

115年度節能示範觀摩會

AIoT智慧空調管理與 校園電力設備節能應用

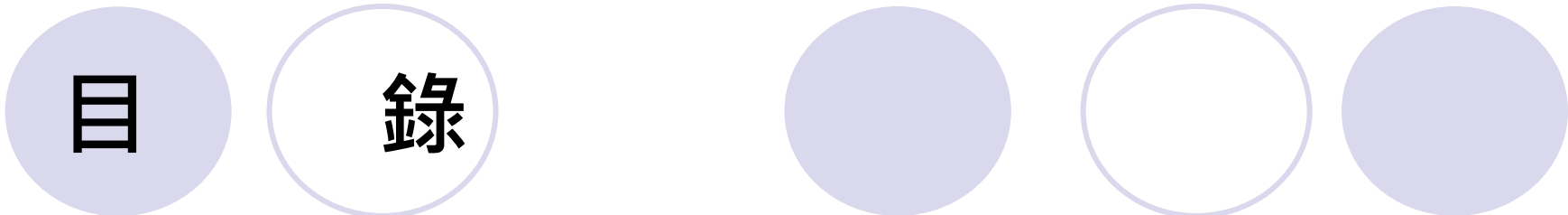
國立勤益科技大學

電機工程系

張隆益 博士

主辦單位： 經濟部能源局

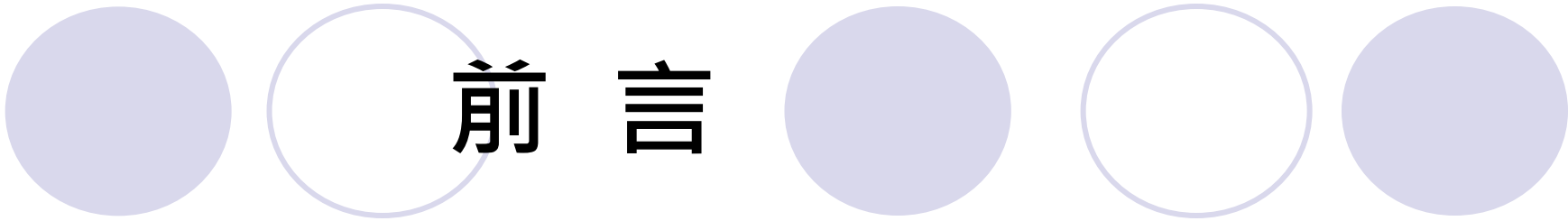
執行單位： 財團法人台灣產業服務基金會



目

錄

- 前言
- **AIoT智慧空調管理與校園節能應用**
- 校園電力設備及系統架構
- 校園電力設備節能措施
- 校園變壓器改善效益分享
- 結論與討論



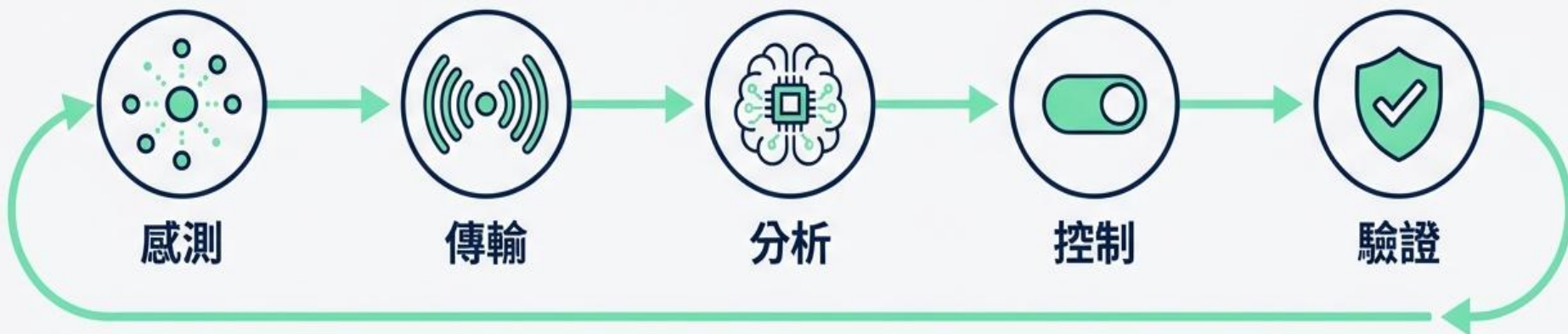
前言

- 有正確節能觀念
- 有效率使用能源
- 該用則用、能省則省
- 由少量累積成多量
- 由小量累積成大量

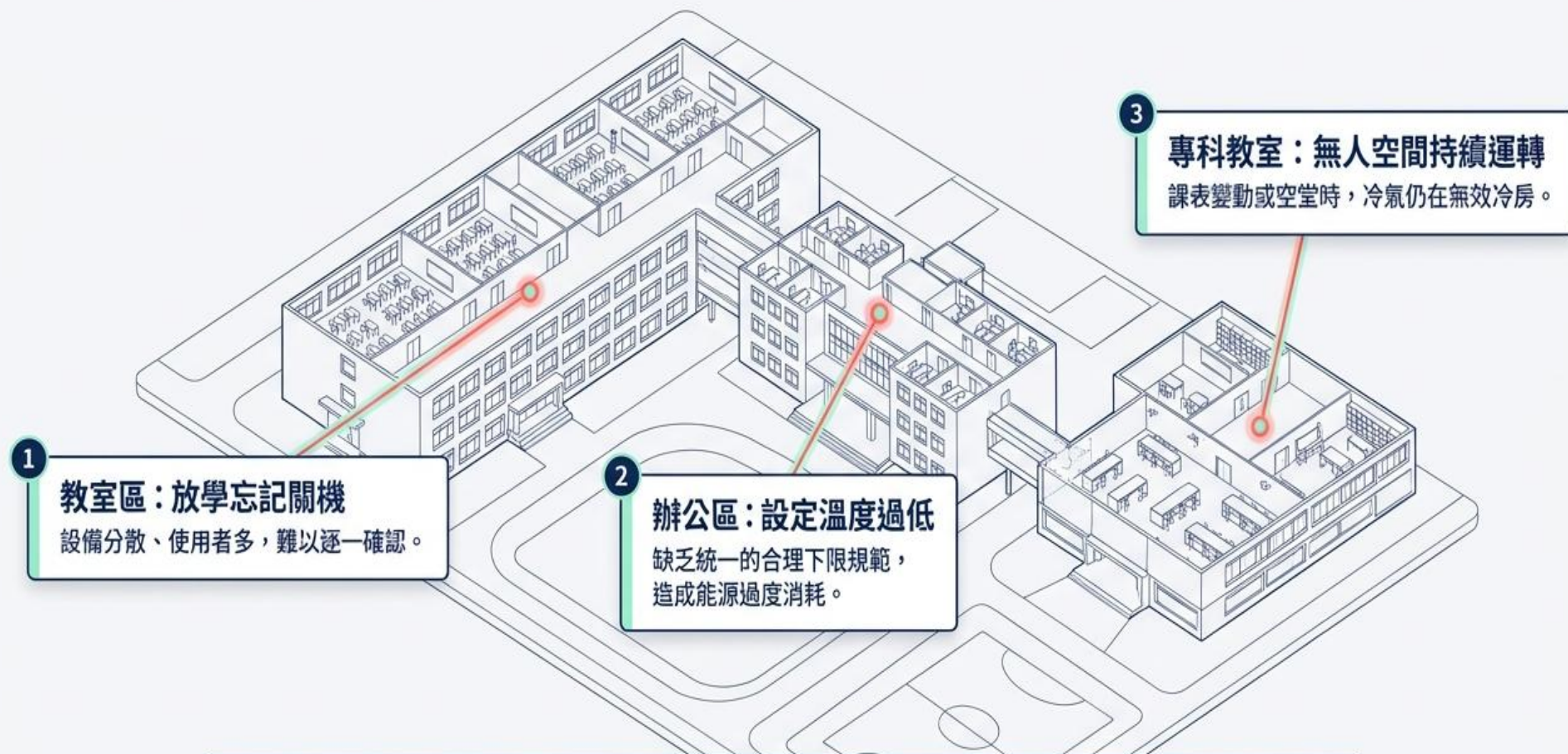
AIoT 智慧空調管理指南

從日常管理痛點出發，
打造校園節能新解方

結合國立新竹特殊教育學校（全國節能第1名）實戰案例



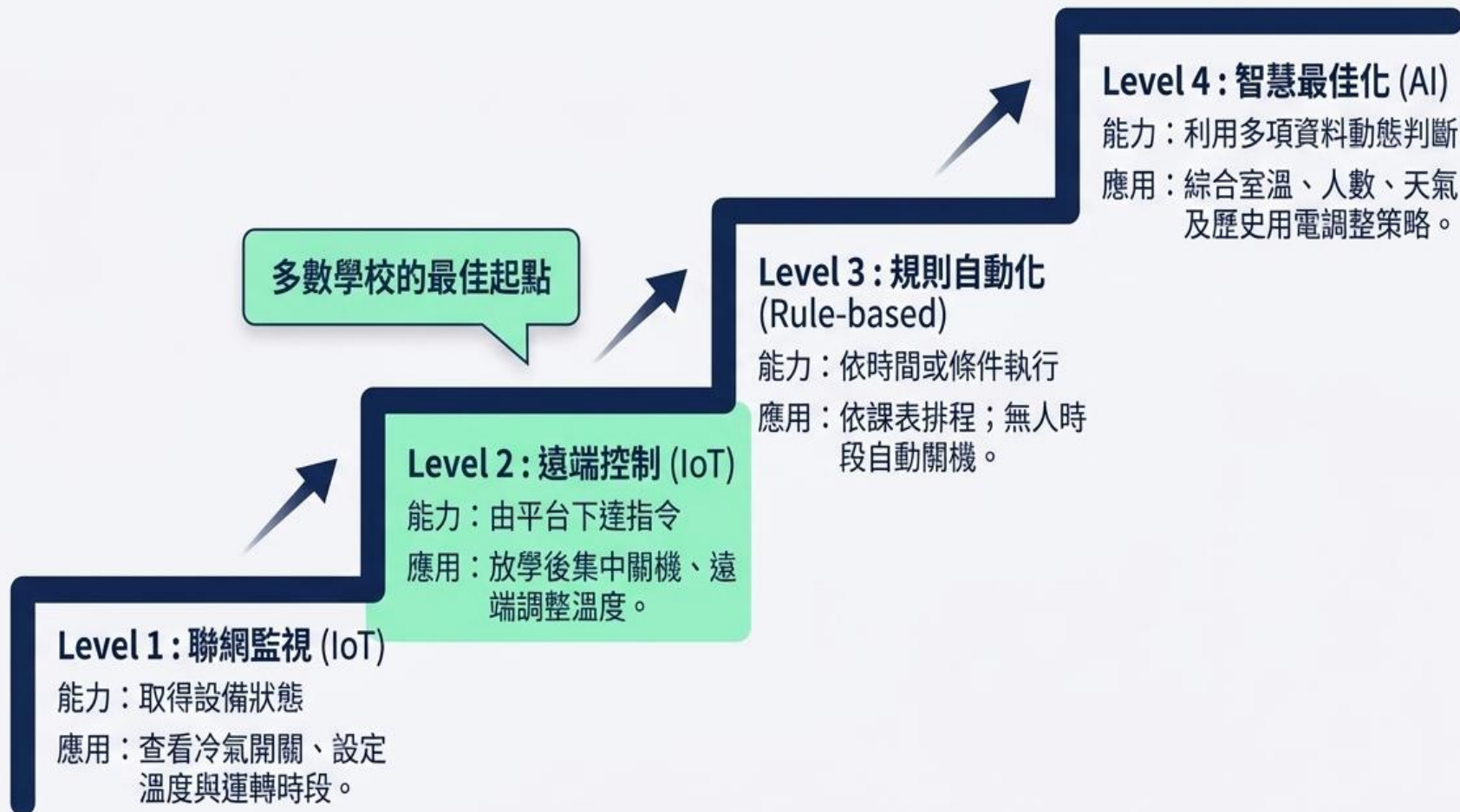
傳統空調管理的盲區與隱形浪費



為什麼傳統作法會失效？

依賴「人工巡查」與「口頭規範」，極易受限於人力短缺與校園空間距離，導致執行標準不一。

AIoT 的進化層次：從「看得到」到「會思考」



運作機制：一目了然的系統架構

⚠ 關鍵機制：雙向狀態回饋

系統不能只是「單向發命令」。必須具備狀態回饋，避免發生「平台顯示已關閉，但冷氣實際仍運轉」的管理落差。



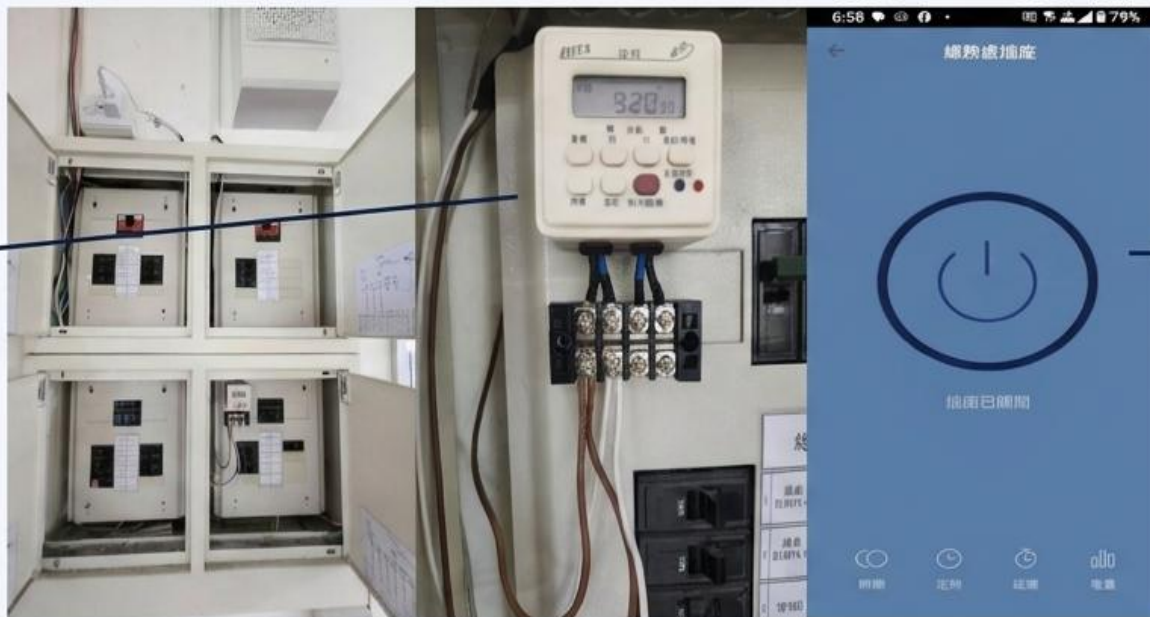
實戰案例：新竹特教學校的微型革命



教育部114年節能績優學校
第1名

實體整合

保留既有設備，加入
定時器與控制模組，
降低導入門檻。



指尖管理

手機 APP 集中控管，
介面極簡，一鍵遠端
開關。

不追求複雜的 AI 模型，而是以低門檻的
「遠端管理」精準解決校園痛點。

大幅降低總務人員逐間巡查的負擔，
有效減少非必要運轉。

價值萃取：AIoT 帶來的具體管理改變

傳統情境	新竹特教作法	產生的具體價值
巡查方式：管理者須親自到現場確認	手機 APP 遠端查看與控制	縮短巡查距離與處理時間
操作模式：冷氣由各空間獨立、個別操作	管理端可集中調整開關及溫度	大幅提升全校管理一致性
異常處理：忘記關機須事後「人工」發現	系統告警，可由遠端及時處理	直接降低非使用時段的能源浪費
制度落實：節能純粹依賴「口頭提醒」與自律	把管理要求轉化為可執行的控制工具	讓學校的節能制度真正落地

導入藍圖：學校該如何開始？



總結與檢核：智慧節能的終極心法

先連接 → 再管理 → 後分析

智慧空調的核心，不是追求炫麗的技術名詞，而是讓分散的設備成為「可看見、可控制」的資產。真正的智慧，是以以通合適的資料與控制，把能源精準用在正確的時間與空間上。



相容性確認

是否支援現有冷氣品牌與控制協定？



雙向可驗證

平台能否取得「真實設備狀態」，而不只單向發送？



斷線穩定度

網路中斷時設備如何運作？復線後能否自動同步？



資料自主權

學校能否匯出歷史資料，供未來進階分析？



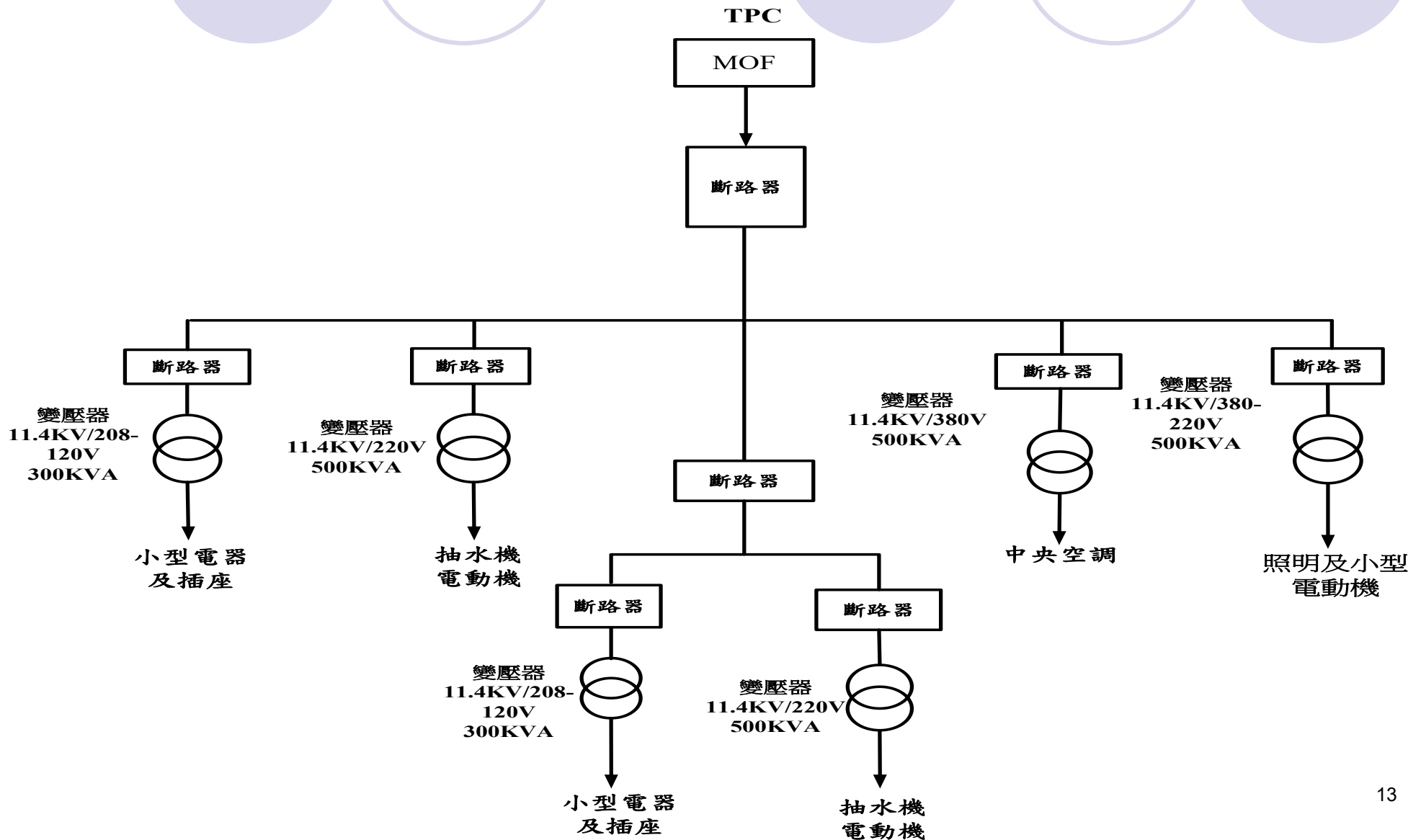
維護延續性

APP停用或設備汰換後，系統架構是否能延續？

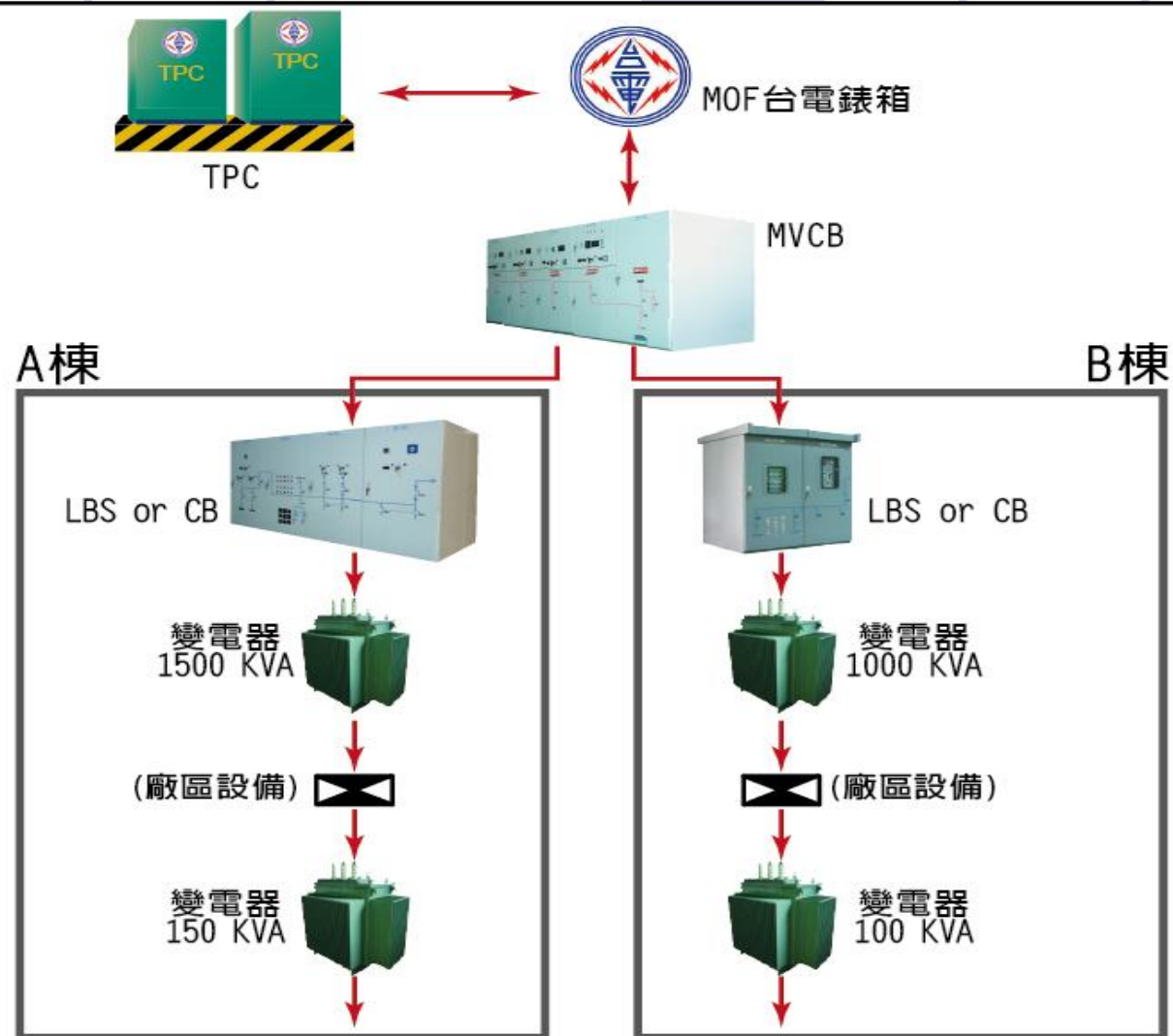
校園電力設備及系統架構

- 變壓器
- 公用設備、製程設備
- 電動機（抽水機）
- 電梯
- 空調（中央、分離、窗型）
- 照明
- 鍋爐、熱水爐（開飲機、加熱器）
- 事務設備（電腦、影印機）

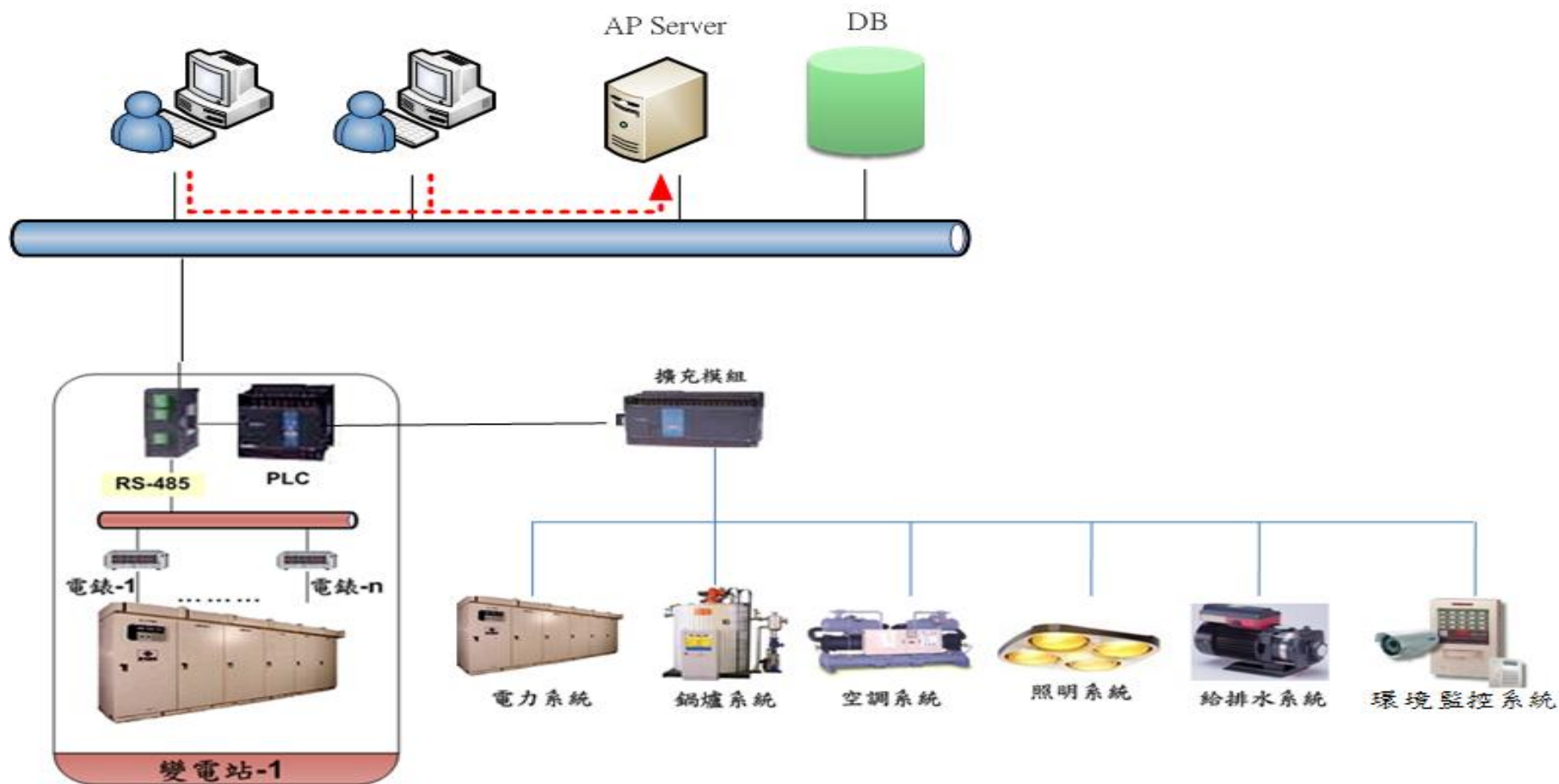
校園電力設備及系統架構



校園電力設備及系統架構



校園電力設備及系統架構



校園電力設備節能措施

提高變壓器使用效率：

一、變壓器的效率 η

額定負載運轉時

$$\eta = \frac{\text{額定輸出功率}}{\text{額定輸出功率} + \text{額定鐵損} + \text{額定銅損}}$$

部份負載運轉時

$$\eta = \frac{\text{負載率} \times \text{額定輸出功率}}{\text{負載率} \times \text{額定輸出功率} + \text{額定鐵損} + (\text{負載率})^2 \times \text{額定銅損}}$$

校園電力設備節能措施

二、減少變壓器損失的方法

1. 變壓器運轉方式與負載特性的合理配合，減少損失的運轉原則如下：

- 負載因數較高，即負載變化小，故變壓器組可作較高效率之運轉。
- 一般變壓器滿載時銅損與鐵損之比為3時，**負載率在57.7%效率最高**。
- 燈力併供可提高負載因數。
- 負載因數不高亦不低，譬如有連續尖峰時間之後，通常有相當長時間的輕載者，於尖峰時間內將所有變壓器並聯運轉，離峰時間，停用部份變壓器。
- 三相的負載因數偏低時，採用V-V變壓器供電較為有利¹⁸

校園電力設備節能措施

二、減少變壓器損失的方法（續）

2.選擇適當變壓器容量

- 高壓受電用戶電力變壓器容量，不得超過每月平均用電量之四倍。

$$\text{即} \quad \frac{\text{平均電力}}{\text{變壓器容量}} > 0.25$$

$$\text{假如} \quad \text{負載因數(LF)} = \frac{\text{平均負載}}{\text{最高負載}} = 0.625$$

$$\text{則} \quad \text{變壓器需量因數(DF)} = \frac{\text{最高負載}}{\text{變壓器容量}} > 0.40$$

➤ 為檢討計算方便，實用上可依下列方式分析處理。

$$\text{當月變壓器之需量因數 } DF = \frac{\text{最高 kW} / pf}{\text{變壓器容量}}$$

➤ 當 $DF < 0.4$ 時

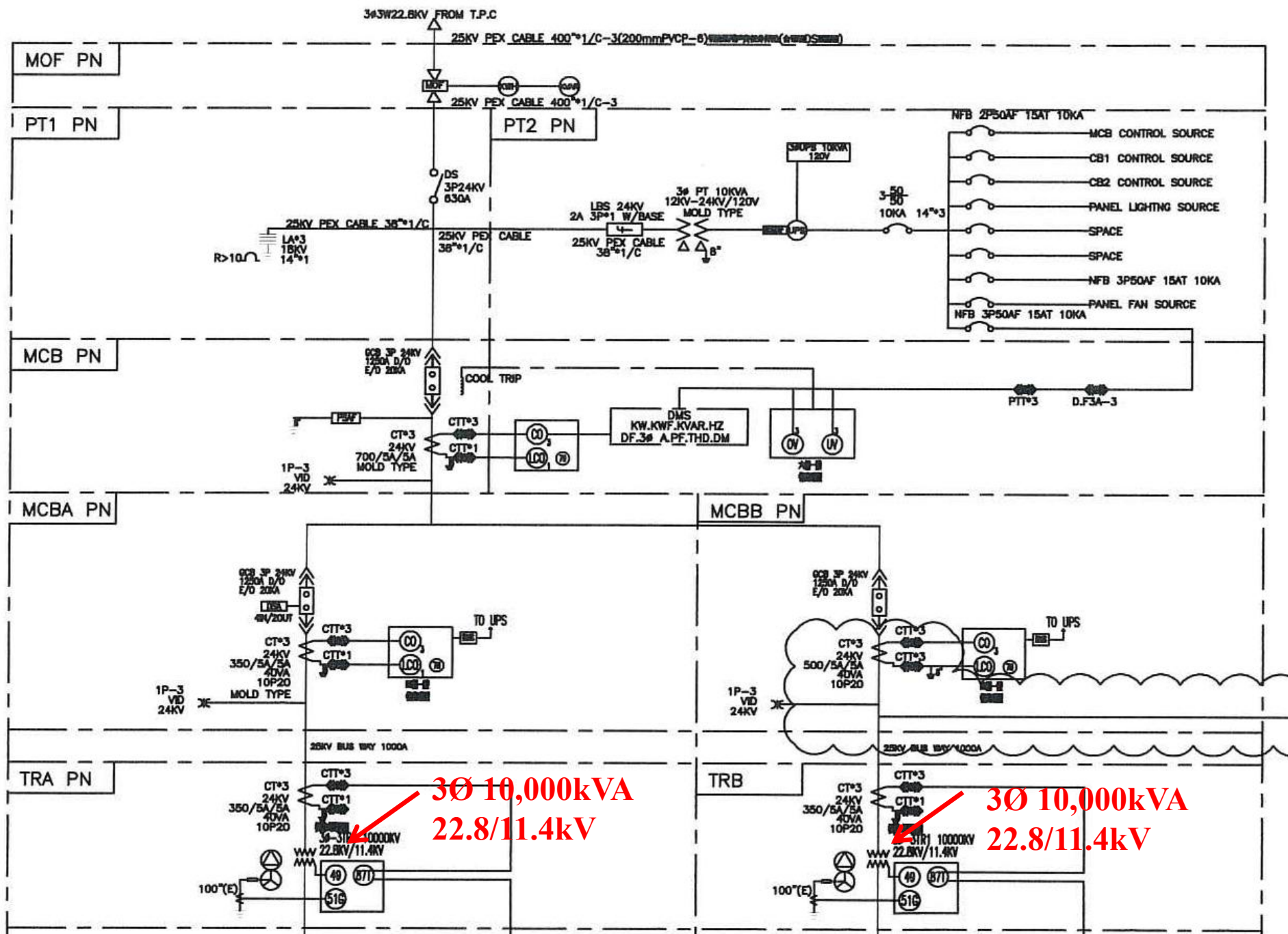
三相變壓器:

停用負載太輕的變壓器，將該負載轉接其他可供利用的變壓器。

三台單相變壓器:

使用三台單相變壓器供給三相電源的場合，負載太輕時，利用其中二台改成V-V接線供電，停用一台。

➤ 當 $DF > 0.8$ 時，計劃更換大容量變壓器或適當增加組別。



二、減少變壓器損失的方法（續）

3. 將不必要之變壓器停止運轉
4. 採用低損失型鐵心（矽鋼片）變壓器
5. 採用高效率節能或非晶質鐵心變壓器
6. 降低變壓器運轉溫度。
7. 定期檢點維護保養

校園電力設備節能措施

功率因數改善：

$$\text{平均功率因數} = \frac{\text{KWH}}{\sqrt{\text{KWH}^2 + \text{KVARH}^2}}$$

功率因數偏低，會使線路總電流增大，且造成線路及變電設備的損失增加。依台電公司有關規定：

- 每月用電之平均功率因數不及80%時，每降低1%，該月總電費應增加千分之1。
- 每月用電之平均功率因數超過80%時，每超過1%，該月總電費則減少千分之1。

校園電力設備節能措施

各種負載之功率因數

負載種類			功率因數%			
			滿載	半載	無載	
感應電動機	三相	1馬力	82	68	16	
		10馬力	86	72	14	
		100馬力	86	72	11	
		1000馬力（20極）	80	66	6	
		1000馬力（60極）	68	50	5	
	單相	1/8馬力	62	43	21	
		1/4馬力	66	45	18	
		1/2馬力	72	54	17	
		白熾燈及電熱			100	
		日光燈			50~95	
同步電動機			可調整			
電扇、電冰箱、空氣調節器			50~75			
電鐘			50			
收音機			70~95			
交流電弧熔接機			30~40			
電氣爐			85			
低週波感應爐			60~80			
高週波感應爐			10~20			

25

改善功率因數之效益

- 增加供電設備(電源)的實質供電容量。

$$\frac{S_1 - S_2}{S_2} = \frac{\cos \theta_2 - 1}{\cos \theta_1}$$

- 減少供電系統的功率損耗。

$$P_{L1} - P_{L2} = P_{L1} \left[1 - \left(\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} \right)^2 \right]$$

- 降低供電線路的電壓損失。

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{R + X \tan \theta_2}{R + X \tan \theta_1} \quad (\cos \theta_2 > \cos \theta_1 \Rightarrow \tan \theta_2 < \tan \theta_1)$$

- 降低線路電流

- 節省電費。

$$\begin{aligned} \text{減收電費} &= (\text{改善後功因}(\%) - 80\%) \\ &\quad \times (1.0 / 1000) \times (\text{基本電費} + \text{流動電費}_6) \end{aligned}$$

校園電力設備節能措施

改善功率因數之效益

改善功率因數與增加系統供電容量之比率

改善前之 功率因數	改善後之功率因數				
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
0.6	0	17 %	33 %	50 %	67 %
0.7	—	0	15 %	29 %	43 %
0.8	—	—	0	13 %	25 %
0.9	—	—	—	0	11 %

校園電力設備節能措施

改進電動機使用效率

一、選用容量適當的馬達

75%至100%負載之效率最佳。

如果使用容量太大的馬達

- 需要較多的投資。
- 運轉時因效率低耗電量高，必須付出更全的電費。

二、選擇效率高的馬達

60 HZ		2 Pole					4 Pole					6 Pole				
		同步 轉速	額定效率 η (%)				同步 轉速	額定效率 η (%)				同步 轉速	額定效率 η (%)			
KW	HP	rpm	IE1	IE2	IE3	IE4	rpm	IE1	IE2	IE3	IE4	rpm	IE1	IE2	IE3	IE4
0.75	1	3600	74.0	75.5	77.0	82.5	1800	78.0	82.5	85.5	85.5	1200	73.0	80.0	82.5	84.0
1.1	1.5		78.5	82.5	84.0	85.5		79.0	84.0	86.5	87.5		75.0	85.5	87.5	88.5
1.5	2		81.0	84.0	85.5	86.5		81.5	84.0	86.5	88.5		77.0	86.5	88.5	89.5
2.2	3		81.5	85.5	86.5	88.5		83.0	87.5	89.5	91.0		78.5	87.5	89.5	90.2
3.0			—	—	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—
3.7	5		84.5	87.5	88.5	89.5		85.0	87.5	89.5	91.0		83.5	87.5	89.5	90.2

IE 說明 International Energy + Number

IE 1 高效率 Standard Efficiency

IE 2 優級效率 High Efficiency

IE 3 超高效率 Premium Efficiency

IE 4 超優級效率 Super Premium Efficiency

三、減少馬達空轉損失

- 馬達空轉時的耗電量為額定容量的10%。
- 每次空轉時間超過2分鐘時，可考慮加裝連動開關控制。
- 一般電動機空轉的損失，以3.7kW(5馬力)的工作機械為例，實測電力損失為0.44kW，如以一年運轉300天，一天中有1小時的空轉，則一年就有132kWH的電力損失。

四、選擇適當傳動方式

- 皮帶傳動效率 70%~90%
- 鏈條傳動效率 75%~85%
- 齒輪傳動效率 93%~96%
- 直接連接效率 100%

五、改善電動機功率因數

可減少損失。損失愈少，電動機的能源效率愈高。

參考文獻

- 曾國雄、譚旦旭編著”工業配電設計”高立圖書公司
- 邱天基、陳國堂編著”電機機械”全華圖書股份有限公司
- 大同公司
- 華城電機公司
- 士林電機公司
- 財團法人台灣產業服務基金會
- 財團法人綠色生產力基金會
- 玖鼎電力資訊股份有限公司
- 建華機電股份有限公司
- 中華電信股份有限公司
- 台灣電力公司



報告結束

感謝聆聽

Q&A