

出國報告（出國類別：開會）

參訪美國電力研究院和
參加電力品質會議

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：劉運鴻 副處長

黃瓊誼 高品小組幹事

派赴國家：美國

出國期間：99年11月9日至99年11月20日

報告日期：100年1月

出國報告審核表

出國報告名稱：參訪美國電力研究院和參加電力品質會議		
出國人姓名	職稱	服務單位
劉運鴻	副處長	系統規劃處
黃瓊誼	高品小組幹事	系統規劃處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>開會</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年11月9日至99年11月20日		報告繳交日期：100年1月14日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____	
	<input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人		審 核 人		單 位 主 管		主 管 處 主 管		總 經 理 副 總 經 理
-------------	--	-------------	--	------------------	--	-----------------------	--	---------------------------------

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參訪美國電力研究院和參加電力品質會議

頁數 28 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：臺灣電力公司/陳德隆/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

劉運鴻	台灣電力公司	系統規劃處	副處長	02-2366-6891
黃瓊誼	台灣電力公司	系統規劃處	高品小組幹事	02-2366-6916

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他：開會

出國期間：99年11月9日至99年11月20日 出國地區：美國

報告日期：100年1月14日

分類號/目

關鍵詞：EPRI(美國電力研究院)、再生能源配比標準(Renewable Portfolio Standard)、Power Quality(電力品質)、Voltage Sag(電壓驟降)、Voltage Flicker(電壓閃爍)、Electric Arc Furnace(電弧爐)

內容摘要：

- 一、參訪美國電力研究院，討論有關再生能源配比標準、電網解聯控制方法、電力品質改善技術、提供用戶質優電力多元作法及電力品質組研究發展成果等，可作為本公司借鏡參考。
- 二、參加 EPRI 舉辦「電力品質會議」與「電壓閃爍會議」，議程包括電力品質監測技術、IEC 電壓閃爍管制標準、應用 FACTS 設備改善電壓閃爍問題、電壓閃爍實例檢討及電力品質最近發展技術等，頗值得本公司營運與客戶服務方面之運用與參考。

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

參訪美國電力研究院和參加電力品質會議

目 錄

	頁次
壹、感想與建議.....	1
貳、出國緣由.....	3
參、出國行程.....	4
肆、參訪美國電力研究院(EPRI)	5
一、EPRI 業務簡介.....	5
二、美國各州再生能源配比標準.....	6
三、EPRI 電力品質組研究發展.....	8
四、本公司獲得使用 EPRI 電力品質組研究成果.....	11
伍、參加 EPRI 電力品質與電壓閃爍會議.....	15
一、廠內電壓驟降評估程序.....	15
二、廠內電壓驟降改善設備.....	19
三、IEC 電壓閃爍管制標準.....	22
四、應用 FACTS 設備改善電弧爐引起之電壓閃爍問題分析...	24

壹、感想與建議

一、全美目前已有 32 個州及哥倫比亞特區由州政府訂定再生能源配
比標準(Renewable Portfolio Standard)與達成目標年限，其再生能
源配比是以佔售電量百分比或裝置容量值(MW)表示。依據目前
能源部所發布之資料，Maine 州在 2017 年需達成 40%再生能源
配比为最高，其次為加州在 2030 年需達成 33%，在 2025 年之前
需達成 15%以上者有 23 個州，本公司宜對再生能源引接於系統
之相關議題進行前瞻性之研究，以確保不受再生能源發電影響之
高可靠度與高品質供電系統。

二、考量國內產業界生產技術升級，採用甚多對電壓敏感的電子元
件，故時有客戶抱怨電力品質事件，並常一味要求本公司於系統
端改善。由於目前敏感負載尚無法規的限制，且數量正迅速增加
的環境下，未來用戶廠內電力品質改善將愈來愈重要。為了要掌
握國外先進技術，宜保持與 EPRI 的合作關係，以直接且持續獲
得 EPRI 的研究成果。

三、EPRI 諾克斯維爾分公司建立電壓驟降測試實驗室，針對不同控
制元件進行電壓驟降容忍度之測試，並對高科技產業提供廠內測
試之服務，進而提供相關之解決方案，在電壓驟降之測試與解決
上累積相當的經驗。EPRI 針對不同產業機台設備對電壓驟降之

改善建議知識庫，藉由本公司為 EPRI 會員，可將相關資訊與用戶共享，以維持和用戶的良好關係，並達成用戶教育訓練使瞭解電力品質在廠內改善乃為治本之目的。

四、有關電壓閃爍管制標準，本公司採用每秒鐘變化 10 次之等效電壓最大值 $\Delta V_{10\max}$ 以不超過 0.45% 為標準。然國際上之趨勢係採用 IEC 61000-4-15 與 IEC 61000-3-7 規範為標準，以 P_{st} 、 P_{lt} 兩種指標來量化電壓閃爍之影響，本公司可根據 ΔV_{10} 與 P_{st} 、 P_{lt} 指標之差異進行探討，藉以訂定符合本公司需求之電壓閃爍管制標準。

五、因考量電壓閃爍源會影響低壓照明燈具負載，IEC 電壓閃爍管制標準 P_{st} 、 P_{lt} 值會因系統電壓層級不同而相異，故低壓、中壓和高壓系統各有不同的指標管制值，此做法較切合實際，頗值得本公司探討全系統依電壓等級採用不同 ΔV_{10} 值之作法。

六、有關電壓驟降之統計指標，國際上主要以 SARFI (System Average RMS variation frequency Index) 為指標，配合 SEMI F47 曲線，而以 $SARFI_{SEMI\ F47}$ 做為評估機台設備對電壓驟降容忍曲線之參考依據，屬相對值量化評估方式。本公司目前以 SEMI F47 做為科學園區電壓驟降次數目標值統計，屬絕對值量化評估方式，為利於與國際接軌，相對值量化評估方式亦應持續運作。

貳、出國緣由

本公司為美國電力研究院之電力品質組(P1計畫)正式會員，為能充分運用會員權利，並獲得使用 EPRI 產品之經驗分享，爰出席 EPRI 於 99 年 11 月 15 日至 17 日在美國田納西州召開之「電力品質會議 (Power Quality Interest Group Meeting)」與「電壓閃爍會議 (Flicker Interest Group Meeting)」，另參訪 EPRI 具體討論再生能源最新發展、輸電網路規劃發展之相關研究、電力品質組研究發展成果等議題，以獲取最新技術應用方向，俾利本公司參考。

參、出國行程

本出國計畫自 99 年 11 月 9 日至 99 年 11 月 20 日止，為期 12 天。依序先參訪美國加州電力研究院，再轉赴田納西州 EPRI 諾克斯維爾分公司參加「電力品質會議(Power Quality Interest Group Meeting)」及「電壓閃爍會議(Flicker Interest Group Meeting)」，詳細行程如下表所示。

日期	天數	起訖地點	工作紀要
11/9 ~ 11/9	1	台北→美國舊金山	往程
11/10 ~ 11/11	2	舊金山	參訪美國電力研究院
11/12 ~ 11/12	1	舊金山→諾克斯維爾	行程
11/13 ~ 11/17	5	諾克斯維爾	參加電力品質會議及電壓閃爍會議
11/18 ~ 11/20	3	諾克斯維爾→舊金山→台北	返程

肆、參訪美國電力研究院 (EPRI)

一、EPRI 業務簡介

美國電力研究院成立於 1973 年，為獨立非營利之能源研究機構，其經費來自於能源工業界之贊助，所合作研究之成果可嘉惠所有會員和其客戶(用電戶)。目前 EPRI 服務之會員高達 450 個以上之能源相關機構，其中美國國內電力機構會員之發電量佔全美 90% 以上，另尚有 40 多個國家的國際性會員。

美國電力研究院 2009 年研究經費共 3.6 億美元(較 2008 年增加 0.22 億美元)，其中 66% 為投資者擁有之電力公司(IOU)贊助，18% 為國際性會員贊助。研究經費配比項目為發電(Generation)佔 24%、核能(Nuclear Power)佔 37%、電力傳輸與利用(Power Delivery & Utilization)佔 24%及環境(Environment)佔 15%。2008 年與 2009 年研究經費比較如表 4.1。

表 4.1 EPRI 2008 年與 2009 年研究經費比較

單位：百萬美元

研究項目	2008 年	2009 年
發電	83	88
核能	126	133
電力傳輸與利用	79	86
環境	50	53
總和	338	360

EPRI 為國際著名之電力研究機構，其發電研究業務包括先進的

煤&碳捕捉系統環境控制、發電規劃、燃燒汽機元件可靠度、運轉&維護、再生能源，核能研究業務包括先進的核能技術、設備&燃料的可靠度&安全性、材料劣化、核能運轉&資產處理、非破壞性評估，電力傳輸與利用研究業務包括變電所&輸電線可靠度、電網運轉&規劃、配電系統能源效率、Cross-Cutting 技術、電力品質，環境研究業務包括空氣品質、全球氣候變化、陸地&地下水、職場健康&安全、輸配電環保課題、水&生態系統等，各方面皆有傑出的研究成果，以提供會員相關技術與資訊。

二、美國各州再生能源配比標準

隨著再生能源應用的蓬勃發展，全美目前已有 27 個州及哥倫比亞特區由州政府訂定再生能源配比標準 (Renewable Portfolio Standard) 法案，這些地區的年度總售電量已超出全美售電量的一半以上。另外，North Dakota、South Dakota、Utah、Vermont 和 Virginia 等 5 個州對再生能源配比採取非強制性目標 (voluntary goal)，以取代具有管制目標 (binding target) 達成要求的 RPS 政策。

上述 32 個州及哥倫比亞特區之再生能源配比、達成目標年限及管制機構彙總如表 4.2，其中再生能源配比是以佔售電量百分比或裝置容量值 (MW) 表示。由表 4.2 可知 Maine 州在 2017 年需達成 40% 再生能源配比为最高，其次為加州在 2030 年需達成 33%，在 2020

年之前需達成 15%以上者有 14 個州，在 2025 年之前需達成 15%以上者有 23 個州，有 9 個州所訂再生能源配比为低於 15%。

表 4.2 美國各州再生能源配比標準

State	Amount	Year	Organization Administering RPS
Arizona	15%	2025	Arizona Corporation Commission
California	33%	2030	California Energy Commission
Colorado	20%	2020	Colorado Public Utilities Commission
Connecticut	23%	2020	Department of Public Utility Control
District of Columbia	20%	2020	DC Public Service Commission
Delaware	20%	2019	Delaware Energy Office
Hawaii	20%	2020	Hawaii Strategic Industries Division
Iowa	105 MW		Iowa Utilities Board
Illinois	25%	2025	Illinois Department of Commerce
Massachusetts	15%	2020	Massachusetts Division of Energy Resources
Maryland	20%	2022	Maryland Public Service Commission
Maine	40%	2017	Maine Public Utilities Commission
Michigan	10%	2015	Michigan Public Service Commission
Minnesota	25%	2025	Minnesota Department of Commerce
Missouri	15%	2021	Missouri Public Service Commission
Montana	15%	2015	Montana Public Service Commission
New Hampshire	23.8%	2025	New Hampshire Office of Energy and Planning
New Jersey	22.5%	2021	New Jersey Board of Public Utilities
New Mexico	20%	2020	New Mexico Public Regulation Commission
Nevada	20%	2015	Public Utilities Commission of Nevada
New York	24%	2013	New York Public Service Commission
North Carolina	12.5%	2021	North Carolina Utilities Commission
North Dakota*	10%	2015	North Dakota Public Service Commission
Oregon	25%	2025	Oregon Energy Office
Pennsylvania	8%	2020	Pennsylvania Public Utility Commission
Rhode Island	16%	2019	Rhode Island Public Utilities Commission
South Dakota*	10%	2015	South Dakota Public Utility Commission
Texas	5,880 MW	2015	Public Utility Commission of Texas
Utah*	20%	2025	Utah Department of Environmental Quality
Vermont*	10%	2013	Vermont Department of Public Service
Virginia*	12%	2022	Virginia Department of Mines, Minerals, and Energy
Washington	15%	2020	Washington Secretary of State
Wisconsin	10%	2015	Public Service Commission of Wisconsin

註 1：*表示採取非強制性目標。 註 2：資料來源為美國能源部網站。

三、EPRI 電力品質組研究發展

EPRI 電力品質組會員共有 51 家電力供應者參與(如表 4.3)，每年有 300 萬美元研究經費，已發表近 3000 份相關技術報告、簡報、規範與個案檢討報告等文件，研究方向包括 99 年度展開的 GridIQ 研究以作為新型負載(如 CFL、PHEV 充電器、PV 等)對電網電力品質影響之預測與模型化之平台、發展電力品質診斷系統 PQDS 以分析供電系統和負載間之電力品質相容性、開發 PQ Investigator 以發掘生產線對電力品質敏感的弱環節、更新 PQView 資料分析軟體、電力品質技術轉移和知識發展之服務等。

2010 年 EPRI 電力品質組下之四個小組即 PS1A、PS1B、PS1C 和 PS1D 的研究內容與成果說明如下：

1. PS1A 組的內容主要是改善輸電&配電之電力品質 (Improving PQ in Transmission and Distribution)，研究成果有：
 - 輸配電電力品質課題與改善之研究 P1.001 (PQ Issues and Solutions for T&D)。
 - 電力品質基準評價和標準之研究 P1.002 (PQ Benchmarking and Standards)。
 - 電力品質分析工具之研究 P1.003 (PQ Analysis Tools)。
2. PS1B 組的內容主要是電力品質監測設備並作智慧化應用 (PQ

Monitoring and Intelligent Applications)，研究成果有：

- 整合多元資料之研究 P1.004(Integration of Data from Multiple Sources)。
- 監測系統先進應用之研究 P1.005 (Advanced Application for Monitoring System)。
- 監測系統發展與管理之研究 P1.006 (Monitoring System Development and Management)。

3. PS1C 組的內容主要是供電系統和負載間電力品質相容性之研究 (PQ Compatibility between the Electrical System and Loads)，研究成果有：

- 系統相容性之研究 P1.007 (System Compatibility Research)。
- 量化電力品質技術評估之研究 P1.008 (Emerging PQ Technology Assessment)。
- 系統相容性評估評估工具之研究 P1.009 (System Compatibility Resources Tools)。

4. PS1D 組的內容主要是電力品質技術轉移和知識發展之服務 (PQ Technology Transfer and Knowledge Development)，研究成果有：

- 建構 MyPQ.epri.com 網站

- 最新電力品質技術文件
- 編寫 EPRI 電力品質百科全書
- 電力品質支援服務案例研討
- 出版 EPRI 電力品質期刊

表 4.3 EPRI 電力品質組會員名單

Alabama Electric Cooperative, Inc.	Lincoln Electric System
Alliant Energy Corporation	Long Island Power Authority
American Electric Power Service Corporation	MidAmerican Energy Holding Co.
Arkansas Electric Cooperative Corp.	Nebraska Public Power District
BC Hydro	New York Power Authority
California Dept. of Water Resources	Oncor
California Energy Commission	Pasadena Water & Power Dept.
CenterPoint Energy, Inc.	PNM Resources
Central Hudson Gas & Electric Corp.	Portland General Electric
Consolidated Edison Co. of New York	Progress Energy
Constellation Energy Group, Inc.	Provincial Electric Authority
CPS Energy.	Public Service Electric and Gas Co
Dairyland Power Cooperative	Richmond Power & Light
Dominion Virginia Power	Salt River Project
Duke Energy Corp.	San Diego Gas & Electric Co.
East Kentucky Power Cooperative, Inc.	Snohomish County Public Utility District
EDELCA - C.V.G. Electrificación Del Caroni C.A.	South Carolina Electric & Gas
Électricité de France	Southern California Edison Co.
Ergon Energy Corporation Ltd.	Southern Company
FirstEnergy Service Company	SP Power Assets
Golden Valley Electric Assn., Inc.	Taiwan Power Corporation
Great River Energy	Tennessee Valley Authority
Hetch Hetchy Water & Power	Tri-State G&T Association, Inc.
Hoosier Energy Rural Electric Coop., Inc	United Illuminating
Kyushu Electric	WPS Resources, Inc.
Kansas City Power & Light Co.	

四、本公司獲得使用 EPRI 電力品質組研究成果

本公司於 2010 年參加 EPRI 電力品質組 PS1D 會員，已取得之研究成果如下：

1. 13 篇電力品質技術文件（Tech Watch）主題包括：

- Power Quality Implications of New Loads
- Power Quality and Harmonic Impacts of Distributed Generation Technologies
- Understanding and Managing Residential Power Quality
- Understanding the Physics and PQ Impacts of Lightning
- The Impact of Reduced Steady-State Voltage on Equipment Ride-Through
- Surge Protection for Electronic Lighting
- Avoiding PQ Problems through Proper Grounding and Bonding
- Using PQ Data for Distribution Fault Location
- Understanding Ride-Through Protection Requirements for AC Induction Motors and Other End-Use Loads
- Surge Protective Devices: Convergence of Power and Communications for Critical Equipment & Applications
- Understanding the New Economics of Power Quality: A European Perspective
- Best Practices for Flicker Mitigation
- Management and Mitigation of Harmonics

2. 13 章電力品質百科全書（Encyclopedia）主題包括：

- Chapter 1 : What is Power Quality?
- Chapter 2 : The Economics of Power Quality
- Chapter 3 : Conducting a Power Quality Audit
- Chapter 4 : Understanding Voltage Sags
- Chapter 5 : Mitigation Techniques for Power Quality
- Chapter 6 : Understanding Voltage Flicker
- Chapter 7 : Understanding Harmonics
- Chapter 8 : PQ Standards for System Compatibility
- Chapter 9 : Adjustable-Speed Drive Technology and Power Quality Considerations
- Chapter 10 : Power Quality Monitoring: Concepts, Equipment, and Applications
- Chapter 11 : Understanding Power Factor
- Chapter 12 : Understanding Voltage Unbalance
- Chapter 13 : Transient and Temporary Overvoltage Protection

3. 12 件用戶電力品質諮詢案例（2010 Hotline）主題包括：

- How Interharmonics Change Voltage Amplitude
- Tripping of Ground-Fault Circuit Interrupter Outlet with No Apparent Load
- Overvoltage Fault Tripping of Adjustable-Speed Drives Caused by Capacitor-Switching Transients
- Potential Damage to Large Motors Caused by Momentary Interruptions
- Input Power Measurements for Adjustable-Speed Drives

- Malfunction and Failure of a Lighting Controller Caused by Conducted Emissions: Part 1
- Malfunction and Failure of a Lighting Controller Caused by Conducted Emissions: Part 2
- Malfunction and Failure of a Lighting Controller Caused by Damaged Ballasts and Conducted Emissions: Part 3
- Audible Noise Standards for Distribution Substation Transformers
- Can AM Radios Detect Arcing Caused by Line Faults? Part 1
- Can AM Radios Detect Arcing Caused by Line Faults? Part 2
- Proper Selection of Surge Suppressors for Multi-Port Devices

4. 9 件電力品質案例檢討 (PQ Case Study) 主題包括：

- Harmonic Effects of Adding Large Capacitor Banks to a Transmission System
- Frequency-Response Characteristics of an Underground Distribution Network
- Substation Capacitor Bank Converted to Harmonic Filter to Decrease Resonance in a Distribution System •
- Telecom Distributor Formulates Approach for Dealing with Voltage Sags and Interruptions
- Bridging Power Quality and Just-In-Time Issues at an Automotive Parts Manufacturer
- Bridging Power Quality and Just-In-Time Issues at an Automotive Parts Manufacturer

- Addressing “Looming” Power Quality Issues at a Rug Plant
- Unraveling the Mess—Solving Power Quality Issues at a Cable Manufacturer
- Addressing Power Quality Issues at a Foam Manufacturer

5. 9 篇電力品質期刊 (Signature Journal)

6. CIGRE/CIRED/UIE Joint Working Group C4.110 於 2010 年 4 月發表之「Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations」報告

7. EPRI 要求工業界建構較佳之 AC Ice Cube Relay 說帖

8. 2010 年 6 月 14 日至 17 日於加拿大 Fairmont 市舉辦之「PQ & Smart Distribution Conference」簡報資料

伍、參加 EPRI 電力品質與電壓閃爍會議

一、廠內電壓驟降評估程序

輸電網路和配電系統發生事故時，造成用戶電壓驟降而影響生產線作業，一般廠內設備對電壓驟降之容忍度可區分為三類，第一類為對電壓驟降降幅敏感，擾動期間是次要的，如低壓電驛、程序控制器、馬達驅動控制器和自動化機器等設備；第二類為對電壓驟降降幅和持續時間兩者皆敏感，當電壓降到設備容許值以下，會誤動作或失靈，因而電壓有效值低於設備跳脫設定值的期間，對這類設備最重要；第三類為對電壓驟降降幅和持續時間兩者以外的特性敏感，如對電壓驟降期間的相位不平衡、電壓驟降發生的電壓起始值、或擾動期間引起的任何暫態振盪，這些特性較難掌握，衝擊面亦難以推論。

要完整評估廠內設備對電壓驟降的敏感性，以組成診斷小組、決定改善達成目標、審查廠內製程和設備特性與運轉實績、規劃安排廠內診斷、實施廠內診斷分析及提出改善建議等六個步驟進行。所成立的診斷小組成員與工作包括：

1. 生產部門主管提供廠內設備資訊、設備運轉資料、進度安排及協調相關事宜。
2. 機台操作和維修之技術人員提供機台的運轉和誤動作資料。

3.電力公司人員提供用戶的電力供應方式和電網電壓驟降實績資料。

4.電力品質專家顧問從事資料分析、事故肇因與生產線弱環節之識別、及訂定改善問題之方案。

5.生產設備製造商協助設備軟硬體的修改。

考量投資成本和改善涵蓋範圍兩因素所常見的改善層面可分為設施端(facility level)、配電盤端(panel level)、機台設備端(machine level)和控制元件端(control level)如圖 5.1 所示。以投資成本來看，於設施端改善約 50 萬~500 萬美元以上，於降壓後配電盤端改善約 10 萬~50 萬美元以上，於機台端改善約 2 萬~20 萬美元，於控制元件端改善約 5 佰~5 仟美元，其中以控制元件如電驛、可程式邏輯控制器(PLC)、交流接觸器、直流電源供應器、馬達驅動器、感應器和電子式燈具端改善設備種類最多。設施端改善投資成本最高，可提昇整廠容忍度，而控制元件端改善投資成本最低，僅改善該敏感設備容忍度，採行何種改善層面，端賴於綜合供電品質環境和設備容忍度所做的經濟評估。

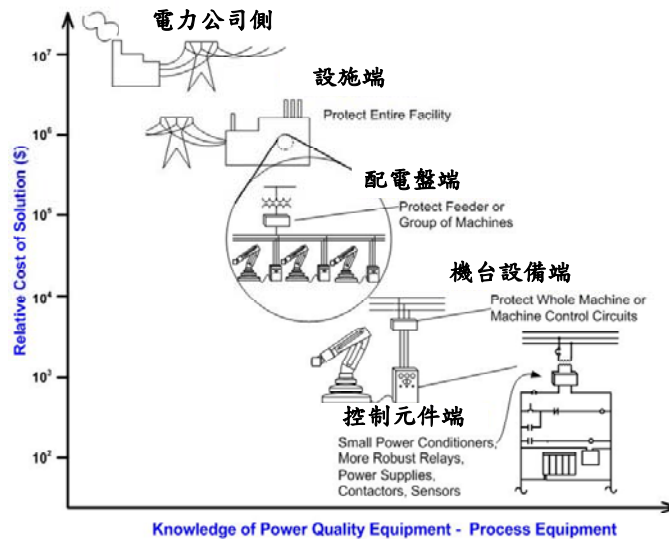


圖 5.1 電壓驟降改善層面和投資成本關係

進行工廠內電壓驟降評估前需先決定改善達成目標，是採行保護全廠免受任何電壓驟降影響，或是減少受影響發生次數的百分比，或是設備符合既有 ITIC、SEMI F47 或 IEC-61000-4-34 國際標準要求等，再依據所要求的改善目標，選擇成本效益最佳的解決方案。以廠內弱環節即一部具有可程式邏輯控制器元件、主接觸器控制元件和三相負載的簡單機台為例說明，原購買之機台容忍度為 PLC 在電壓驟降降幅 22% 以上、持續時間 0.02 秒時跳脫，主接觸器在降幅 35% 以上、持續時間 0.02 秒時跳脫，三相負載在降幅 58% 以上、持續時間 0.05 秒時跳脫，可獲知 PLC 和主接觸器敏感性高。依據過去紀錄實績，小組人員要將生產線受影響的次數減少 60% (14 次壓降減少為 6 次)，可於控制端即主接觸器電路中加入閉鎖線圈 (coil lock) 和在 PLC 電路中加入單相電力調節器，所需成本約為 1,929 美元，平均改善一次電壓驟降所需成本為 241 美元。若

要將生產線受影響的次數減少 85%(14 次壓降減少為 2 次)，可於機台設備端加入三相電力調節器，所需成本約為 20,000 美元，平均改善一次電壓驟降所需成本為 1,667 美元。

審查廠內製程和設備是否有任何瓶頸限制或互鎖效應，及識別所有潛在高敏感元件及其供應電源位置，以找出廠內生產製程弱環節或敏感設備。除由檢視電路圖瞭解外，並於現場診斷，觀察重點包括設備緊急啟斷電路、製程傳輸所使用電力、PLC 電力供應、電驛和接觸器是交流或直流系統、具有電壓條件的電路設計、電力變壓器地點、共同控制製程的設備、獨立操作系統等。因此，實施廠內診斷分析的任務為評估實際的容忍度及進行測試以識別敏感設備或電路，和推薦滿足容忍度目標的改善方法建議。截至 2010 年 6 月底美國電力研究院已對全球 25 家半導體廠與光電廠進行廠內設備評估診斷(site walkthrough)，並對 46 家高科技業者之生產機台進行 SEMI F47 測試如表 5.1 所示。

表 5.1 美國電力研究院對產業界進行廠內設備評估診斷

Semiconductor Plant PQ Audits	OEMs (SEMI F47 Testing)	OEMs (SEMI F47 Testing)
1. Albany Nanotech, Albany, NY	1. ABB Robotics	27. Mitsubishi
2. Asahi Kasei Microsystems, Japan	2. Accent Optical	28. Novellus
3. AUO, Hsinchu, Taiwan	3. Advanced Energy	29. Phoenix Contact
4. Chatered Semiconductor, Singapore	4. Alcatel	30. Powertron
5. ChiMei Optoelectronics Corp, Tainan, Taiwan	5. Allen Bradley/Rockwell Automation	31. PULS Power
6. Confidential Semiconductor Site, Chandler, AZ	6. Applied Materials	32. Reliability, Inc.
7. Confidential Semiconductor Site, Philippines	7. ASM	33. Rudolph Technologies
8. HP, Singapore	8. ASML	34. Schlumberger
9. Honeywell, Plymouth, MN	9. Axcelis	35. Schneider Electric
10. IBM, Burlington, VT	10. Carrier	35. SCP Global Technologies
11. IBM, East Fishkill, NY	11. CFM Technologies	36. SEMATECH
12. International Rectifier, Temecula	12. CTI	37. Semitool
13. Kyocera, Kagoshima, Japan	13. Densei-Lambda	38. Siemens
14. Lucent Technologies, Allen Town, PA	14. Durr Automation	39. SVG Lithography
15. LSI Logic, Colorado	15. ESI	40. SVG Thermco
16. Motorola, Ed Bluestien and Oak Hill in Austin, TX	16. Fanuc Robotics	41. Tokyo Electron Austin (TEA)
17. Motorola, Irvine, CA	17. FSI International	42. Tokyo Electron Kyushu (TKL)
18. Motorola, Mesa, AZ	18. Ibis	43. Tokyo Electron Massachusetts (TEM)
19. Philips Semiconductor, San Antonio	19. Johnson Controls	44. Trane
20. Qimonda, Sandston, VA	20. Johnson Controls, York, PA	45. Varian Semiconductor Equipment Associates, Inc.
21. Sony Semiconductor, San Antonio, TX	21. KLA-Tencor	46. York
22. SSMC, Singapore	22. Kuka Robotics	
23. ST Microelectronics, San Diego	23. Lambda EMI	
24. ST Microelectronics, Singapore	24. Mattson Technologies	
25. Winbond Semiconductor Plant, Hsinchu, Taiwan	25. McQuay International	
	26. Meiden Power Solutions	

*Note: Motorola is now Freescale

二、廠內電壓驟降改善設備

改善工廠內電壓驟降問題是以提升電壓為目的，而不是以補償電力中斷為目的，故產業界因電壓驟降造成生產損失，可藉著增購電壓補償設備以確保生產線運轉順利。為解決廠內電壓驟降問題，所增設的電壓補償設備裝設地點有下列五種選擇方式：

1. 裝設於廠內電源供應端即設施端，可提昇電壓以保護全廠包括敏感性和非感性負載免受電壓驟降影響，可能會有過保護的情形。改善設備有動態電壓調節器(Dynamic Voltage Regulator, DVR)、中壓級 UPS，改善設備組成因包含有中壓級的開關傳動裝置和變壓器等，故價格昂貴。
2. 裝設於廠內饋供對電壓敏感製程設備群之配電端，可提昇電壓以

保護整個的製程生產線，改善設備有動態 UPS、Mega 動態壓降修正器(Dynamic Sag Corrector, DySc)、動態電壓補償器(Dynamic Voltage Compensator, DynaCom)。

3. 裝設於對電壓敏感之機台設備端，可提昇電壓以保護次製程，改善設備有 UPS、Pro DySc、電壓驟降耐受變流器(Dip-Proofing Inverter, DPI)、定電壓變壓器(Constant Voltage Transformer, CVT)、DynaCom。
4. 裝設於對電壓敏感之機台設備控制元件端，以改善控制迴路之電源，可以改善大部分因電壓驟降之機台當機問題，改善設備有 UPS、Mini DySc、DPI、CVT、閉鎖線圈、MLP(Momentary Line Protector)。
5. 於採購機台設備時，要求設備製造商將渡過電壓不正常能力規範嵌入機台設備的設計中。

降低重要生產設備受電壓驟降影響，UPS 是最常用的解決方案，可用來減少電力品質事故的故障過程中遭受嚴重損害及成本損失的風險。UPS 可在電力供端與設備間形成緩衝，降低電壓驟降與脈衝等不正常情形，使工廠內的設備不受影響。靜態 UPS 運轉時間由數分鐘至數小時，依裝設之蓄電池容量而定，動態 UPS 則可持續供電。目前已商品化之 UPS 包括電容型、飛輪式、超高電容型、電

池型、鈉硫電池型 UPS 等，各類型之連接方式、補償時間、切換引起瞬斷時間、運轉效率、參考容量、維修及元件壽命等項目如表 5.2 所示。對於使用電池蓄電之 UPS，因一般電池壽命為 2 年，若無維修替換計畫則會出現緊急時未能及時提供電壓補償之缺點，且輸入端與輸出端之諧波產生及損失大。

表 5.2 UPS 改善設備比較表

設備名稱	電容型 UPS	飛輪式 UPS	超高電容型 UPS	電池型 UPS	鈉硫電池型 UPS
解決問題	電壓驟降	電壓驟降 電力瞬斷	電壓驟降 電力瞬斷	電壓驟降 停電	電壓驟降 停電
連接方式	市電充電方式(串聯補償電壓不足方式)	市電運轉方式(無失步方式)	市電充電方式(並聯切換方式)	以變流器充電方式	市電充電方式(並聯切換方式)
補償時間	約 0.1~2 秒(由電壓驟降程度決定)	約 10~130 秒(由負載容量決定)	1 秒	約 5~10 分	約 0~10 小時
切換引起瞬斷時間	5ms 以下(0.25 週波)	連續補償(不會瞬斷)	2ms 以下	不會瞬斷	20ms 以下(1 週波)
運轉效率(%)	98~99	96	97~98	90	98
參考容量(kVA)	~4000	~1670	~400	~1000	~8000
維修	很少(同裝甲開關設備)	注油 2 次/年 定期點檢 1 次/年	很少(同裝甲開關設備)	定期點檢 1 次/年	一般點檢 1 次/3 年 細密點檢 1 次/6 年
零件壽命	電解電容壽命 15 年以上	軸承壽命 7 年	超高電容壽命 10 年以上	電池壽命 3~8 年	電池壽命 12~15 年
備註	受限於補償能力但價格便宜	與發電機配合可應付長時間停電			可做為負載管理用

三、IEC 電壓閃爍管制標準

當電力系統中電壓閃爍污染嚴重時，會造成照明燈具光度的閃變，使人眼視覺產生不舒適感。電壓閃爍的形成原因來自於電力系統中具有快速變動的負載，如交流電弧爐、直流電弧爐、高週波感應爐、精煉爐、電焊機、鋸木機、粉煤機、碎石機和軋鋼電動機等，這些負載特點是在運轉過程中電功率隨機或週期性變動，引起電壓擾動，導致不良的電壓閃爍結果。為有效管制遽變負載用戶及線路引接共同點之電壓閃爍值，維持良好電力品質，本公司依據經濟部頒布之「屋內線路裝置規則」第四百三十一條，及本公司營業規則第三十六條，於95年8月16日發布「台灣電力股份有限公司電壓閃爍管制要點」，訂定電壓閃爍容許值是以每秒鐘變化10次之等效電壓最大值 $\Delta V_{10\max}$ 不超過百分之0.45%為規範，並於第十九條載明遽變負載用戶用電設備，符合其他國際通用電壓閃爍標準者，從其標準。

國際上之趨勢係採用國際電熱聯盟以電壓閃爍嚴重性做為評估依據之管制標準，電壓閃爍嚴重性可分為短時間嚴重性 P_{st} 與長時間嚴重性 P_{lt} 兩種指標來量化電壓閃爍之影響。依據IEC61000-4-15標準， P_{st} 指標是評估10分鐘量測視窗的連續性電壓變動訊號，經由式(5.1)統計過程產生，其中百分比 $P_{0.1}$ 、 P_{1s} 、 P_{3s} 、 P_{10s} 和 P_{50s} 分別為

電壓閃爍等級超出0.1、1.0、3.0、10.0和50.0的時間百分比， P_{LT} 指標是評估2小時量測視窗所得的 P_{st} 值，依式(5.2)平均計算而得，其中N為12(P_{st} 的數量)。

$$P_{ST} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.525P_{1s} + 0.0657P_{3s} + 0.28P_{10s} + 0.08P_{50s}} \quad \text{--(5.1)}$$

$$P_{LT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N P_{STi}^3}{N}} \quad \text{-----(5.2)}$$

IEC 61000-3-7定義電力系統電壓閃爍規劃準位(planning level)之評估步驟，作為該地區電壓閃爍源之管制與協調的分析計算基礎。通常系統規劃準位取累積機率95%對應值 $P_{st95\%}$ ，實際量測低於 $P_{st95\%}$ 應不會有任何問題或抱怨。在系統中A匯流排之閃爍值是該地區所有閃爍源之總和效應如式(5.3)，其中 P_{stA} 為A匯流排之用戶在共同點所產生之背景值，其他項則為遠端匯流排提供給A匯流排之閃爍值，T表示為閃爍轉移係數(Flicker Transfer Coefficient)，總和法則指數 α 之典型值為2或3。

$$P_{stA} = \sqrt[\alpha]{\sum P_{sti}^\alpha} \quad \text{-----(5.3)}$$

$$= \sqrt[\alpha]{P_{stA}^\alpha + (P_{stB}T_{AB})^\alpha + (P_{stC}T_{AC})^\alpha + \dots + (P_{stN}T_{AN})^\alpha}$$

若以系統觀點決定電壓閃爍規劃準位 Lp_{st} ，低壓、中壓和高壓系統表示如式(5.4)~式(5.6)，首先決定低壓系統 Lp_{stLV} ，再依序決定中壓 Lp_{stMV} 及高壓 Lp_{stHV} 。IEC 61000-3-7依照此步驟，假設低壓 $P_{st95\%}$ 為1.0、中壓-低壓閃爍轉移係數為1.0、低壓系統背景值為0.65，計

算得出中壓 $P_{st95\%}$ 為0.9；假設高壓-中壓閃爍轉移係數為1.0、中壓系統背景值為0.6，計算得出高壓 $P_{st95\%}$ 為0.8。英國工業界對132kV以下(含)之 P_{st} 規定最高值為1.25pu， P_{lt} 最高值為1.0pu，132kV以上之 P_{st} 規定最高值為1.0pu， P_{lt} 最高值為0.8pu， P_{lt} 與 P_{st} 之比值約為0.8。

$$L_{PstLV} \leq \sqrt{\alpha G_{PstLV}^{\alpha} + (T_{MV-LV} L_{PstMV})^{\alpha}} \text{-----}(5.4)$$

$$L_{PstMV} \leq \sqrt{\alpha G_{PstMV}^{\alpha} + (T_{HV-MV} L_{PstHV})^{\alpha}} \text{-----}(5.5)$$

$$L_{PstHV} \leq \sqrt{\alpha G_{PstHV}^{\alpha} + (T_{EHV-HV} L_{PstEHV})^{\alpha}} \text{-----}(5.6)$$

閃爍轉移係數 $T_{A \rightarrow B}$ 表示從匯流排 A 電壓閃爍污染源轉移至匯流排 B 之比例常數，計算式為 P_{stB} 對 P_{stA} 的比值。在放射系統中 $T_{A \rightarrow B}$ 可估算為匯流排 A 短路容量對匯流排 B 短路容量比值，在網狀系統中則可由阻抗矩陣 Z_{BA} 對 Z_{AA} 比值估算如式(5.7)，另可利用商用軟體 CAPE 與 ASPEN 詳細計算獲得。

$$T_{A \rightarrow B} = \frac{P_{stB}}{P_{stA}} \approx \frac{\left(\frac{\Delta V_B}{V_B}\right)_{rms}}{\left(\frac{\Delta V_A}{V_A}\right)_{rms}} = \frac{|Z_{BA}|}{|Z_{AA}|} \text{-----}(5.7)$$

四、應用 FACTS 設備改善電弧爐引起之電壓閃爍問題分析

電弧爐(Electric Arc Furnace)於 1907 年首次在美國問世，並於二次世界大戰期間被廣泛使用。交流電弧爐之特點為損失小、較便宜、電路簡單、維護成本低及可大容量化設計，直流電弧爐之特點為產生較小電壓閃爍源、低電極損耗、耐用性高、低耗電及適用於

引接弱系統，兩者各有其優劣點。電弧爐在熔化碎鐵期間，因用電量遽變，電壓閃爍源會發生在電壓變化 8.8Hz 附近，電壓閃爍值 $P_{st95\%}$ 可估算如式(5.8)，其中 K_{st} 常數在直流電弧爐之值約 40~45，交流電弧爐約 65， EAF_{MVA} 為電弧爐額定容量， S_{cn} 為系統短路容量。

$$P_{st95\%} = K_{st} * EAF_{MVA} * 1.7 / S_{cn} \dots\dots\dots(5.8)$$

ABB 公司生產之 FACTS 設備 SVC (Static Var Compensator)

是利用閘控電感器與電容器的相互結合，使電抗為可控性；SVC Light 設備通稱 STATCOM，是利用 IGBT 為基礎之電壓源形式之變流器設計，為可控性的電流源。渠等設備之製造除考量成本問題外，亦需考量不會造成電弧爐之電壓與功率因數降低，及可減少電極與電力的消耗。ABB 公司目前商品化之 SVC 設備最大額定容量為 300MVAR 電容性補償、最高電壓為 69kV、最大閘控電抗器電流可達 4000A，SVC Light 設備最大額定容量為 170MVAR 電容性補償、最高電壓為 36kV。

SVC 設備因輸出之補償電流與系統電壓有直接關連，若電壓低時補償能力將降低，故抑制電壓閃爍功能較差；SVC Light 設備因補償電流可由閘關閘流體控制，不受系統電壓限制，在系統電壓降低時仍可輸出全額補償量，故抑制電壓閃爍功能較佳。SVC 100MVAR 與 130MAR 電容性補償，及 SVC Light 100MVAR 之電

壓-電流特性如圖 5.2 所示，在電壓 0.8pu 及相同容量下，SVC Light 的補償能力優於 SVC，若 SVC 要達 SVC Light 的補償能力，則需增加 30MAR 電容性補償容量，時域模擬如圖 5.3 所示。

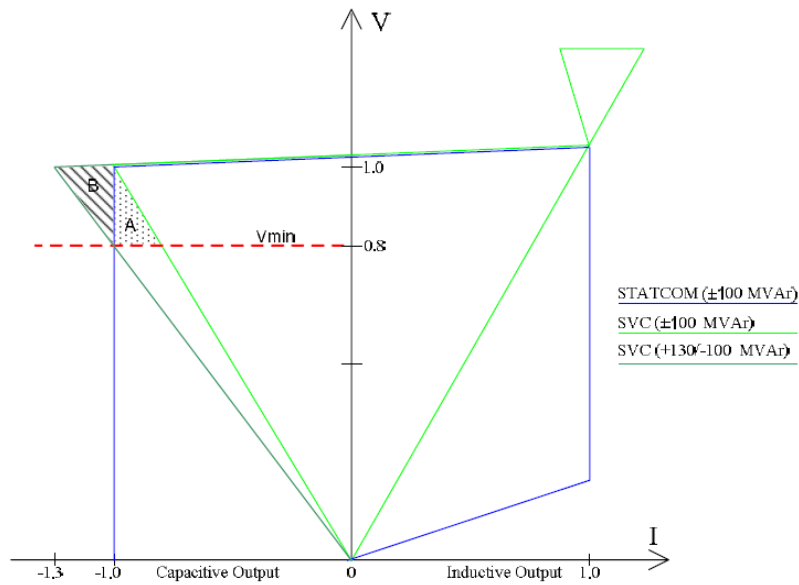


圖 5.2 SVC 與 SVC Light 電壓-電流特性

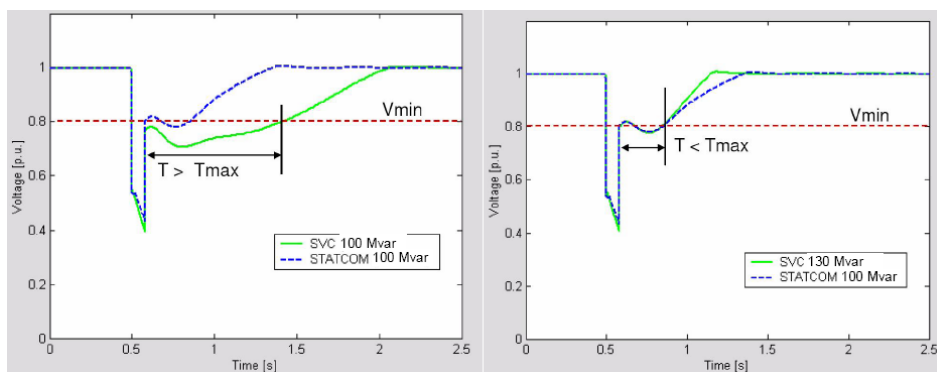


圖 5.3 SVC 與 SVC Light 運轉特性時域模擬

中國江蘇省張家港浦項不鏽鋼廠（Zhangjiagang Pohang Stainless Steel）廠內電弧爐容量為 140MVA，引接於 35kV 匯流排上，因於 220kV 責任分界點對其廠內電壓閃爍源管制要求減少因數(reduction factor)要大於 5，故採用 164MVAR 之 SVC Light 設備，運轉實績紀錄如圖 5.4 所示，可有效降低電弧爐所產生的電壓閃爍程度。

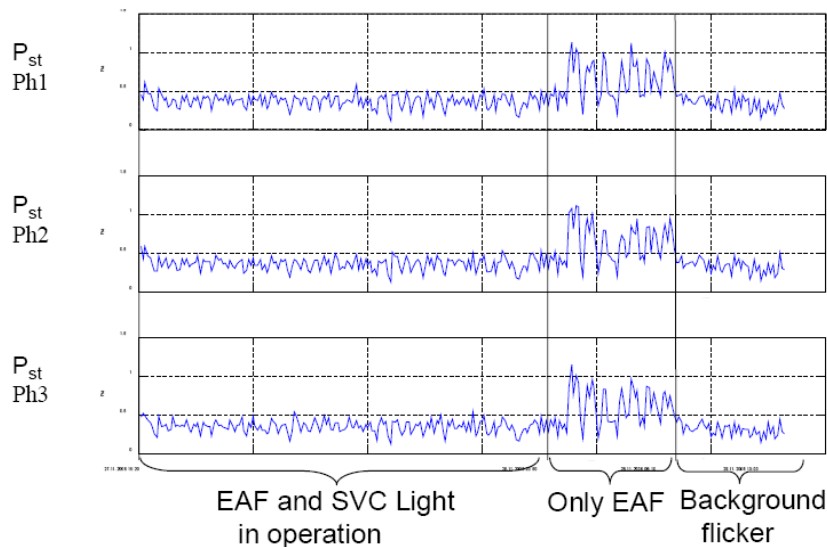


圖 5.4 中國張家港浦項不鏽鋼廠電壓閃爍 P_{st} 實測紀錄

日本福岡縣亞洲特殊鋼鐵廠（Asia Special Steel）廠內電弧爐容量為 35MVA 及精煉爐 12MVA，匯流排電壓為 22kV，因責任分界點引接於 66kV 弱系統，對其廠內電壓閃爍源管制要求 ΔV_{10max} 要小於 0.685，故採用 90MVAR 之 SVC Light 設備。2009 年 6 月 16 日在 66kV 匯流排連續測量 7 小時 ΔV_{10} 實測紀錄如圖 5.5 所示，未加裝 SVC Light 設備 ΔV_{10EAF} 大於 2.55，加裝 SVC Light 設備 ΔV_{10}

為 0.6(低於管制值 0.685)，可有效降低電弧爐所產生的電壓閃爍程度。

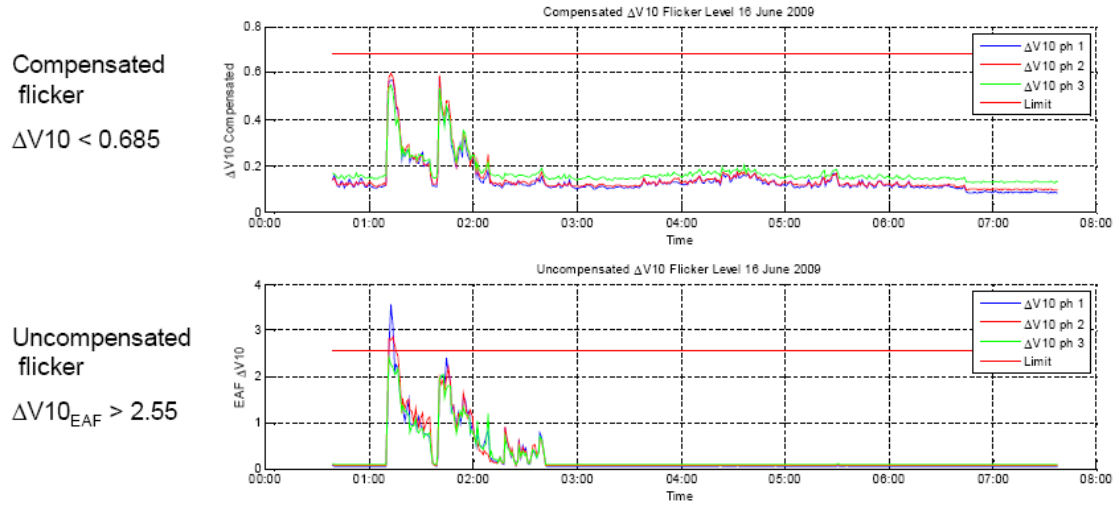


圖 5.5 日本亞洲特殊鋼鐵廠廠內 ΔV_{10} 實測紀錄