



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

UPS Load Management and Power Dip Defense

王儒生

J.S.Wang

台灣積體電路製造股份有限公司 八廠



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

大綱

- ❖ 不斷電系統型式與特性
- ❖ 電力品質影響與概述
- ❖ 半導體設備與電壓驟降問題
- ❖ 半導體設備模型分析
- ❖ 半導體製程設備防護能力提升
- ❖ 電力系統負載重整
- ❖ 製程設備線路修改實務



在如何在不大幅擴充UPS前提下

1. 提升生產機台壓降防禦能力？
2. 提升UPS裝置效益？
3. 新廠降低建置成本並兼具品質？

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

製程機台受電力影響當機原因

依據美國電力研究院(EPRI, Electric Power Research Institute) 與電力電子應用中心 (PEAC, Power Electronics Application Center) 研究報告, 分析機台遭受壓降時之異常原因分析, 研究結論指出在電壓驟降過程造成設備當機之原因, 如表(四)所示電壓驟降造成當機原因之比例。

Power Sag Susceptibility Ranking	Weak link	Overall Percentage
1	EMO Circuit : Pilot Relay (33%) and Main Contactor (14 %)	47%
2	DC Power Supplies : PC (7%), Controller (7%), I/O (5%)	19%
3	3 Phase Power Supplies : Magnetron (5%), RF(5%), Ion (2%)	12%
4	Vacuum Pumps	12%
5	Turbo Pumps	7%
6	AC Inverter Drives	2%



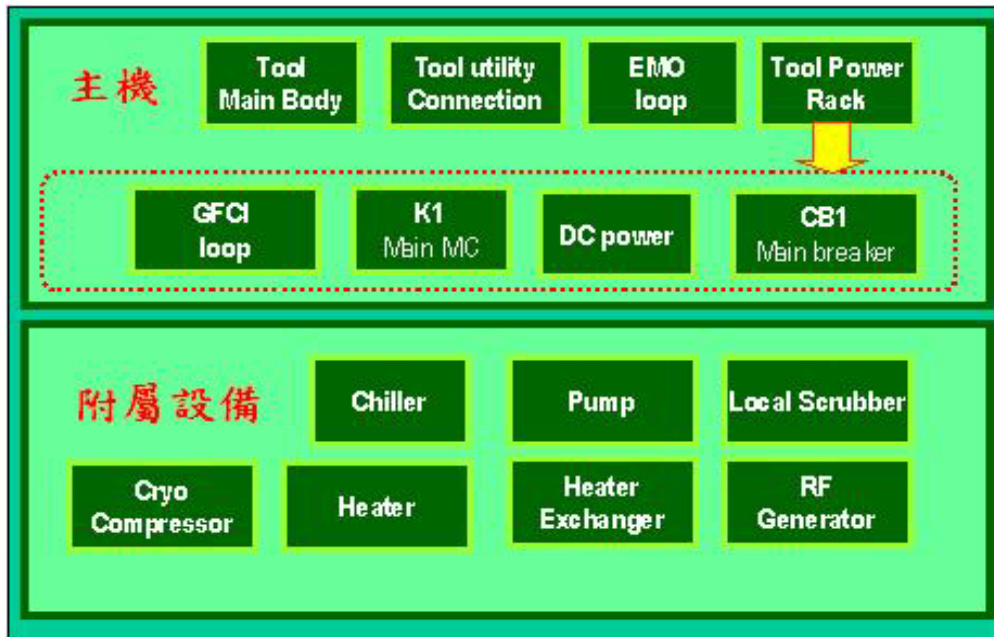
1. EMO circuit
2. Main MC contactor
3. GFCI (GFCT)
4. AC / DC power supply
5. Controller
6. Others (附屬設備或特殊需求)

製程機台受電力影響當機原因

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

製程機台模組化及電力特性分析

機台局部電源改接技術，透過製程機台模組化及電力特性分析，典型機台架構一般包含主機、附屬設備、控制系統與相關保護元件等所組成，如圖為半導體製程機台電力架構簡圖。



半導體製程機台電力架構圖

主機

- Tool main body
- Tool utility connection
- EMO loop
- Tool power rack
 - GFCI (Ground Fault Current Indicator)
 - K1 main MC
 - DC power
 - Main breaker CB1

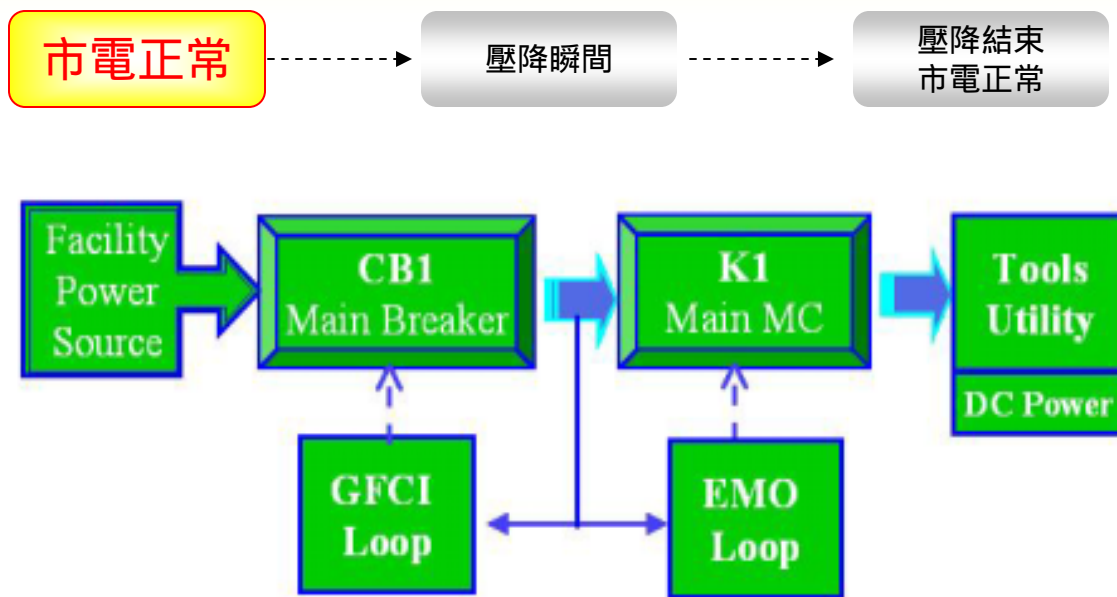
附屬設備

- Chiller
- Local scrubber
- Cryo pump
- Compressor
- Heater
- RF generator...etc

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台設備整機市電供電模型

以下說明機台改善前後之驗證模型，下圖為設備未安裝UPS使用整機市電供應之供電模型，其市電由廠務端供應至設備，透過CB 開關操作使電力經由 Main MC 輸入設備，此際設備EMO、K1、GFCI與機台各模組啟動各自功能，開始正常運轉。



狀態：設備整機市電供電，市電供應正常

失效模式模擬

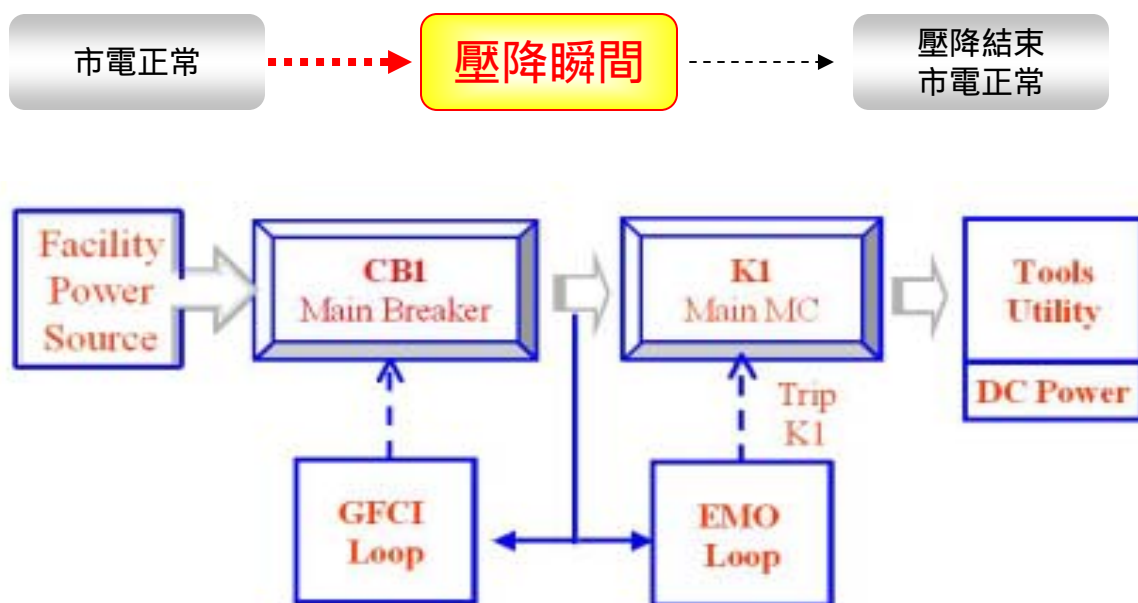
元件狀態：

- Main breaker CB1
- Main MC K1
- Main tool
- DC power
- EMO loop
- GFCI loop

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台設備整機市電供電模型

當設備在整機未安裝UPS情況下，模擬市電發生電壓驟降，如下圖模擬市電發生電壓驟降設備模型；在電壓驟降發生當時，設備EMO、DC Power、GFCI等模組因電力瞬間驟降，可能造成Pilot relay與控制電源異常而導致當機，另一方面主電源電磁接觸器Main MC K1亦可能因電壓驟降導致激磁電壓不足發生K1失磁跳脫，造成設備下游主機與附屬設備負載全部中斷。



狀態：設備整機市電供電，市電壓降瞬間

失效模式模擬

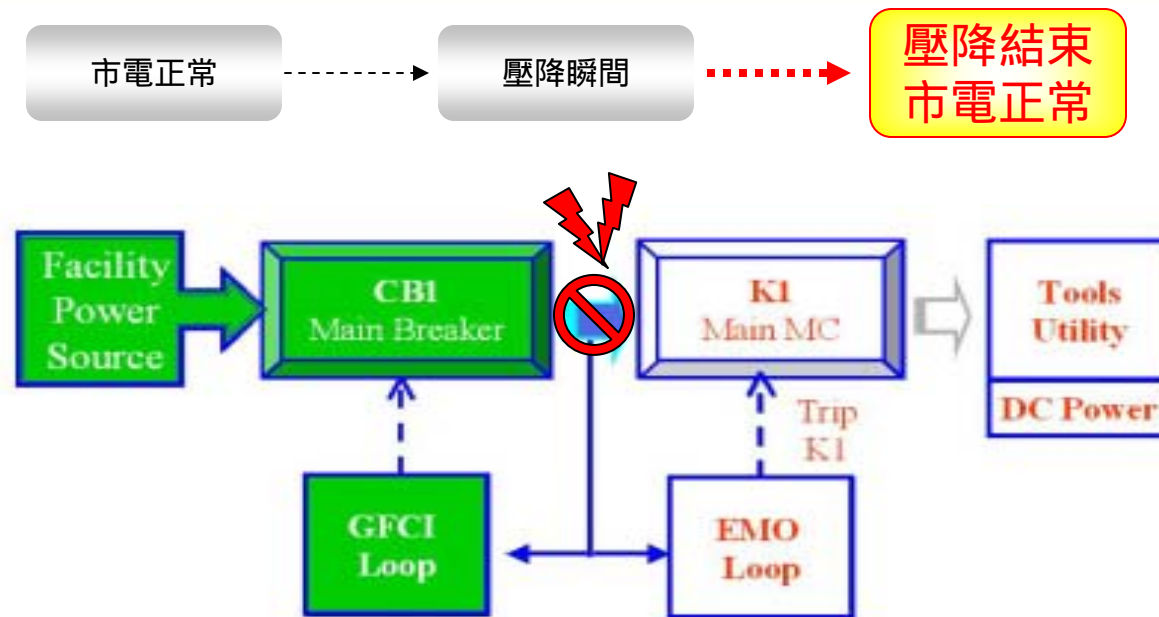
元件狀態：

- ✓ Main breaker CB1
- ? Main MC K1 MC 失磁
- ? Main tool 控制電源喪失
MC / Relay 失磁
- ? DC power 控制電源喪失
- ? EMO loop Pilot relay誤動作
- ? GFCI loop 控制電源喪失
單相壓降誤動作

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台設備整機市電供電模型

下模型為設備在未安裝UPS環境下，電壓驟降結束市電恢復正常的供電狀況。市電恢復正常後Main MC K1跳脫，設備後續受電負載如EMO、DC Power Tool Utility 等電力條件仍處於中斷條件。



狀態：設備整機市電供電，市電壓降結束

失效模式模擬

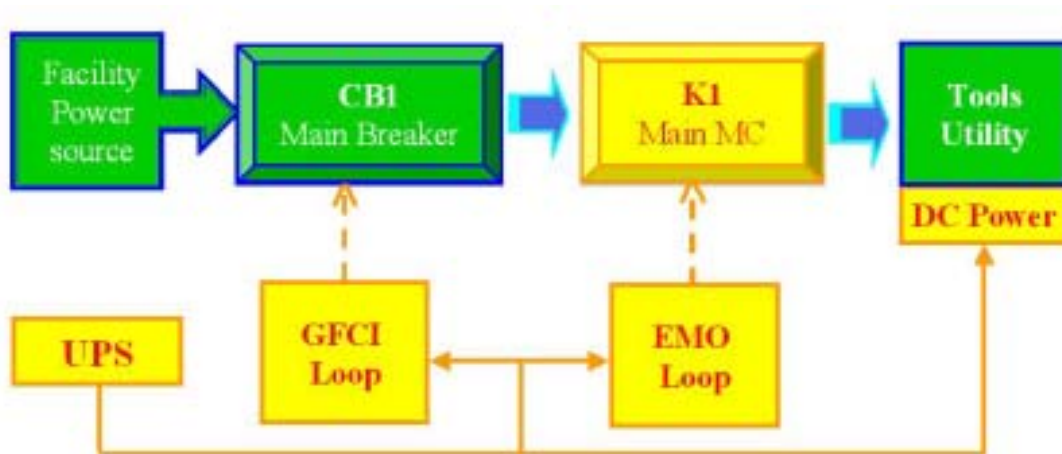
元件狀態：

- Main breaker CB1
 - Main MC K1
 - Main tool
 - DC power
 - EMO loop
 - GFCI loop
- Shutdown**

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台設備局部UPS電供電模型

當設備調整為局部UPS供應後，如下圖設備局部UPS供電模型，此種設備供電模式同時導入市電與UPS二組電源並存，UPS電源僅供應控制相關等模組使用，如EMO、Main MC K1、GFCI及DC Power 等，另一方面Heater或Pump等周邊大功率且耐驟降衝擊元件直接以市電供應，以減少佔用有限的UPS容量，如此UPS容量便可獲得最有效的應用。



狀態：設備雙電源供電，市電 / U電供應正常

失效模式模擬

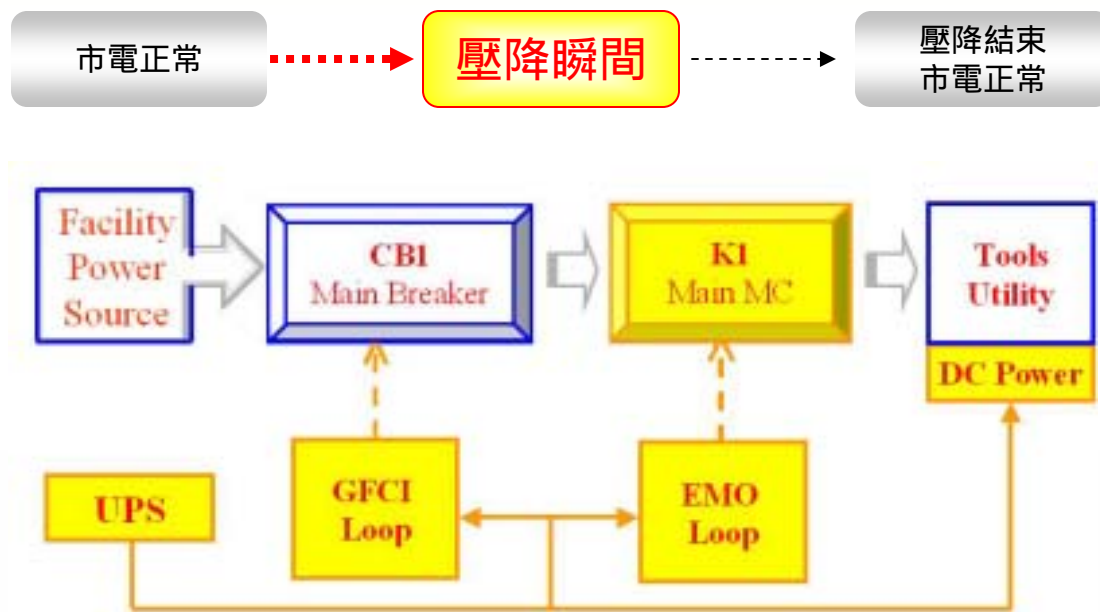
元件狀態：

- ✓ Main breaker CB1
- ✓ Main MC K1
- ✓ Main tool
- ✓ DC power
- ✓ EMO loop
- ✓ GFCI loop

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台設備局部UPS電供電模型

模擬設備安裝UPS控制電源，在發生電壓驟降期間，由於各控制模組已轉由UPS供電，故皆能維持控制中樞正常運轉。當市電恢復正常後，控制系統亦能記錄在電壓驟降期間製程參數變化，因此可大幅降低設備當機機率；另外，若遭遇大規模停電事故時，此型局部UPS供應設備，雖無法抵擋停電衝擊，但是適時保存製程參數或即時退出加工中晶片，亦可大幅減少晶片報廢、重製與復機等額外成本。



狀態：設備雙電源供電，U電供應正常 / 市電壓降

失效模式模擬

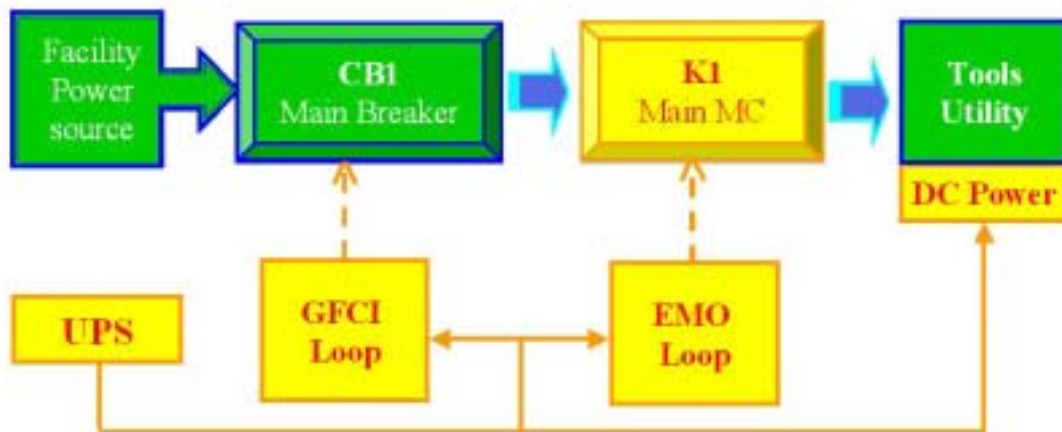
元件狀態：

- ✓ Main breaker CB1
- ✓ Main MC K1
- ? Main tool
- ✓ DC power
- ✓ EMO loop
- ✓ GFCI loop

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台設備局部UPS電供電模型

在設備安裝UPS環境下，電壓驟降結束市電恢復正常後的供電狀況。由於EMO、Main MC K1、GFCI(Ground Fault Current Indicator)及DC Power已改由UPS供電，市電恢復後，設備狀態維持正常狀態。



狀態：設備雙電源供電，U電供應正常 / 市電恢復

失效模式模擬

元件狀態：

- Main breaker CB1
- Main MC K1
- Main tool
- DC power
- EMO loop
- GFCI loop

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台控制電源修改原則

在單機修改完成後進行測試，除了應保持原始功能外，在**主電源正常與中斷期間**，必須符合下列功能與原則：

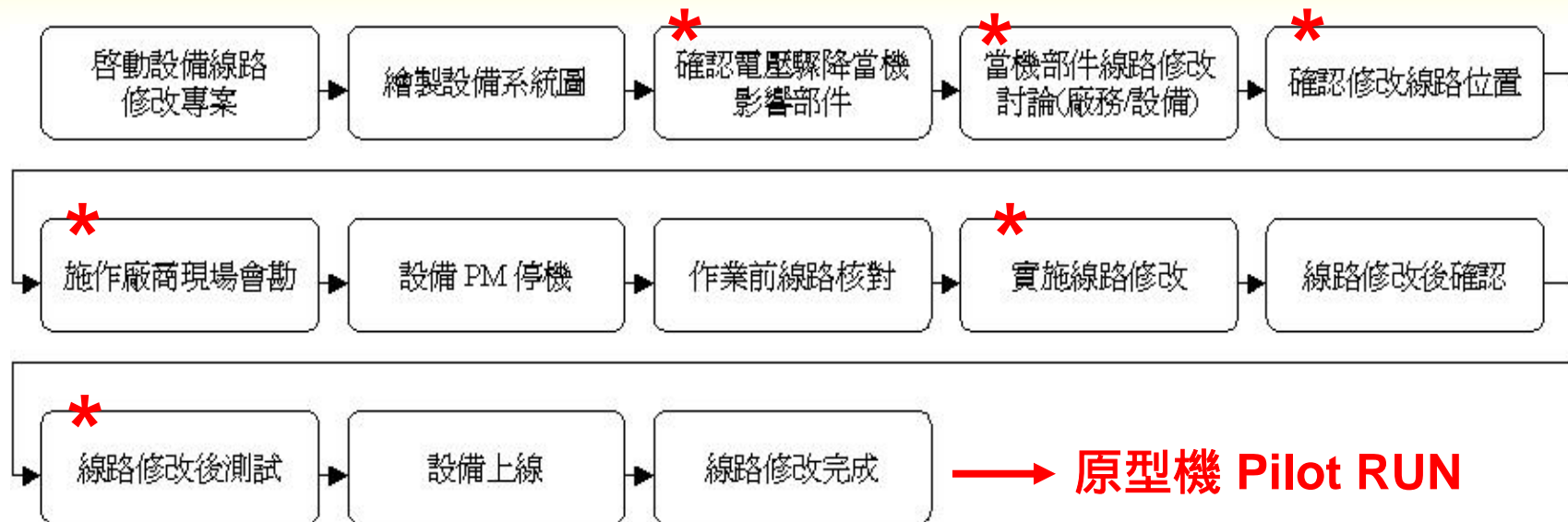
- 1.機台控制系統須獨立並維持功能正常。
- 2.正常記錄電力異常期間製程參數。
- 3.若狀況許可，退出加工中晶片。
- 4.消防連鎖等安全裝置不可中斷。
- 5.環境保護與安全等連鎖裝置不可中斷。
- 6.全部EMO安全保護裝置維持正常



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

機台控制電源修改流程

在機台設備改善過程中須整合設備工程師與設備製造廠，依個別需求進行功能規劃與修改，另外可能需要外加輔助電驛或 EMO 模組等製作，經過一連串功能模擬、線路規劃與既設線路核對及修改，並利用原形機反複測試，其流程如圖所示：



模擬市電壓降測試

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (一)

設備線路修改實務

廠牌 / 機型：A 廠牌 E 型機台

改善要點：

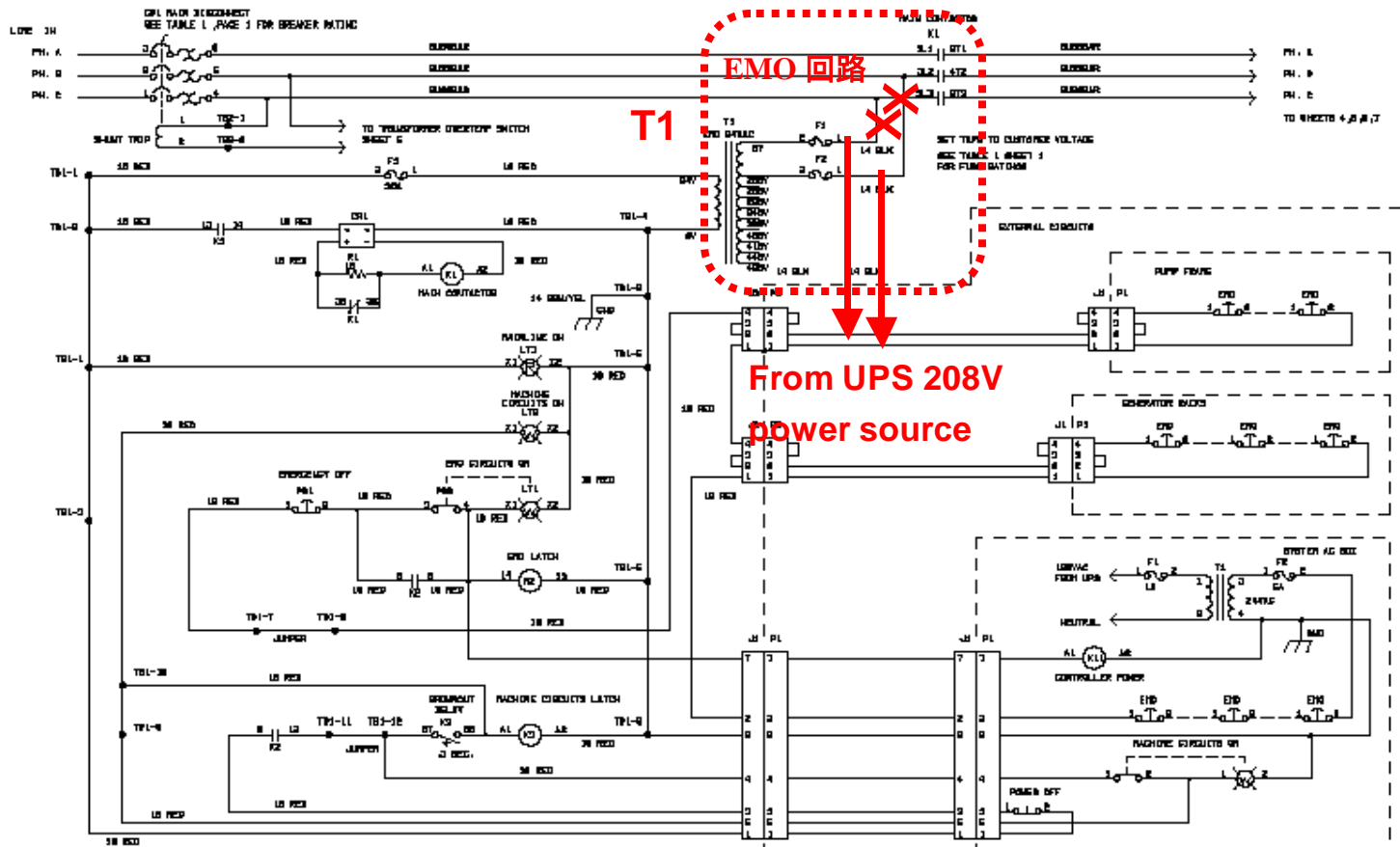
- 1.本設備為 480V，Main K1 Contactor、EMO、DC Power Supply 將改由UPS 供電。
(ps : 本機型無 GFCI (Ground Fault Current Indicator) 裝置)
- 2.增設 K11，A1 等輔助電驛，使 EMO 線路動作後，導入 UPS 控制電源。
- 3.完成 Main MC K1 UPS 供電後，Main Power On 指示燈不因主回路停電而熄滅。
(ps : 因為主線路的 Main Power On 已改至 UPS 供電迴路)
- 4.原設備若屬 480V供電 TR，需調整 T1 Tap 為208V (二次側輸出才能保持正常)，
同時將 F1、F2 Fuse 加大為 5A(原2A)。
- 5.設備控制線路修改期間廠務與設備人員須同時在場確認無誤後方可送電進行測試。

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (一)

修改步驟 (一)

EMO回路修改，將原先EMO控制回路截斷分離並完成絕緣包覆及標示，再將UPS電源導入，並調整 T1 變壓器電壓分接頭。



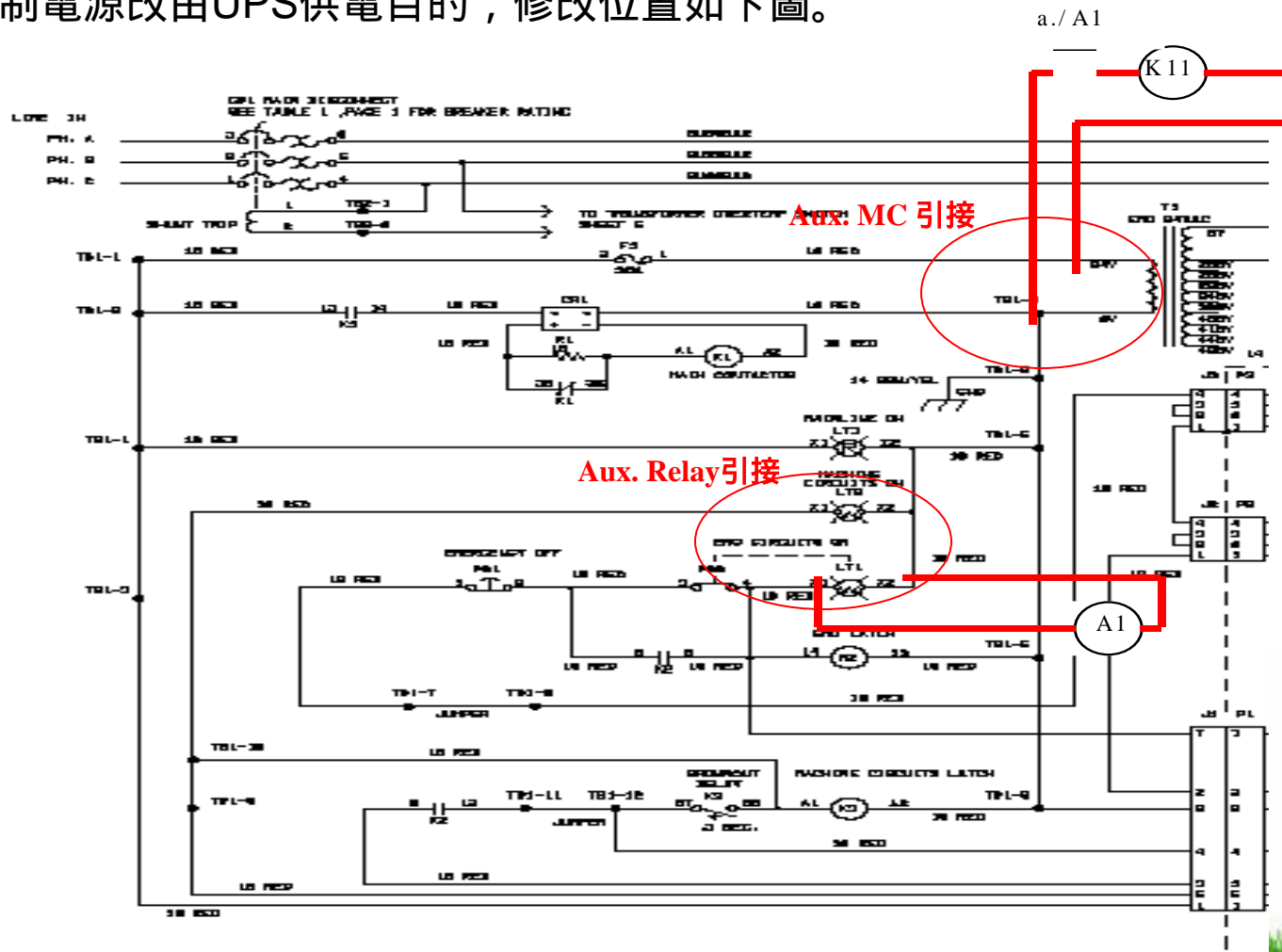
MAIN AC BOX WIRING DIAGRAM
ENG. DRWG. 0170-20012/REV. A
SHEET 3 OF 7

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (一)

修改步驟 (二)

透過修改後的EMO 輸出回路動作，然後以並聯方式引接出 A1 Relay 來驅動 K11作動，達到控制電源改由UPS供電目的，修改位置如下圖。

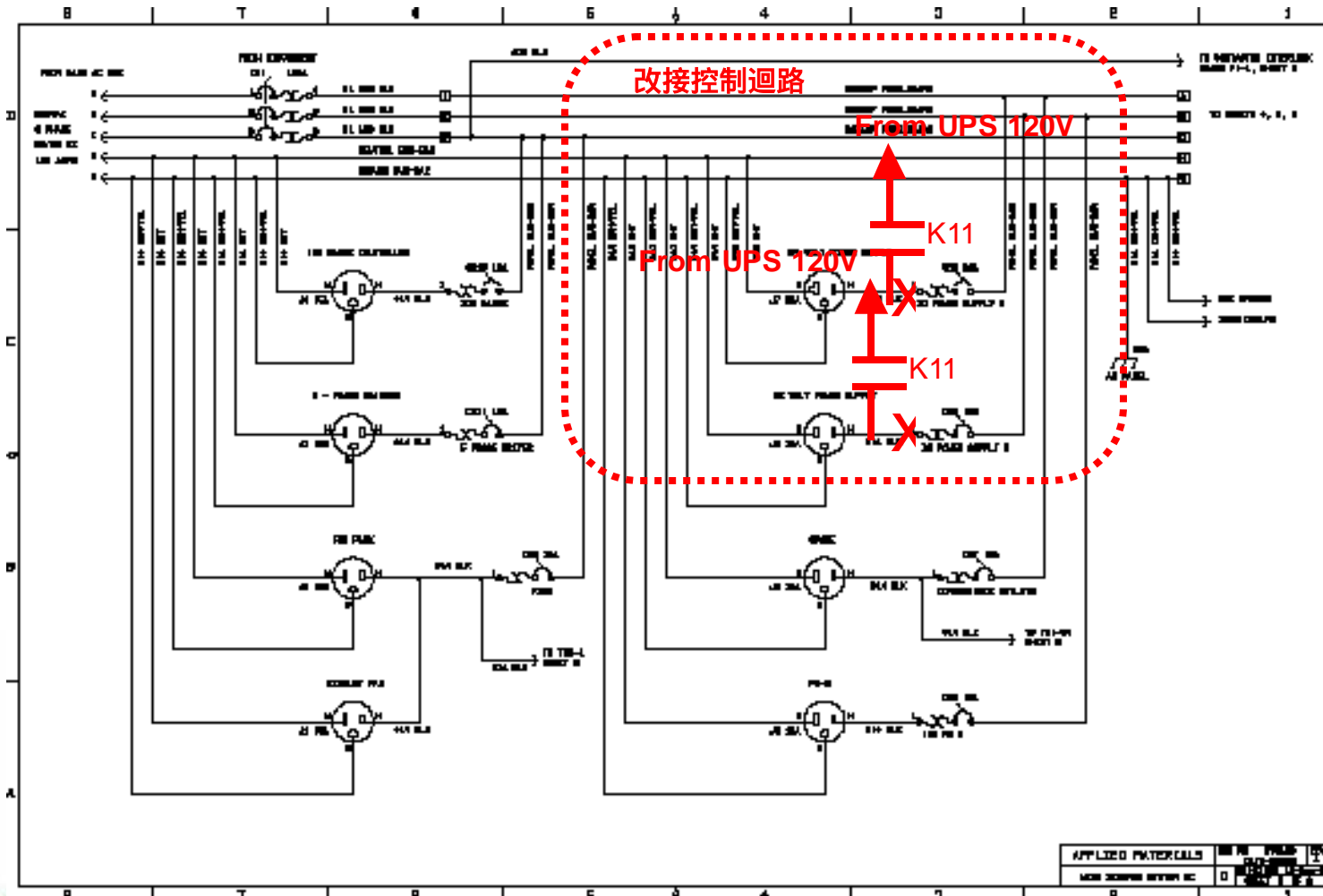


UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (一)

修改步驟 (三)

將原先的控制回路截斷並完善絕緣包覆及標示，再利用新增導入控制電源的 K11主接點將設備的控制回路 Power Supply 由改UPS供電，修改位置如下圖。



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (一)

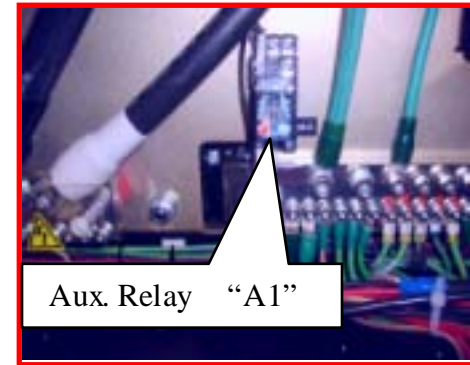
A 廠牌 E 型機台設備線路修改現況：



修改線路主電源盤外觀



主電源盤內部安裝配置



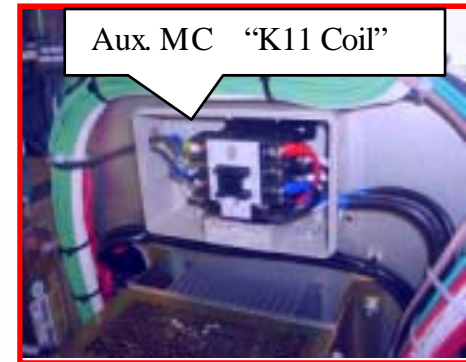
增設主電源盤輔助 Relay A1



控制盤內線路修改過程修改



控制盤內安裝配置



增設控制盤內輔助 MC



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (二)

設備線路修改實務

廠牌 / 機型：L 廠牌 9600 型 機台

改善要點：

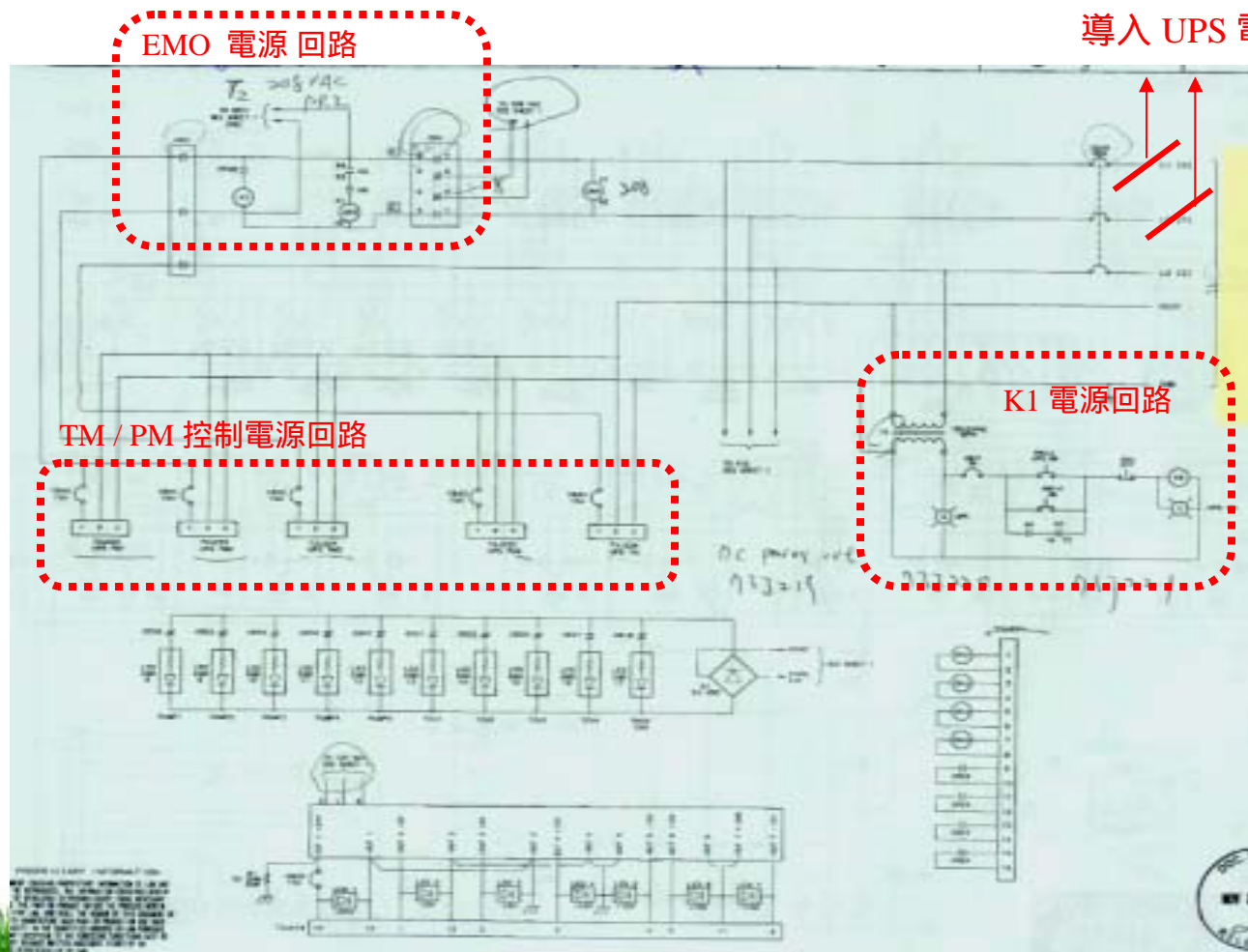
- 1.本設備為 208V , Main MC K1、EMO、DC Power Supply、GFCI 將改由 UPS 供電。
- 2.需增設 UPS 控制電源箱與 EMO 連動模組，以提供整機之 AC Box、TM 及 PM 裝置
導入UPS 電源與 EMO連動之用。
- 3.完成 Main MC K1 UPS 供電後，Main Power On 指示燈不因主回路停電而熄滅。
(ps : 因為主線路的 Main Power On 已改為 UPS Power)
- 4.此機型以模組方式組立，除主機本體外可外掛四部不同之Module，因此必須個別修改
Chamber 控制電源與相互之間 EMO 訊號連動。
- 5.設備控制線路修改期間廠務與設備人員須同時在場確認無誤後方可送電進行測試。

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (二)

修改步驟 (一)

於主機 AC Box 的 EMO 回路與 K1 回路進行修改，將 EMO 與 K1 原回路截斷並完成絕緣包覆及標示，再將UPS電源導入。

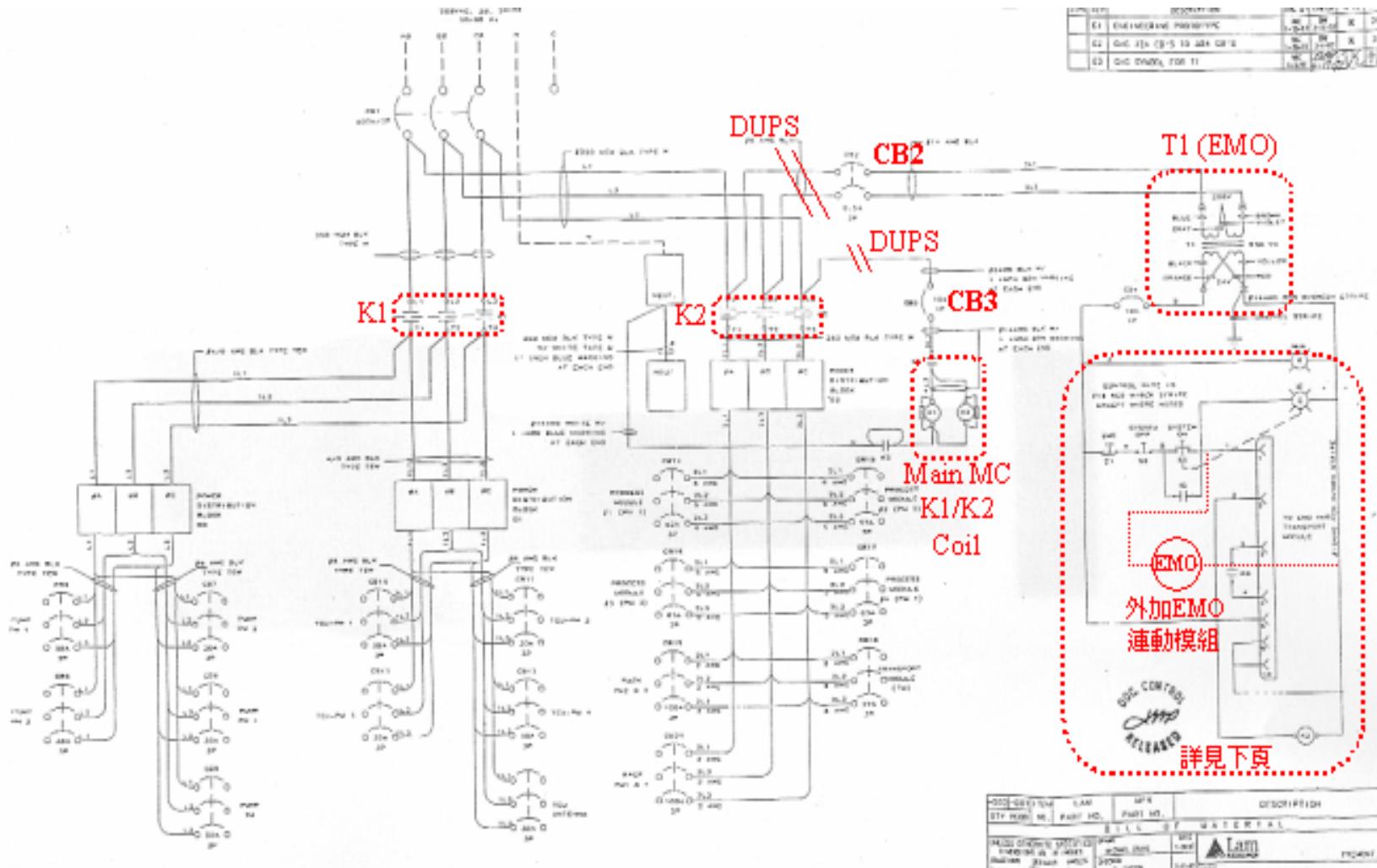


UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (二)

修改步驟 (二)

實施主機端 TM 盤內的Main MC K1、 K2、 GFCI 與 EMO回路修改，並外加 EMO 連動模組。原回路截斷並完善絕緣包覆及標示，再將UPS電源導入，修改位置如下圖。

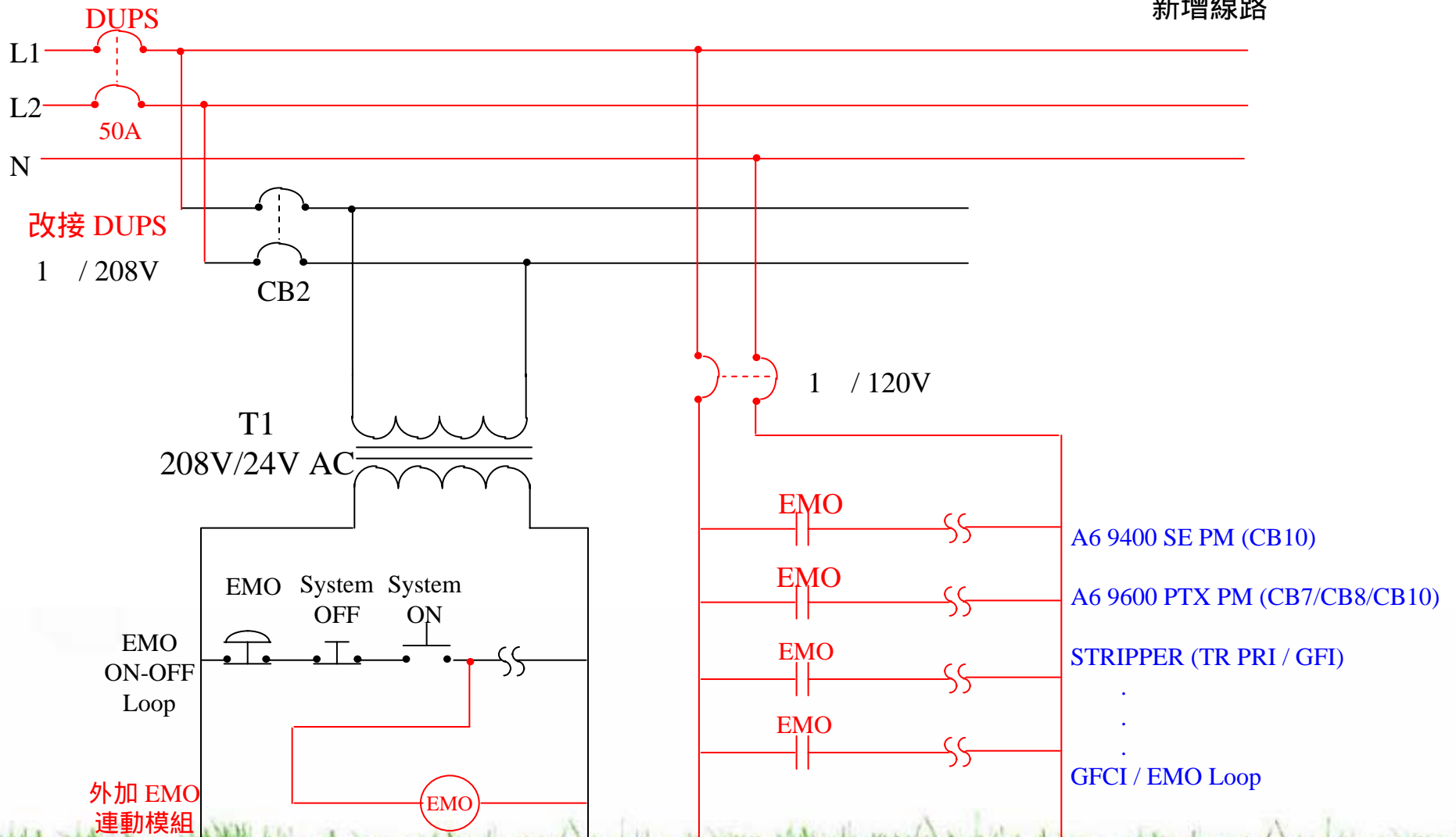


UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (二)

Lxx - Main tool EMO Module

— 既設線路
— 新增線路



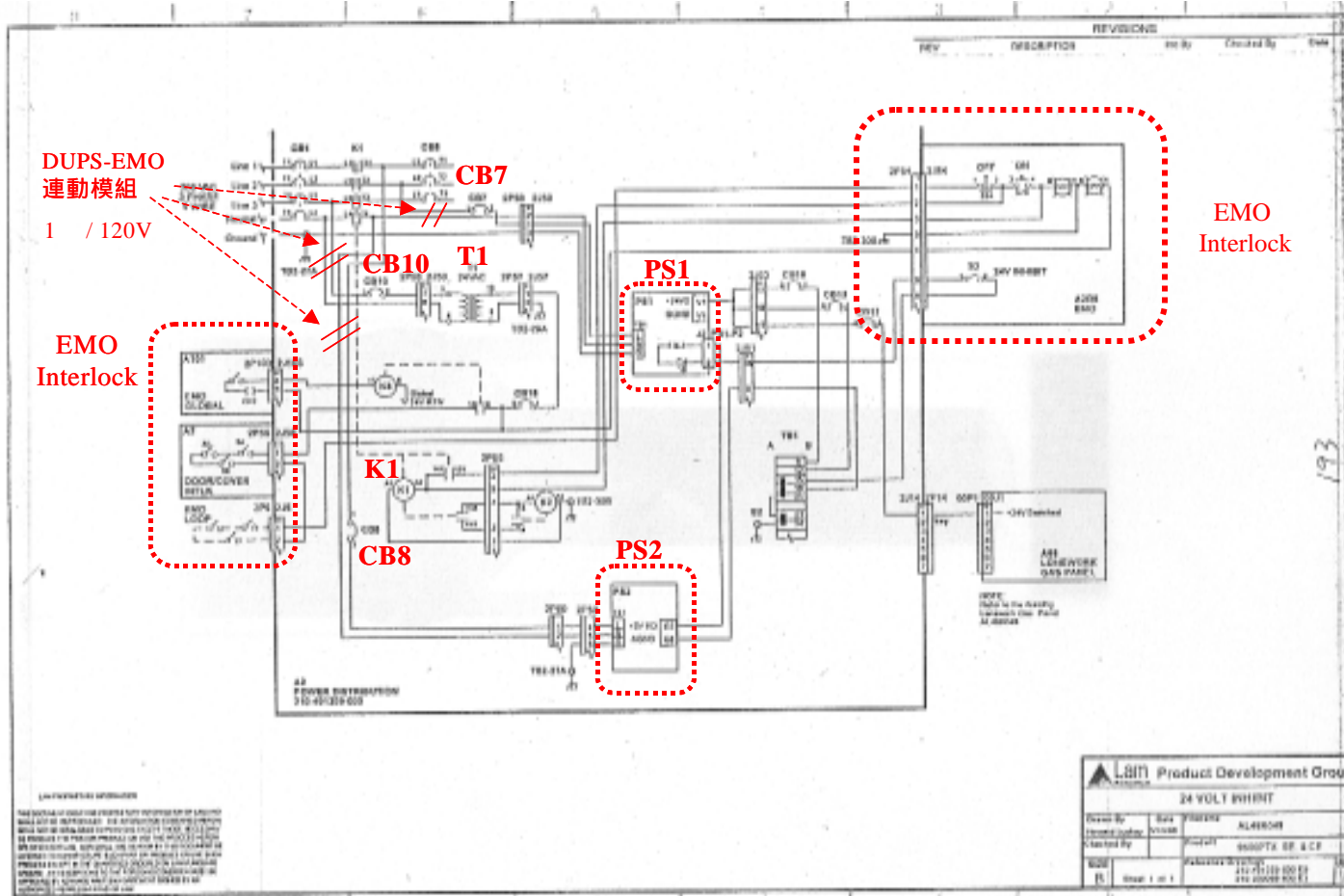
UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (二)

修改步驟 (三)

Module 端 EMO 與 DC Power Supply 回路修改，找出線路圖中電源供應位置，將原回路截斷並完善絕緣包覆及標示，再將UPS電源導入，修改位置如下圖。

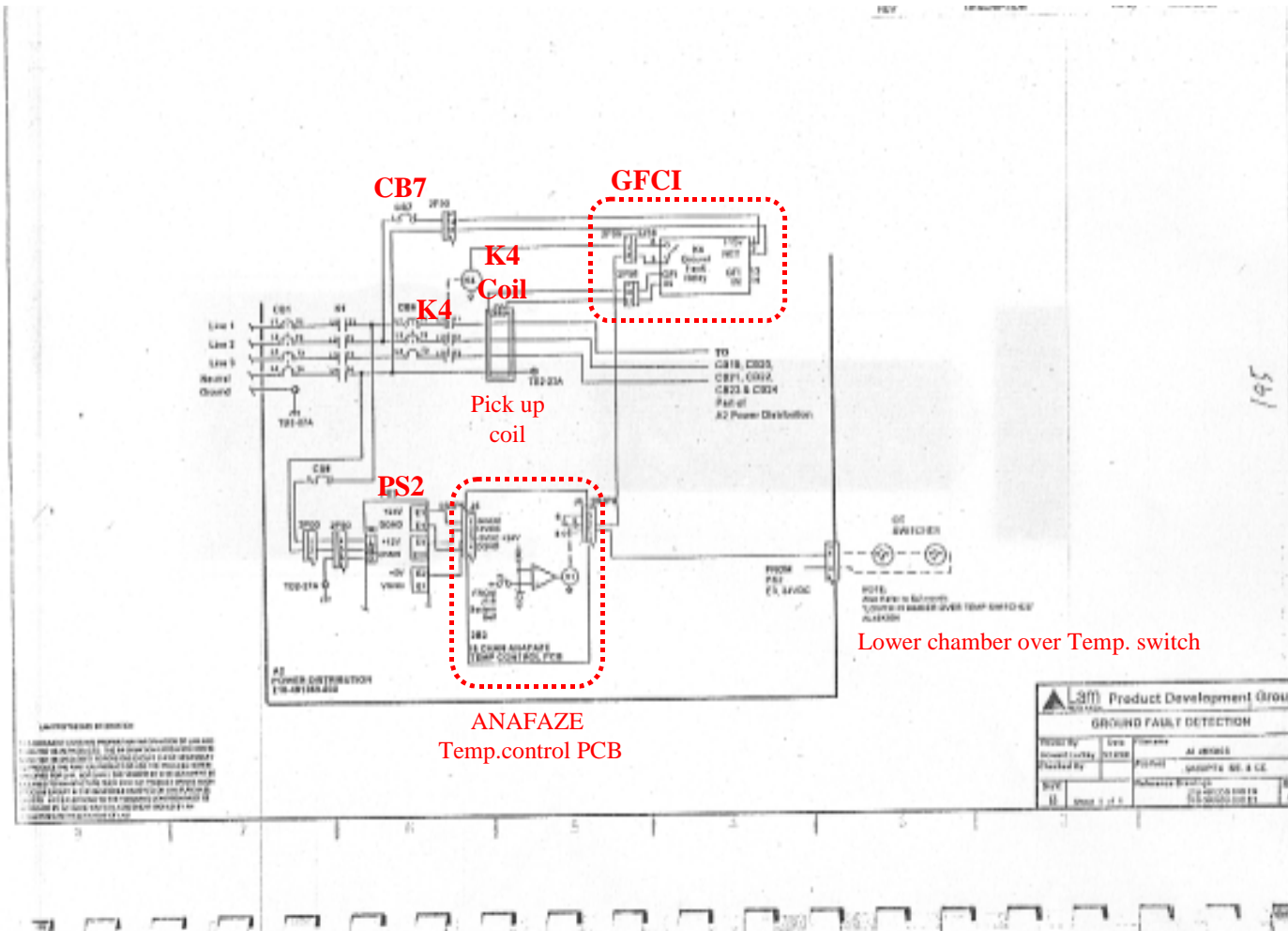
Lam - A6 9600 PTX Process Module



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (二)

修改步驟 (三) 續



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

範例 (二)

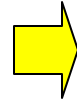
L 廠牌 9600 設備線路修改現況：



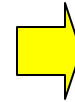
增設 UPS 控制電源箱



UPS 控制電源箱內部配置

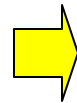


Lam AC Box 本體外觀



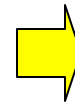
導入UPS位置

Lam AC Box UPS 導入接線位置



TM 電盤位置

設備端 TM 改接電盤位置



TM 導入UPS位置

設備端 TM UPS 導入位置



Lam PM 本體外觀



PM 端 UPS 導入開關位置



PM 端 UPS 導入接線位置

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

設備修改機型

AMAT

- Endura
- Centura I / II
- Mirra
- Mesa
- Producer

EBARA

- EPO 112
- EPO 222
- RTP

Gasonics

KEM

- 2000
- 3000 Indexer
- LPT 3000

Lam

- Synergy
- A6 9400 SE
- A6 9600 PTX
- Stripper

NOVELLUS

- SPEED
- Sequel

TEL

- SCCM
- Mark 8
- ACT 8

Varian

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

電力系統負載重整

以本廠經驗，在各機型單機完成測試後，後續即著手進行全廠不斷電系統負載重整，在不大幅擴充不斷電系統前題下，以既設系統為基礎搭配區域小容量機組安裝，透過UPS容量重新分配與調整，以達到最大UPS保護效益。

目前透過電壓驟降與停電事故發生次數與嚴重性分析，現行則搭配局部UPS供電方式，以逐步提升機台防禦率，執行過程則透過下列規劃進行：

1. 維持並調整最小營運產線 Mini line 設備。
2. 檢討黃光設備提供整機 UPS 電源。
3. 檢討批次生產機台提供整機 UPS 電源。
4. 檢討生產瓶頸機台提供整機 UPS 電源。
5. 檢討重要製程機台優先性。
6. 檢討機台異常復機時間優先性。



感謝各位指導 敬請指教

專案期間：2007 Q1 ~ 2010 Q2

專案成果：減少裝置容量浪費 6,500 KVA

減少電池裝置容量 445,000 AH

現有容量減少電池廢棄量 21,000 AH/年

(約當 420 部汽車電池用量)

達成機台壓降防禦率 99.0 %



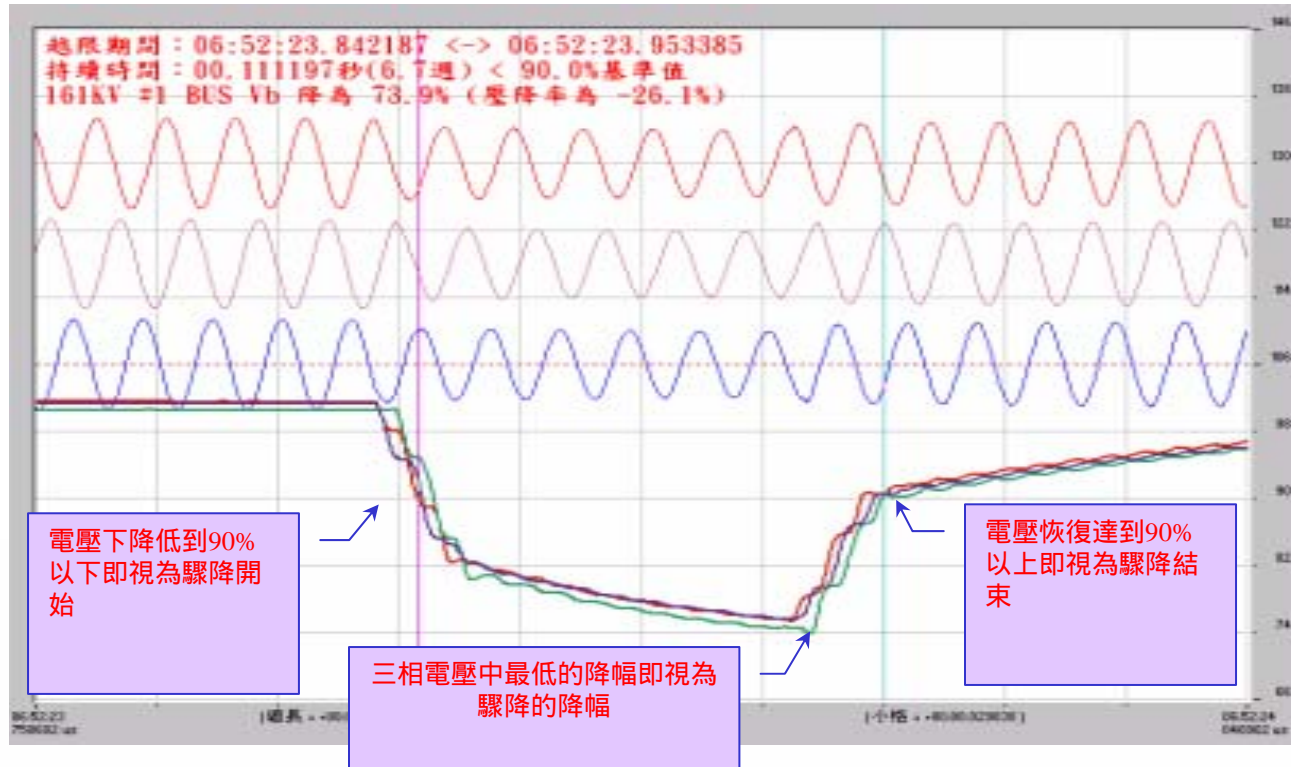
BACKUP



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

電壓驟降行為發生條件與恢復

不良電力品質大部份來自電壓驟降，而電壓驟降是指RMS電壓值下降幅度介於額定電壓的10%至90%之間，持續時間在半個週期到1分鐘之間，而瞬間斷電則指是RMS電壓下降到額定電壓的10%以下。



電壓驟降說明

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

不良電力品質污染源及改善對策

項目	污染源	影響	改善對策與設備
電力諧波	非線性負載 如電力電子類、鐵芯激磁類 與電弧爐	減短電力設備的使用壽命，嚴重過壓、過流或過載可導致設備故障	a. 採高脈波整流方式 b. 裝設被動式濾波器 c. 裝設主動式濾波器 d. 採用接變壓器
電壓閃爍	驟變負載如；電弧爐	電燈閃爍使眼睛不舒適、發電機激磁系統不穩定	a. 裝設虛功補償器(SVC) b. 接專線供電 c. 增加限流電抗 d. 提升供電力系統短路容量
三相不平衡	單相負載；如單相高週波爐、高速鐵路、捷運系統等	馬達過熱、電腦螢光幕扭曲與通訊干擾	a. 導線相序適當換位 b. 裝設虛功補償器(SVC) c. 均勻分配三相負載
電磁場	家電、行動電話與輸配電線	保護電驛誤動作與通訊干擾	a. 均勻分配三相負載 b. 減少不平衡電流
電壓突波與電流突波	雷擊、開關切換與電容器切換	瞬間過壓或過流可導致設備故障	a. 裝設避雷與突波吸收器 b. 串接限流電抗 c. 裝設動態電壓調整器(DVR)
電壓驟降與壓升	雷擊、鹽害與人為事故	較敏感之機器設備跳電，瞬間停電	a. 採專線供電 b. 裝設動態電壓調整器(DVR) c. 裝設不斷電設備(UPS) d. 裝設用戶中壓電力調節裝置(SVC、SSC、STS、SVR) E. 於設備側選用低壓(1KV以下)低容量(100VA~3KVA)電力調節裝置(DPI、CVT、MiniDySc、UPS、Coil Hold-in Device)
電力中斷	維修、人為事故與天災	保護系統動作，導致區域停電	a. 供電環路地下化 b. 強化保護協調系統 c. 採常閉環路供電 d. 自備發電系統 e. 裝設大型不斷電設備(UPS)

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

❖ 台電(TPC)供電管制標準

以電力公司立場，電力品質可以簡述為電力系統對污染源(用戶)之接受度。
若以用戶立場，電力品質可以簡述為用戶對電力公司供電品質之滿意度。

現行台電(TPC)電力品質之管制標準內容

電壓管制 / 參照電業法(54.05.21修正)第36條：

電燈 $V \pm 5\%$ ；電力電熱 $V \pm 10\%$

線路壓降管制 / 參照電工法規第9條：

分路壓降 3%；幹線壓降 2%

頻率管制 / 參照電業法第37條： $f \pm 4\%$ (2.4Hz)

諧波管制 / 82.06.04暫訂(IEEE-519)： I_n & $ITHD$

閃爍管制 / 參照電工法規第431條： $V_{10} 0.45\%$

不平衡 / 暫訂(高速鐵路)： $V_2 1.0\% \sim 1.2\%$



UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

台電諧波管制辦法(IEEE-519)

諧波電流失真率(%)限制值						
Isc/I _L	各級諧波個別值 (奇次)					總合諧波 THD%
	n<1	11	17	23	35	
*<20		2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 ~ 50		3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 ~ 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 ~ 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

註：偶次諧波為上述限制值之25%。

*：自備發電機用戶一律採用ISC/IL小於20之限制值。

ISC：用戶責任分界點短路電流。

IL：對既設用戶取12個月最大負載電流平均值。

對新設或增設用戶，取主變額定電流值。

(2)對於34.5~161kV系統為上述限制值之50%。

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

半導體產業 VS. 電力品質

根據統計近6年期間科學園區電力壓降幅度達10%以上之壓降次數，其總數達90餘次，平均每年發生約十餘次；以SEMI Std. F47 Curve 歸納其影響程度如下圖分析。

常見電壓驟降原因：

閃電雷擊

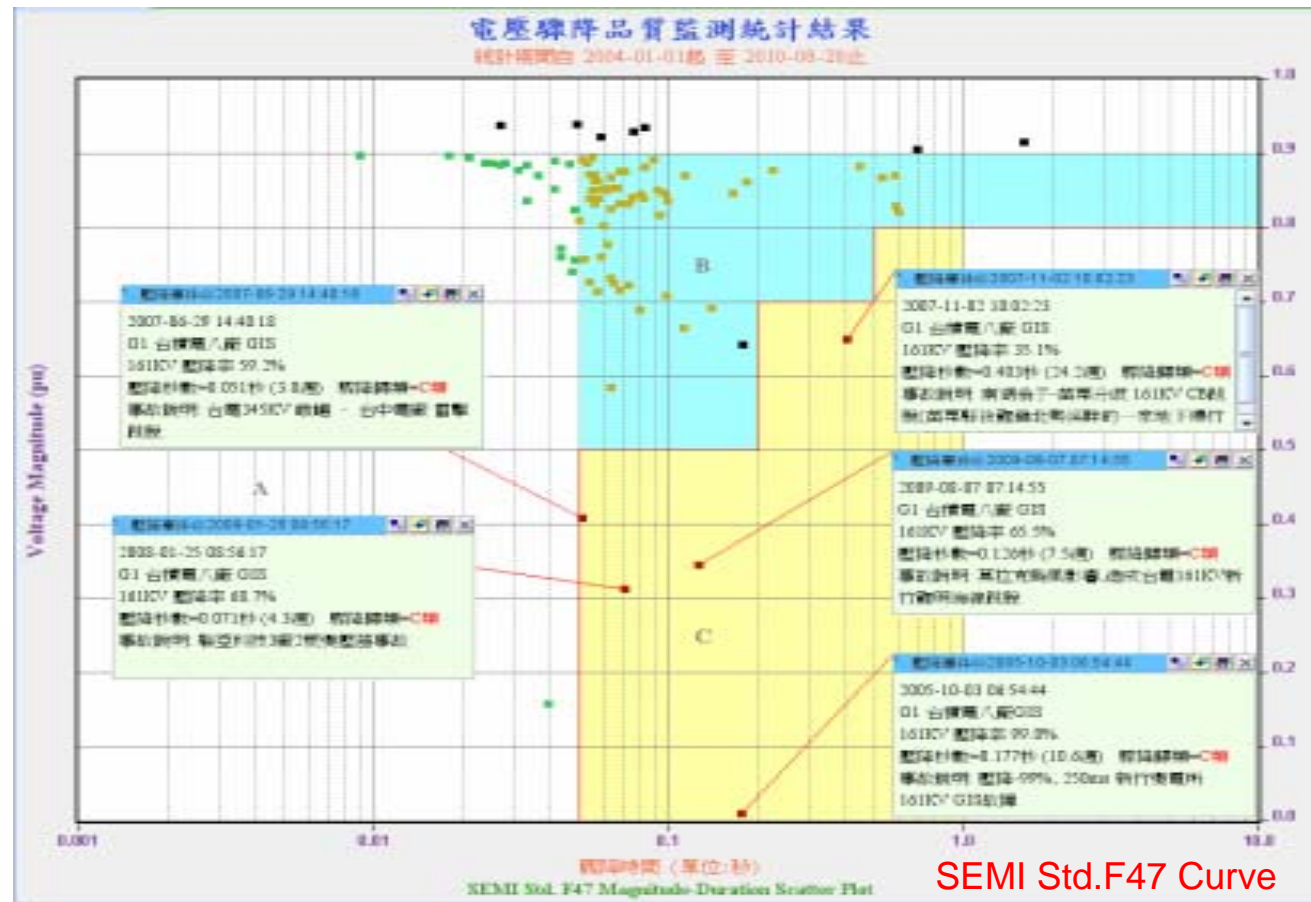
颱風

鹽霧害

設備故障

人為誤觸

施工影響



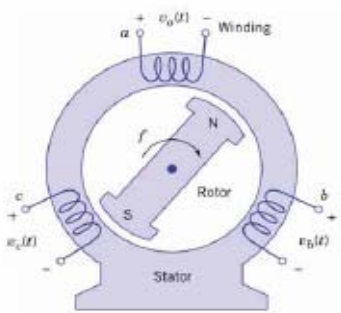
UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

電力品質影響與概述:

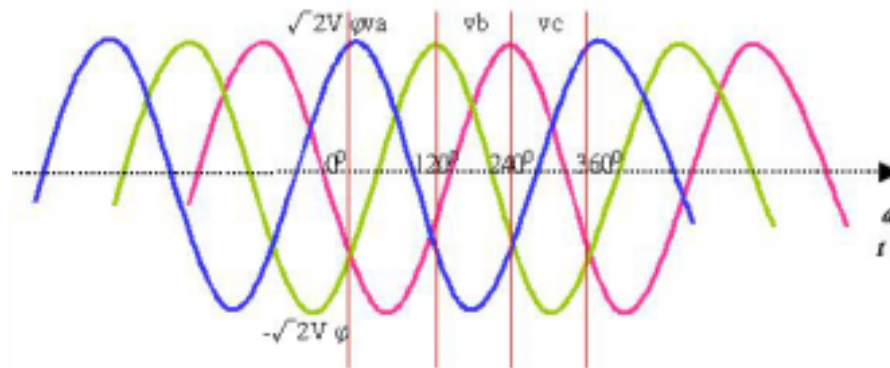
電力品質定義

電源品質的實質定義是指在固定的連接點上，維持一定電壓和頻率及正弦波形的真實度 (faithfulness)。

而電源真實度的內容當然不包括諧波干擾、負載不平衡、電壓調節不良、電壓閃爍、瞬間超壓、電壓驟升與驟降、停電、以及暫時與持續的斷電。



Three-phase generator



Voltage Waveform

$$V_a(t) = \sqrt{2} V \phi \cos \omega t$$

$$V_b(t) = \sqrt{2} V \phi \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$V_c(t) = \sqrt{2} V \phi \cos(\omega t + 120^\circ)$$








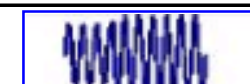


$$V_a(t) + V_b(t) + V_c(t) = 0$$

$$V\phi = \text{rms Phase Voltage}$$

UPS不斷電系統負載管理與壓降防禦

11項常見不良電力品質分類及波形特徵

影響程度與次數，最主要因素

Category	Rise time frequency	Duration	Magnitude	Disturbed waveform
Transients over voltage Impulse (暫態電壓衝擊)	ns to ms rise time	<50ns, >1ms	0 ~100%	
Transients over voltage Oscillatory (暫態電壓震盪)	1kHz to 10kHz	<1μs, >50ms	0 ~600%	
Short duration variations Interruption (短時間停電)	Collapse	10ms to 3sec	0% Voltage Collapse	
Dip (Momentary Voltage dip) (壓降)	Power frequency	0.5 to 50 cycles	10% to 90%	
Swell (Momentary Voltage swell) (壓升)	Power frequency	0.5 to 50 cycles	110% to 180%	
Long duration variations Interruption	Collapse	3sec to 1min	0% Voltage Collapse	
Sag (undervoltage) (壓降)	Power frequency	> 1 min	80% to 90%	
Swell (Overvoltage) (壓升)	Power frequency	> 1 min	110% to 120%	
Waveform distortion Harmonics (諧波變形)	0 to 10th harmonics	Continuous	0 to 20%	
Notching (波形缺口)	Broad-band	Continuous	0 to 10%	
Voltage imbalance (電壓不平衡)	Power frequency	Continuous	<3%	