### (一) 分散型電源特性

由發電廠藉由高壓線路及變電設備，將電力輸送至家中，是一般民眾對電力事業的既定印象。其實，生活周遭的電力量並不局限於此。如停電時，希望有備用發電系統可緊急啟動及攤販常使用的柴油發電機，都不需透過輸變電線路，就能夠使大家有電可用。

過去，輸電系統是針對集中式發電系統所設計的，所以不適合分散型電源。分散型電力之興起與應用，在許多先進國家受到廣泛的討論與重視。然而國情各異，所需重視之議題不盡相同。太陽能、燃料電池、微型氣渦輪等新型能源或技術，因發電成本都還太貴規模尚小，必須等到成本價格降低具有競爭性時，才可能普及設置。因此，目前許多分散型電力大都應用於緊急備用電源方面。

對輻射型電網（radial grid）而言，分散型電源在電力併聯方面是個很大的技術挑戰。輻射型電網原本設計為單向送電，不允許逆向電力。過去，電力公司難以解決分散型電力所產生之逆送電力問題，尤其如果裝置容量較大時，另需要改善電網，而此增加成本於分散型電力之投資者。藉由網路控制技術之不斷更新，分散型電源所產出之電力，未來亦可藉由併聯網路接受配電系統調度，於必要時多餘電力產出轉售予電網，有助配電系統平抑尖峰負載及提高電力供應之品質及可靠度。

## （二）分散型電源系統之保護

分散型電源之併聯電壓等級以低壓配電階段為多。系統之保護議題涵蓋：逆向電力、電壓控制、短路電流之保護、接地之保護、防止孤島運轉、自動限制負載、線路失電壓偵測保護、常態電壓變化對應設備、瞬間電壓變化對應設備等。

## （三）分散型電源之展望

倘若分散型電源能與儲能系統共同運作，分散型電力亦可扮演重要之角色。然而分散型電力中，除了熱電共生還有少許經濟效益之外，多數分散型電力乃是為了配合政府之環保目標、及扶持產業開發新能源政策有關，經濟上暫時還無法與集中型電源競爭，尚待設備價格及燃料價格進一步下降，才可望有大規模成長。

### 第三章 離岸式風力發電計畫簡介

#### 一、離岸風力計畫概要

由於陸地上可供設置風機之場所有限，離岸式風場遂漸受重視。

目前全球已設置之離岸式風力發電計畫如表一所示。

表一：全球已設置之離岸式風力發電計畫

地點	國家	機組數目	風力機廠牌/大小	裝置容量(MW)	離岸距離(km)	設置年代
Nogersund	瑞典	1	Wind World 220kW	0.22	0.5	1990
Vindeby	丹麥	11	Bonus 450 kW	4.95	1.5-3	1991
Lely (Ijsselmeer)	荷蘭	4	NedWind 40-500kW	2.0	0.8	1994
Tuno Knob	丹麥	10	Vestas V-39-500kW	5.0	6	1995
Irene Vorrink	荷蘭	28	Nordtank 600kW	16.8	0.03	1996
Bockstigen	瑞典	5	Wind World 550kW	2.75	4	1997
Utgrunden	瑞典	7	Enron Wind 1.5MW	10.5	12	2000
Blyth	英國	2	Vestas 2MW	4	1	2000
Middelgrunden	丹麥	20	Bonus 2MW	40	2-3	2000
Yttre Stengrund	瑞典	5	NEG MICON 2MW	10	5	2001
Frederikshaven	丹麥	1	Vestas V90 3MW	3	0.5	2002
Horns Rev	丹麥	80	Vestas 2MW	160	14	2002
Samsoe	丹麥	10	Bonus 2.3MW	23	3.5	2003
Nysted	丹麥	72	Bonus 2.2MW	158.4	10	2003
Cape Cod	美國	130	Vestas 3.6MW	468	8	2006
Arklow	英國	7	GE 3.6 Offshore	25.2	10	2006

綜合以上的案例，風力發電逐漸成為再生能源中重要的一環，而離岸式風力發電更是未來風力發展的趨勢。就目前發展風力發電的國家，目前仍以歐洲較為先進，如英國、西班牙、德國、荷蘭、比利時等。而各國在興建第一座離岸式風力電場之規模亦各有不同，在英國，先從 2 座風機之離岸式風力電場(Blyth)開始，美國則一開始就興

建 130 座風機之離岸式風力電場(Cape Cod)。

規劃、興建離岸式風力電場時在鳥類、哺乳類動物、噪音、景觀、魚類資源等項目需作詳細的研究。離岸式風場開所發牽涉的專業相當廣泛，尤其對於環境的尊重，不允許由於離岸式風力電場的興建造成自然環境的破壞。例如興建前為了評估風能所建之離岸式風力觀測塔及興建後為了電場運轉所建之離岸式風力觀測塔等。審慎提出值得信賴的評估結果及經常溝通等，使得風力再生能源可以順利推動。

## 二、離岸式風力計畫可行性研究

(一) 離岸式風力發電計畫可行性研究案一般均採統合檢討，亦即由承辦顧問公司就各項議題進行評估，而電網併聯亦是分析項目之一。

(二) 一般性研究重點至少包括：

1. 基本環境資料整理與分析（海象、氣象、地形、地質、陸海域生態、現有文獻有關鳥類路徑之資料、社會人文）
2. 風能分析(資料蒐集檢視及風能分析)
3. 廠址地形變遷模擬分析
4. 可行機組及容量選擇（含海上風力機組設計上之特別考量）
5. 廠址取得規劃（含範圍面積、法規、流程、租用或購置等）
6. 計畫申設流程及法規
7. 工程規劃(含風力機佈置方案規劃檢討、基礎及結構初步設計、

風力機內部佈置、併聯及其路線工程規劃、變電站規劃、陸上  
工作站選址及規劃、工作船隊及泊靠點規劃、工程及運輸計畫、  
運轉及維護規劃、工程費用分析、發電估計及成本估算)

8. 漁業影響(含漁業權現況、對航道、漁獲量及魚礁區等之影響、  
漁業補償初估、與漁業合作方式)
9. 候鳥之影響
10. 附近居民接受度之初步調查
11. 防蝕規劃
12. 可行性綜合評估(含工程、經濟、財務、經營方式、社會接受  
度、環境、產業發展、敏感度分析及建議)

(三) 一般安全性評估重點至少包括：

1. 風機結構動態安全分析(颱風+波浪+暴潮)
2. 水工模型試驗(基礎沖刷及結構物保護措施,進行兩種水深各一  
支風機試驗,比例 1/36 以上)
3. 天然災害風險評估(含颱風、地震、雷擊等)
4. 電網衝擊評估
5. 船隻碰撞風險評估
6. 施工及營運風險評估

### 三、離岸式風力發電廠內部電網連接及上岸方式

- (一) 海底電纜之輸電方式一般是以線路總長及輸電容量之不同，而評估採用交流(AC)或直流(DC)輸電。AC 輸電方式主要使用於路線總長較短及輸電容量較小之情形，AC 海底電纜當長度增加時，充電電流造成之電力損失將無法忽略，因此總長度受限。
- (二) DC 輸電方式主要使用於路線總長較長及輸電容量較大之情形，長距離輸電時容量損失小，也可用於聯繫不同頻率之系統。大部分之離岸式風力計畫採用 AC 方式輸電，但隨著 AC/DC 轉換技術之進步及具備經濟性後，未來的離岸式風力發電廠極可能優先採用 DC 方式。
- (三) 依據國外之研究，離岸式風力電廠海纜連接上岸所採用之電壓有以下之選擇：
- 方法一、採用數條中等電壓(<35KV)之交流海纜
  - 方法二、採用單一高壓交流電纜(100~200KV)
  - 方法三、採用高壓直流 HVDC(High Voltage Direct Current)電纜

## 第四章 電網併聯規定範例

### 一、緣由

對再生能源推廣不遺餘力的德國，擁有之風力發電裝置容量為世界之冠，在風能的運用上，已有值得其他國家學習的良好成效，亦是能源科技研發的先趨者之一。E. ON 公司為德國境內涵蓋風力發電量最大的輸電公司。該公司之電網併聯規定摘錄如下。

### 二、電網併聯規定

#### (一) 概述

本併聯規定適用於併聯在高壓(60~110kV)或超高壓(220kV 以上)網路之設備。主要討論德國的輸電系統運轉公司(E.ON Netz GmbH, ENE 公司)及欲連接至該網路的電廠(稱之連接者)兩者之間所需的協調工作。亦即當設立新電廠並規劃運轉在高壓或超高壓系統網路時，其必須滿足網路準則(Grid Code)的相關規定，且若有運轉上需求時，也亦需滿足，相關準則如網路技術手冊(Technisches Handbuch Netz)及電力系統協調最小需求(The minimum requirements of the Union for the Coordination of Transmission of Electricity, UCTE)。

#### 1. 責任

輸電系統公司(ENE)：主要針對其輸電網路進行運轉、維護及興

建其他輸電線路。並且有責任義務訂定出設備併聯於此網路下所需滿足的最小技術規定需求；該公司所控制的網路如圖 1 所示。

連接者(Connectee's)：需遵守網路準則規定，且亦需保證連至網路及設備也需證明符合規定。

## 2. 系統架構

ENE 公司主要運轉三相 50Hz 系統，並包含不同電壓等級的輸電系統如 380kV、220kV 或 110kV 等級。

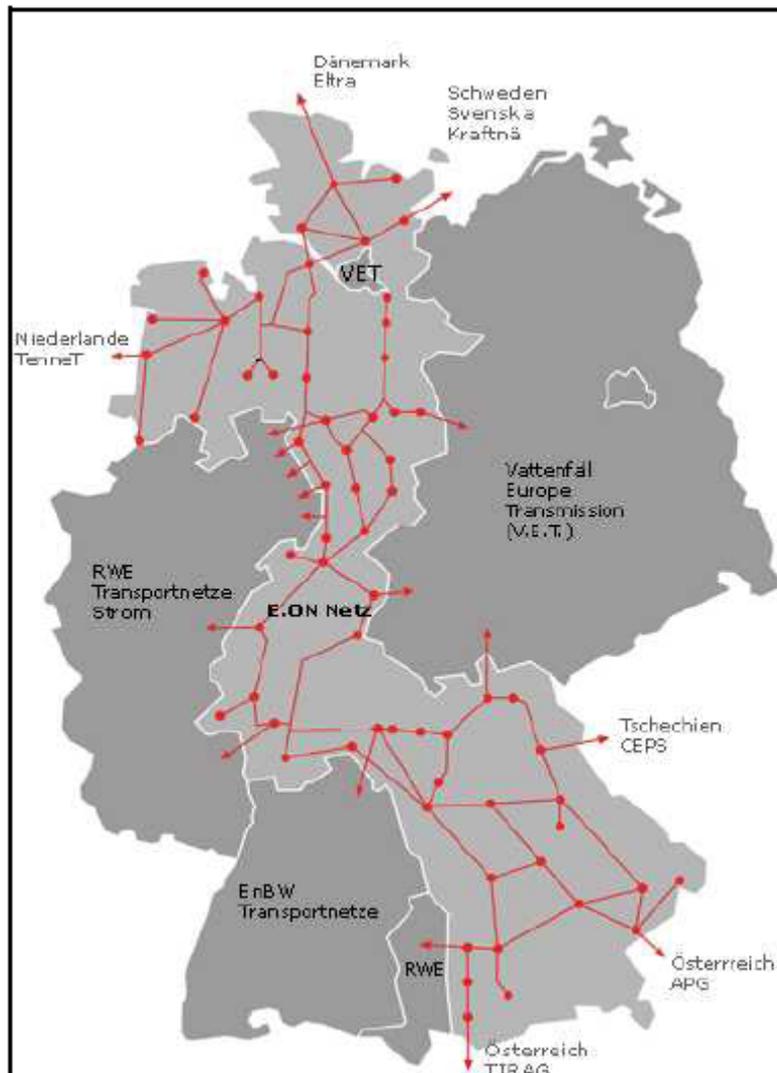


圖 1 ENE 公司所控制的網路區域

### 3. 範圍

網路準則(Grid Code)可應用在所有 ENE 系統中之高壓及超高壓等級之網路；連接者亦需確保所連接網路規定在其合約範圍內。亦即網路準則可以提供資訊給連接者知道，當機組加入後會如何影響 ENE 網路運轉，以提供輸電系統操作者與連接者能互相瞭解。

#### (二) 電網連接概念

當 ENE 與連接者間有新網路連接加入至系統或既設網路有變更時，則需考量網路變更時的技術面需求、電網定義描述等相關檢討概念。所謂電網連接概念即 ENE 公司需檢查連接者所提的需求項目，並滿足網路檢討相關條件如(電網連接的容量限制、無效電力檢討、短路電流分析及可靠度分析等)下，以使併接點能符合運轉需求，且不會造成 ENE 在運轉上任何無法控制的因素。

為檢討分析連接者電廠加入後之影響，ENE 公司必須從連接者獲得必須的資料與訊息。除了上述合約內容之外，另外需實際考量重點如下所示：

1. 電網連接的容量
2. 保護概念
3. 無效電力交換
4. 連續運轉電壓、電壓變動率、電壓控制
5. 短路電流分析

6. 中性點分析
7. 系統穩態與動態分析
8. 絕緣協調、開關切換檢討
9. 諧波與閃爍
10. 考量線路 N-1 準則
11. 電網事故分析檢討

### (三) 電網連接需求

以下將說明連接者連接於系統網路拼接點時，其所必須滿足的最小需求項目。

#### 1. 所有連接者(connectees)必須滿足項目

##### (1) 一般資訊

連接者之所有電廠或設備，需經由開關設備(斷路器 CB 與隔離開關 ABS)連接至 ENE 所指定的電網連接點，藉由與 ENE 所協議的電網連接概念，連接者亦需設計適當的變電所、開關設備，並滿足規範需求。雖土地與設備屬於連接者所擁有，但連接者亦需提供適當空地、空間供 ENE 使用。

另連接者與 ENE 至少所必須交換的資料文件如附件 E 所示，並且保持資料更新，若有任何資料變動，亦需通知彼此雙方，並能夠使雙方達成協議。以下之系統狀況下，ENE 能夠暫時限制或切離連接者所連接至系統機組的容量：天然災害時、對系統運轉安全

造成危害時、設備或線路有過載、擁塞情況時、系統有解聯風險時、系統穩態或動態有不穩定之風險發生時、頻率變化過大時、系統發生無法預測事故時；保養、維修或建構新網路設備時。

## (2) 電網連接與電廠規劃

一般連接者連接至 ENE 電網之連接型式可分為單饋線、雙饋線或連接至變電所之母線(busbar)，分別如圖 2~圖 4 所示。

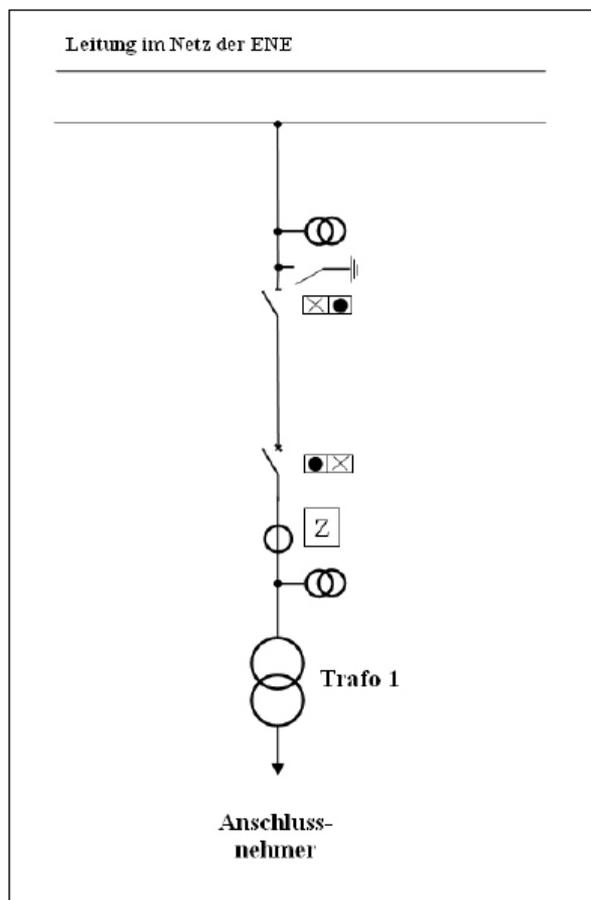


圖 2 網路連接架構圖(單饋線式)

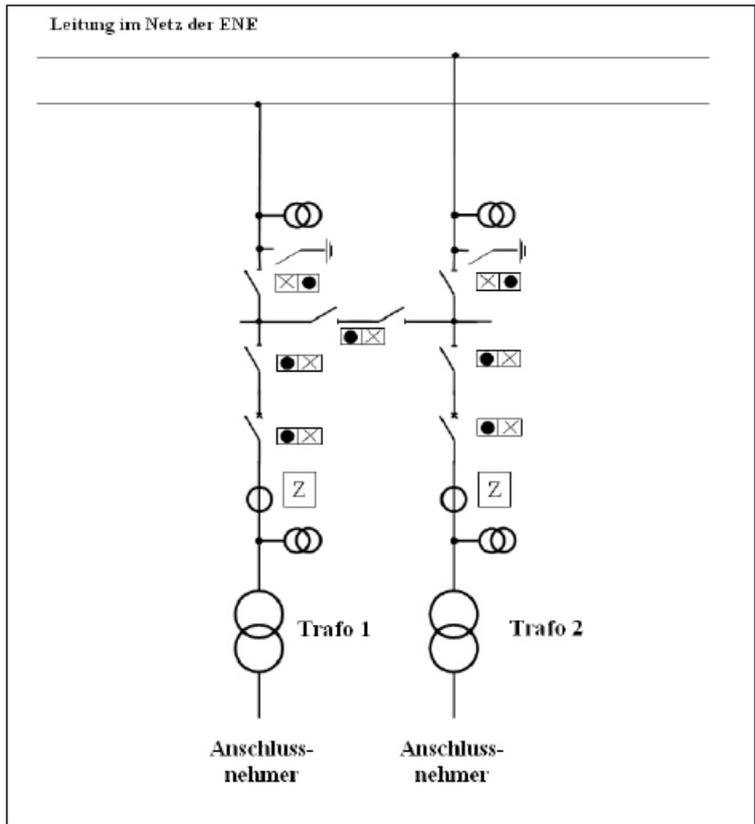


圖 3 網路連接架構圖(雙饋線式)

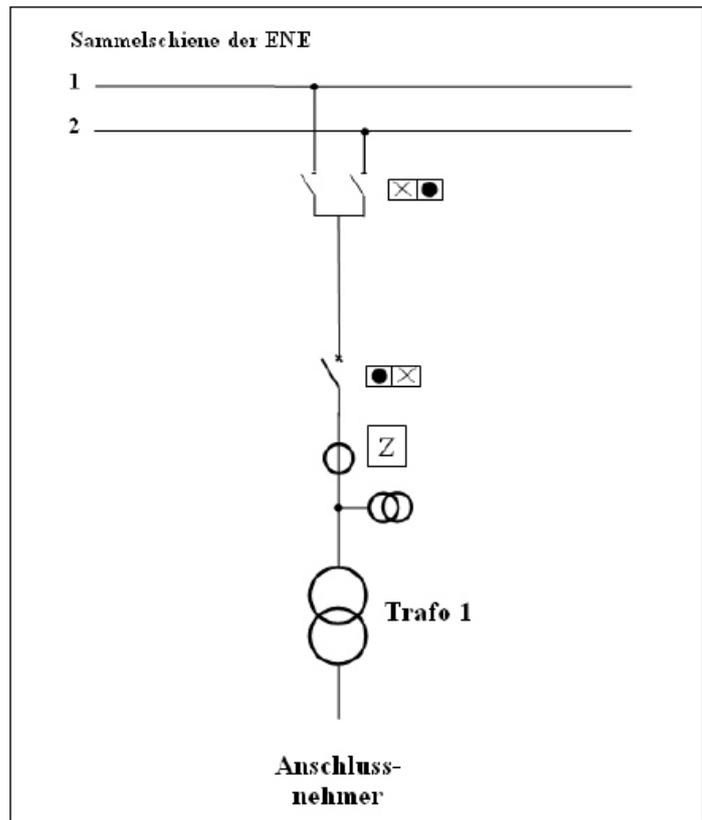


圖 4 網路連接架構圖(連接至變電所之母線(busbar))

### (3)無效電力的交換

一般而言，機組併接致系統的併接點，功率因素通常為 0.95~1.0，若有訂定相關合約的規範，則也可使無效電力能與系統間互相交換。

### (4)開關切換、運轉操作

操作任何電廠設備時，必須能夠確保設備本身功能、人員的安全為主。相關操作人員也須經有專業訓練，才有資格去操作，操作時亦需配合 ENE 的指令下達，才可進行相關動作。

### (5)系統擾動下運轉情形

當系統發生任何事故時，ENE 與連接者雙方都必須與彼此雙方確認，電廠與電網也必須在規劃設計時，能符合各種系統擾動下的運轉情形，如果因事故干擾而無法安全運轉時，也必須能自動與系統隔離，以確保網路輸電安全。

為研究各種事故、干擾下能達到運轉安全，ENE 可以提出特別的需求，而連接者必須配合對相關設備或運轉條件進行改善，以符合機組併聯網路的規定。

### (6)網路相互影響

連接者所引接的電力系統，必須先被設計與檢討與 ENE 網路的相互影響，且不能影響第三者用電的情況。

### (7)電壓特徵

ENE 系統正常運轉電壓乃根據 DIN EN 50160 規章規定。

A. 頻率範圍：49.5Hz~50.5Hz

B. 運轉電壓( $\pm 10\%$ )：380kV 網路，350-420kV

220kV 網路，193-245kV

110kV 網路，96-123kV

#### (8) 中性點設計

ENE 已經定義相關中性點的設計與接地方式，並且詳細說明各種不同電壓等級之中性點處置方式。

#### (9) 維護

ENE 與連接者各需負責維護其相關設備或發電廠，且其所有維護原件設備亦需保證能符合網路準則規定。除此之外，開關設備(斷路器、蓄電池、保護設備、隔離開關等)也需有定期保養維護的計畫。

### 2. 發電廠需求項目

#### (1) 一般項目

所有電廠引接至系統除需滿足基本的技術需求(Basic requirements)外，如圖 5 所示；若 ENE 為確保系統運轉可靠度，除需滿足上述基本要求外，亦可與連接者簽訂額外需求(Additional requirements)規定。

#### (2) 有效電力輸出

連接至系統的發電機組，對系統一定不能產生任何不可接受的影響衝擊。以下為發電機併聯至系統需滿足的條件：

A. 正常運轉，能正常出力

B. 負載變動時，發電機也能維持同步運轉，輸出電力

每一部發電機組，需有能力降低電能的輸出功能(每分鐘固定降低額定有效電力輸出 1%)。除此之外，當系統頻率有變動時，發電機組的出力能需維持額定輸出能力，如圖 6 所示。

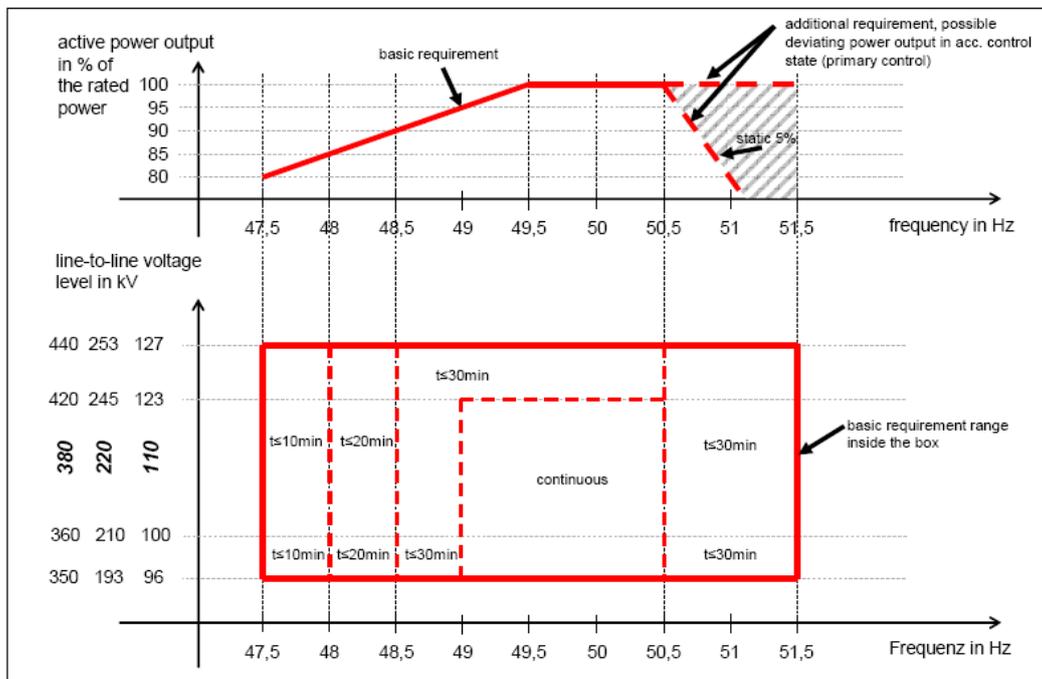


圖 5 發電機基本需求(Basic Requirements)

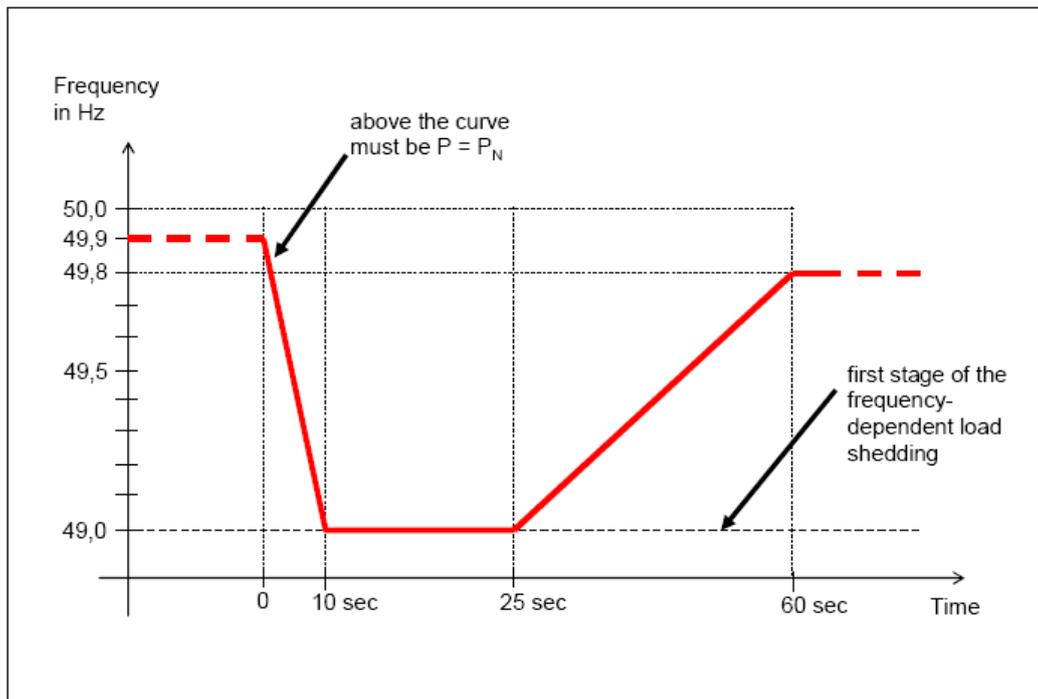


圖 6 頻率變化對發電機有效電力輸出影響

### (3) 頻率穩定度

所有發電機組符合必要的計數與運轉需求，則不僅可當成主要控制電源，二來也可控制電源輸出。為達此目的，則先前的詳細檢討就需先完成評估。

當發電廠容量 > 100MW 時，則在 ENE 網路中須可當成主要控制電源。反之，若發電廠容量 < 100MW，則 ENE 可視需求與連接者協議，亦可當成主要控制電源。以下為主要控制需滿足項目：

- A. 主要控制範圍必須至少在額定電力的  $\pm 2\%$ 。
- B. 機組出力與頻率間關係可以調整。
- C. 穩態頻率偏差在  $\pm 200\text{mHz}$ ，且需可在 30 秒內控制全部主要控制電力範圍，並於至少 15 分鐘內達成出力。

D. 當設定頻率有改變時，其主要控制電力必須在 15 分鐘後，  
可再被啟動。

E. 頻率誤差範圍介於 $\pm 10\text{mHz}$ 。

#### (4) 無效電力交換與電壓穩定度

圖 7 為發電機於併接點的無效電力交換情形，其無效電力的交換  
必須滿足 ENE 的設定規範值內。

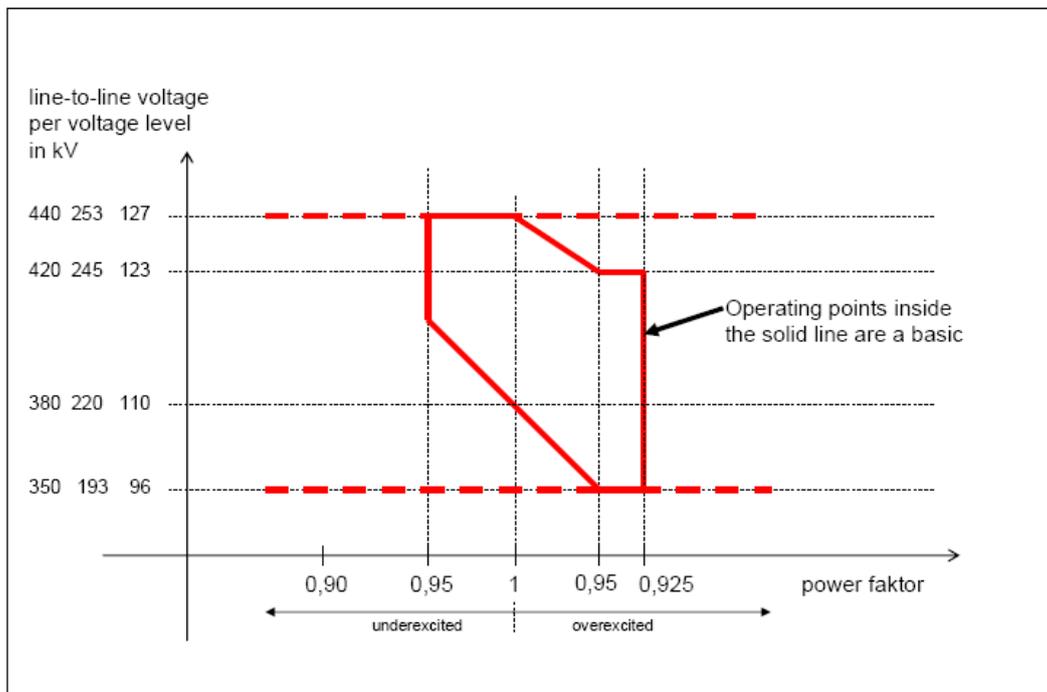


圖 7 頻率介於 49.5-50.5Hz 且沒限制有效電力輸出時，發電機所需

#### 供應的無效電力

如有必要，電廠設備本身亦需提供額外的需求，以確保電壓和無  
效電力的調整能夠完成。穩態運轉點的無效電力與系統的交換是  
由 ENE 所定義的，其定義的項目為：

A. 功率因素( $\cos \varphi$ )

B. 無效電力等級(Q Mvar)

### C. 電壓等級，及上下限

#### (5) 切離系統中的發電機

當頻率介於 47.5Hz 與 51.5Hz 時，將會自動從系統中切離發電機組；若頻率到達 47.5Hz 或 51.5Hz 時，則需立即切離系統。連接者與 ENE 也可訂定額外的需求，假如頻率上升值超過 50.5Hz 時，ENE 可以降低機組的出力，來作因應改善，如圖 5 所示。

#### (6) 系統擾動期間行為

當電力系統因外在行為發生小擾動時，其必須不能致使發電機有跳脫情況發生，而能繼續運轉，故其詳細檢討也必須在電廠操作者與 ENE 之間達成協議。以發電機為例，具有抑制電力振盪的控制是必須的，如電力系統穩定器(PSS)。

當 ENE 系統故障清除時或電驛自動復閉時，則 ENE 系統電壓將與連接者之電廠電壓將不同步，所以電廠操作人員必須確定電驛自動復閉後，並不會損害發電機軸承等設備。

圖 8 為同步發電機直接併聯於電網內，當發生三相短路事故 150ms 後故障清除，且不能產生不穩定或切離系統情況。由圖 8 可知，當系統發生三相短路事故時，機組併接點的電壓圖形。

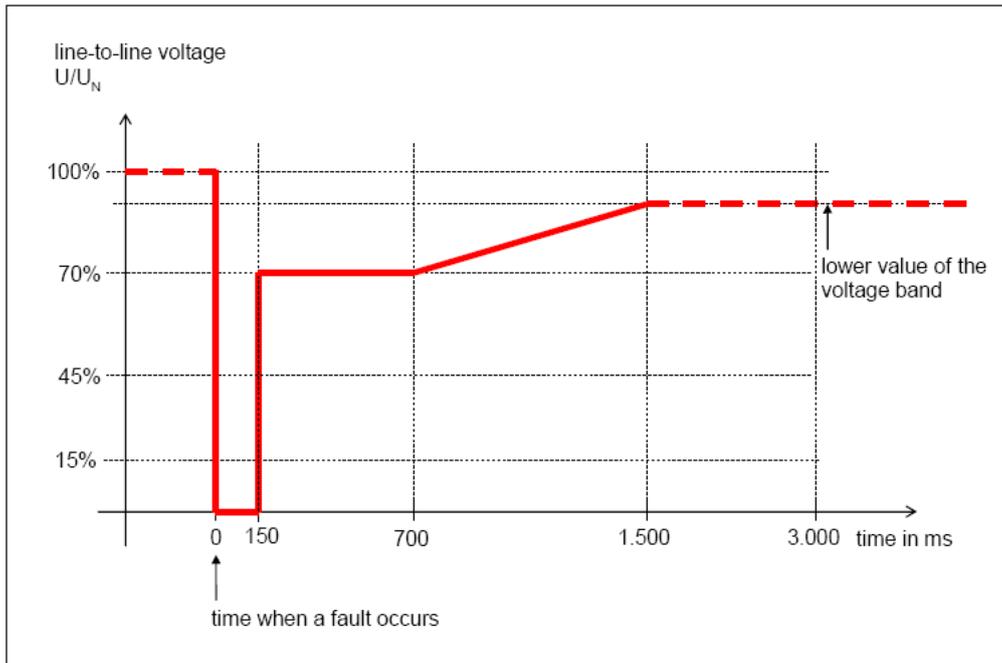


圖 8 當系統發生事故時，併接點的電壓圖

另外，當系統當壓發生壓降(dip)時，發電廠之發電機組必須有能力提供無效電力以補償電壓降。圖 9 為當發電機電壓之壓降超過額定 10%以上時，其電壓控制就必須動作如圖 9 所示。

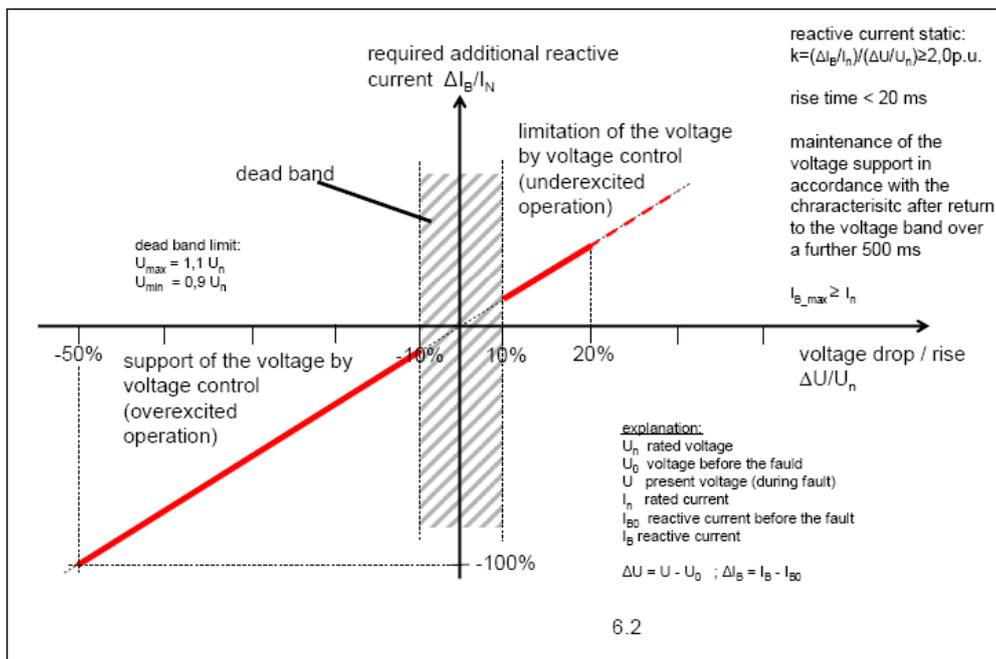


圖 9 事故時電壓補償圖

## (7)機電保護

所有保護設備的調整、觀念及設定皆必須獲得 ENE 與發電廠操作者所遵守依循。常見的項目有，電壓調整器、激磁設備與發電設備切離系統等控制保護設施。