

FLUKE®

Power Quality

電力節能量化及電力品質故障排除技術

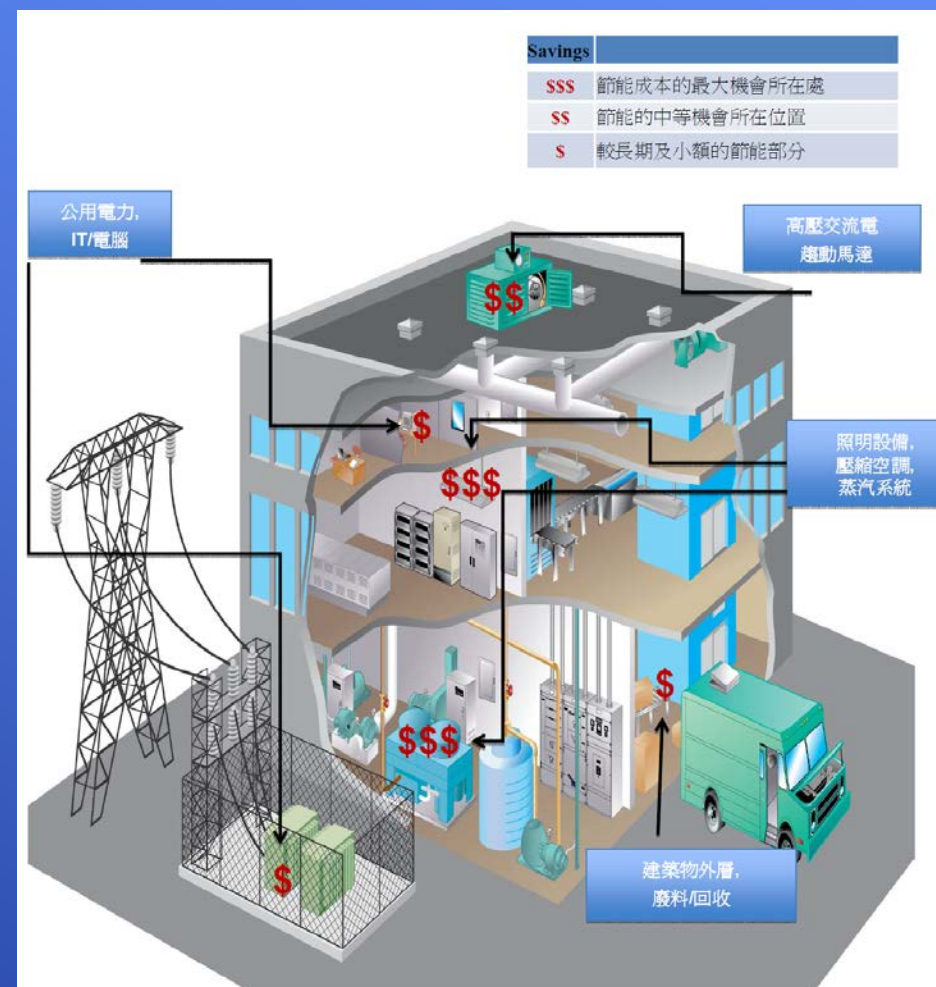


美國福祿克公司 台灣代表辦事處
應用工程師 鄧旭智

電力節能量化及電力品質故障排除

負載 – 公用系統節能

- 電力照明系統
- 冰水空調系統
- 空氣壓縮系統
- 鍋爐蒸汽系統
- 熱泵熱水系統



電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能

調查項目

- 有效功率(kW) 、視在功率(KVA) 、無效功率(Kvar)
- 用電量(kWh) 、需量(kW) 、契約容量(kW)

電力節能量化及電力品質故障排除

台電電價表- 電費組成與計算

電費 = 基本電費 + 流動電費 + 功率因數調整費 + 契約容量超約附加費

- **基本電費** = 契約容量(kW) × 每kW單價。
- **流動電費** = 各時段(尖峰、離峰、週六半尖峰)之用電度數(kWh) × 每度單價
- **功率因數調整費：**
用戶每月用電之平均功率因數不及80%時，每低1%，該月份電費應**增加千分之1**；
超過80%時，每超過1%，該月份電費應**減少千分之1**。
- **契約容量超約附加費：**
超約用電10% 以內部分按**基本電費2倍**計收附加費(超約罰款)。
超出10%以上部分按**基本電費3倍**計收附加費(超約罰款)。
超約附加費部份不給與功因折扣。

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能

(一) 調查項目

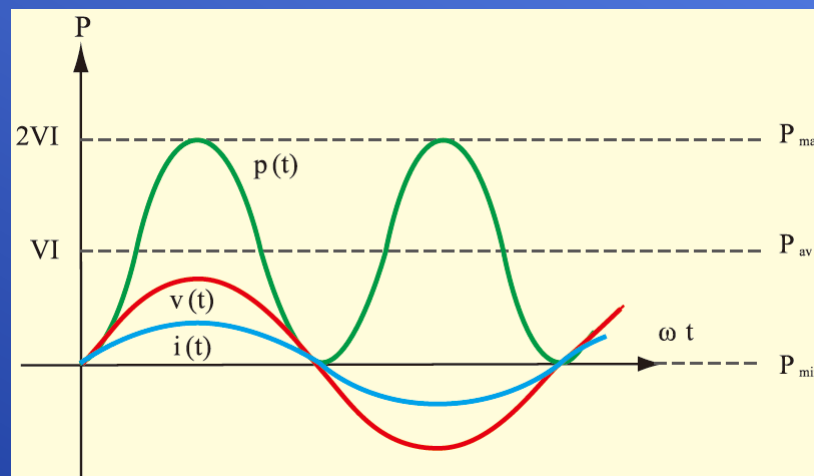
- 有效功率(kW) 、視在功率(KVA) 、無效功率(Kvar)
- 用電量(kWh) 、需量(kW) 、契約容量(kW)

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 調查項目 – 有效功率、無效功率、視在功率

有效功率（也叫平均功率）

交流電的瞬時功率不是一個恆定值,功率在一個周期內的平均值叫做有效功率,在電路中電阻部分所消耗的功率。在交流電路中，凡是消耗在電阻元件上、不可逆轉換的功率，如轉變為熱能、光能或機械能，稱為有效功率；其物理意義是指電路中電阻部分所消耗的功率 用以區分電路中,由於電容,電感等,可能產生的電磁場（無效功率）等消耗的功率。



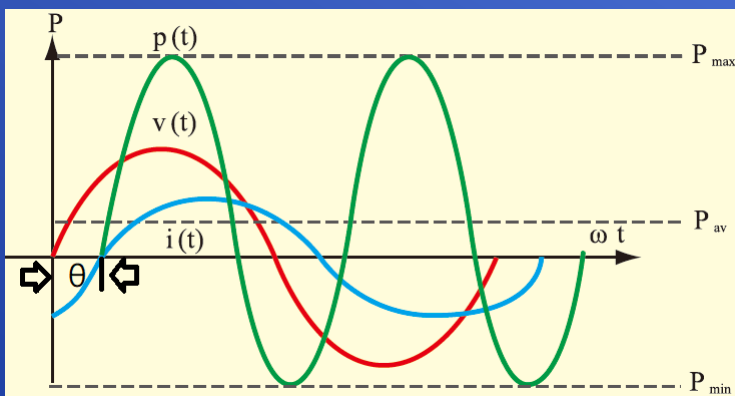
純電阻負載

電力節能量化及電力品質故障排除

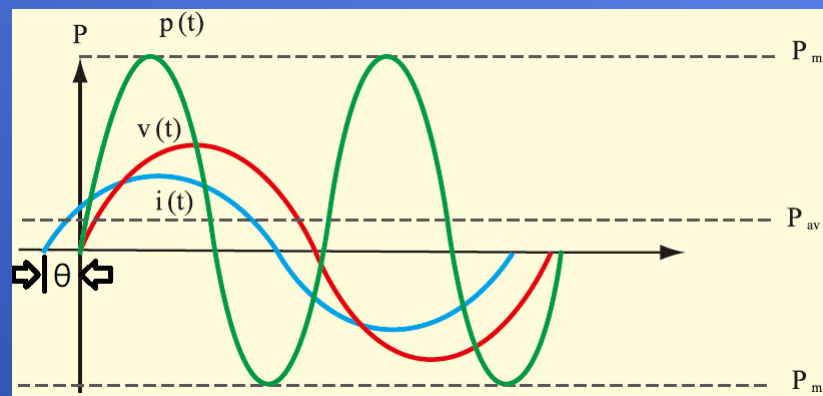
電力系統節能 調查項目 – 有效功率、無效功率、視在功率

無效功率

將電感或電容元件與交流電源往復交換的功率稱之為無效功率。有效功率反映的是電路消耗的功率，而無效功率反映的是電路儲能元件的能量交換情況，它等於能量變換的最大功率，許多用電設備（如配電變壓器、電動機等）均是根據電磁感應原理工作的（即電生磁，磁生電），它們電感線圈或電容為建立交變磁場才能進行能量的轉換和傳遞。



電感性負載



電容性負載

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 調查項目 – 有效功率、無效功率、視在功率

視在功率

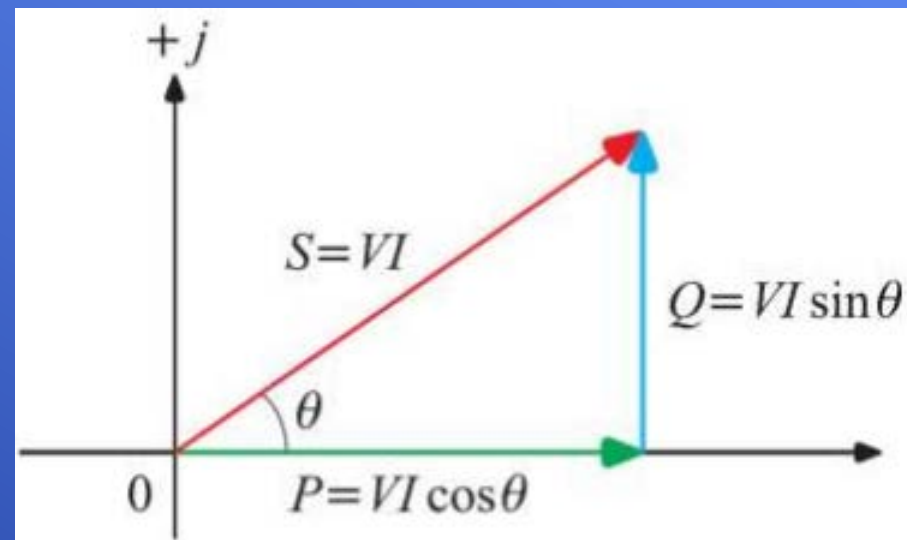
視在功率是電源為負載提供的所有能量（含消耗的和轉化的）。即：交流電源所能提供的總功率，稱之為視在功率或表現功率，在數值上是交流電路中電壓與電流有效值的乘積。視在功率並不代表用電器真正消耗的功率，但是它代表了一種能量之間的交換關係，也是衡量用電器最大負載，承受能力的指標之一。

功率三角形

$$S_{\text{視在功率(VA)}} = V \times I$$

$$P_{\text{有效電力(kW)}} = S_{\text{視在功率(KVA)}} \times \cos\theta$$

$$Q_{\text{無效電力(KVAR)}} = S_{\text{視在功率(KVA)}} \times \sin\theta$$



電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 功率因數調整費

功率因數調整費案例

減少電費支出：依據台灣電力公司的電費計價基礎下，功率因數條款中規定：每月用電之平均功率因數不及80%時，每低1%，該月份電費應增加0.1%；超過80%時，每超過1%，該月份電費應減少0.1%，惟**平均功率因數超過95%部分不予扣減**。

例如某一高壓用戶，其108年8月份基本電費與流動電費之總和為900,000元，而功率因數為95%，則功率因數調整費如下式所示：

功率因數調整費 = $900,000 \times (80 - 95) \times 0.001 = -13,500$ 元；

用戶應繳電費為 $900,000 + (-13,500) = 886,500$ 元。

若該用戶因功率因數改善設備故障，導致功率因數下降至75%

則功率因數調整費 = $900,000 \times (80 - 75) \times 0.001 = 4,500$ 元

最後該用戶應繳電費為 $900,000 + 4,500 = 904,500$ 元

相較功率因數為95%時多繳了 $904,500 - 886,500 = 18,000$ 元。

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 PF與 $\cos\theta$ 的差異

PF vs. $\cos\theta$

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能執行方法 電力諧波改善

電力諧波 傳統電力系統正弦情況下電力系統的分量

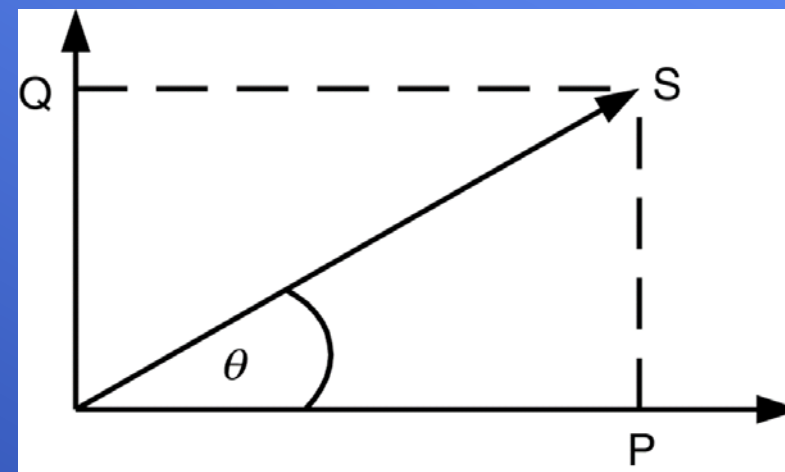
- 傳統的電力系統分量，如有效值、功率（虛功率、主動功率、視在功率）、功率因數以及相序都是在**正弦波基頻**的情況下所定義的。
- 在諧波失真出現時，電力系統不再是操作在正弦的情況下。

在正弦的情況下，功率與虛功率可以簡單的定義如下：

$$P = S \cos \theta_1 = V_{1rms} I_{1rms} \cos \theta_1$$

$$Q = S \sin \theta_1 = V_{1rms} I_{1rms} \sin \theta_1$$

- 其中 θ_1 為基頻時電壓與電流間的相角。
- V_{1rms} 、 I_{1rms} 各為電壓與電流基本波
- 在非正弦的案例下，主動功率的計算必須包含由所有諧波成份而來的貢獻。
- 虛功率是一種不實際作工的功率，而且一般都是伴隨著電感與電容而產生的。



無效功率(乏)在電力系統中流動的這個觀念只有在正弦穩態下才有效。

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能執行方法 電力諧波改善

電力諧波 非正弦情況下電力系統的分量

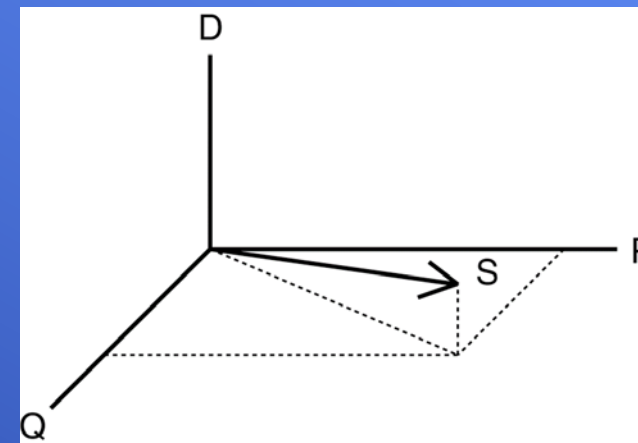
- Q(虛功)是用來表示守恆的感應成份
- 因諧波產生分量D，稱為失真功率(distortion power)或是失真伏安(distortion voltamperes)。
- Q(虛功)是由各個頻率下之傳統虛功率所構成。而D(失真功率)代表的是電壓與電流在不同頻率下的交集。

P(實功), Q(虛功), D(失真功率)與S(視在功率)之關係如下：

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$$

- P與Q對S貢獻了傳統的正弦成份
- **D**代表的是諧波對視在功率額外的貢獻。



視在功率中個別成份之關係

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能策略

(一) 調查項目與應用策略

- 有效功率(kW) 、視在功率(KVA) 、無效功率(Kvar)
- 用電量(kWh) 、需量(kW) 、契約容量(kW)

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 調查項目 – 用電量、需量、契約容量

電能 kWh

電能是表示電流做功多少的物理量。
在電力系統中常用kWh、MWh表示。

例如：

1kWh就是功率為1kW的設備在1小時內產生或消耗的電能。

電廠的發電量為實際運行功率與運行小時數的乘積，而在說到用電量時我們常用「度」這個單位，1度=1kWh。

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 - 能源局已於111年7月22日公告110年電力係數

能源局已於111年7月22日公告110年度之電力係數為

0.509公斤CO₂e／度

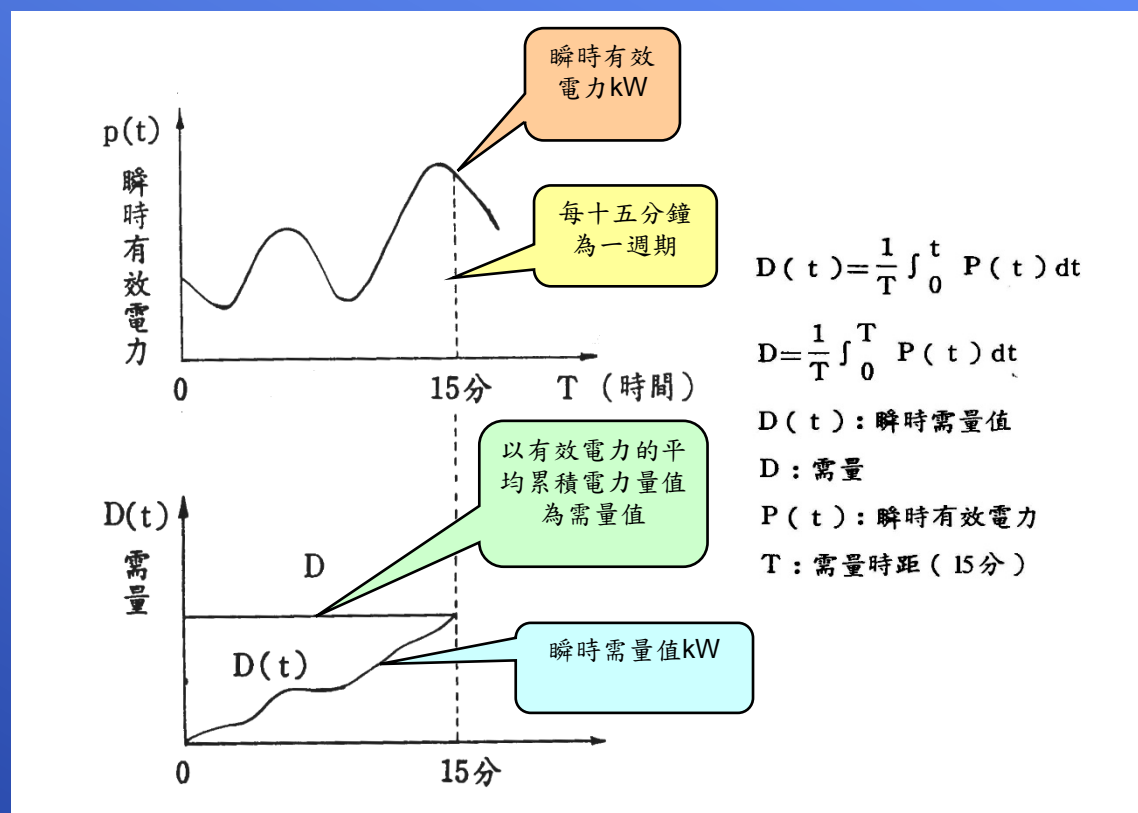
電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 調查項目－用電量、需量、契約容量

需量

電力公司為保障電力系統安全而定的，需量單位以某一特定時段內有效累積電力量值。

以台灣而言，每一需量週期為15分鐘，所以一天24小時共有96次需量週期。



電力節能量化及電力品質故障排除

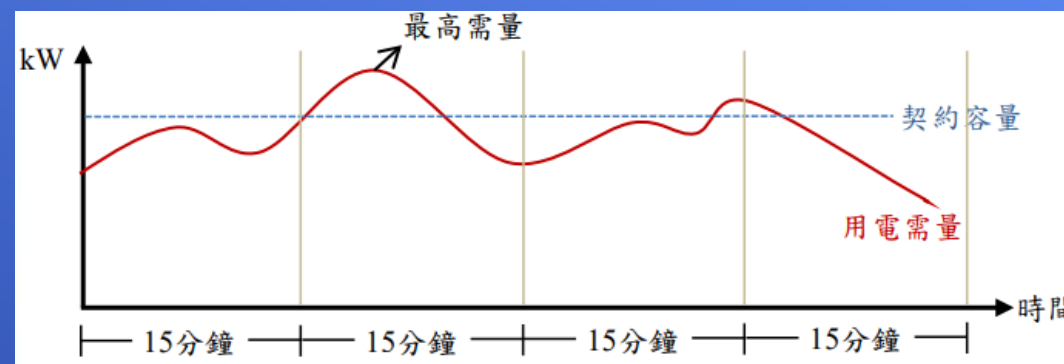
電力系統節能 調查項目 – 用電量、需量、契約容量

契約容量

契約容量是電力公司為保障電力系統安全，要求用電戶必須依據需量的定義，計算負載所需的需量，並訂定合約；電力公司據此契約需量準備電力，同時為保證用戶履行合約而訂定超約用電處理原則。

計收電費時，是用最高需量和契約容量互相比較，最高需量超過契約容量則要超約罰款

- 超約用電**10%** 以內部分按基本電費**2**倍計收超約附加費(超約罰款)，
- 超出**10%**以上部分按基本電費**3**倍計收附加費(超約罰款)。



電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 -

- **有效功率 (Effective kW)**。由於有效功率輸送造成的能量損耗。由於電纜電阻引起的能量損耗。這是唯一一個在有用機械能中具有可轉變性的功率分量。
- **無效功率 (kvar)**。無功功率在整個電力系統中被反復運輸，造成能量損耗，但並不作有用功。這一電能損耗是由電流引起。
- **不平衡視在功率 (Unbalance kVA)**。由於電源和負載不平衡造成的損耗。這個獨特的測量功能助於顯示由電網不平衡性造成的損耗。不平衡功率，是基波功率減去正序功率。
- **失真視在功率 (Distortion kVA)**。由於失真功率（諧波）造成的損失。能夠使您快速確定由有源濾波或其他系統改進得到的能源節約。諧波功率是有效功率減去基波功率。
- **中性線電流 (A)**。由中性導體中的電流引起的損耗。另外在不安全的情況下，如過熱，中性導體中的大量電流也可能造成損耗。

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 配電線路減少線路損失

配電線路減少線路損失

電力系統配電線路加壓供電，因線路有阻抗會產生線路損失，線路損失應儘量降低。

1.線路損失計算

線路損失與線路總電流平方成反比

線路損失減少 = 原損失 $(1 - (\text{原功率因數} / \text{改善後功因})^2)$

2.減少線路損失方法

- (1) 檢討線徑大小，是否能承受供應之負載
- (2) 電源與負載設備間距離儘量縮短
- (3) 避免超載用電

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 無效電力改善

無效電力改善

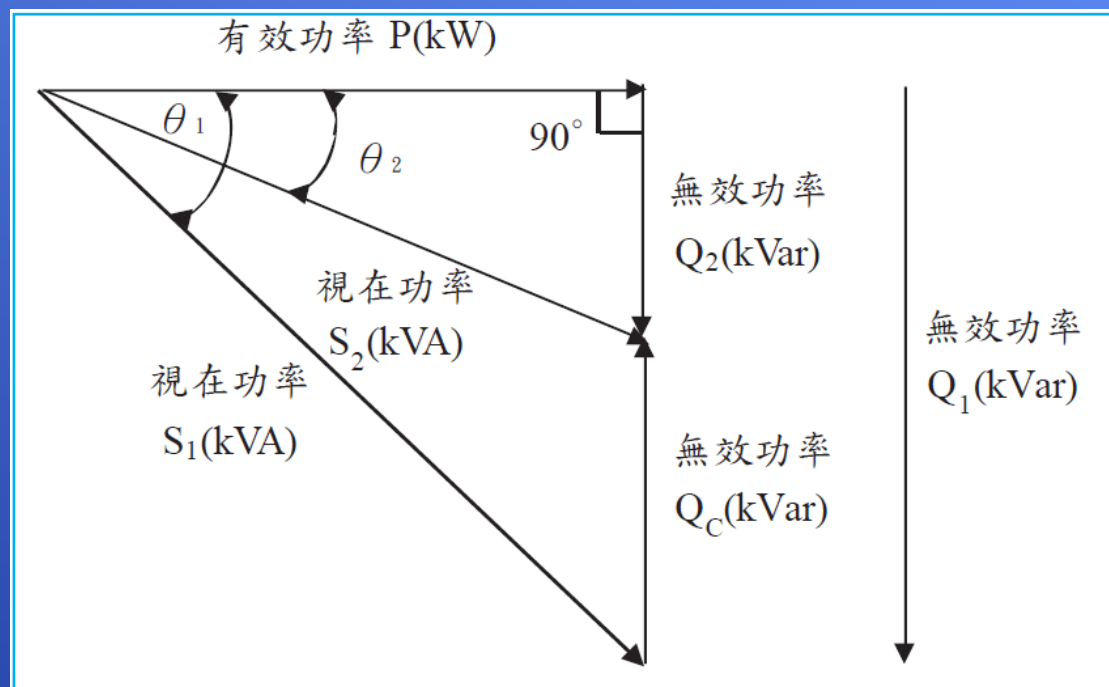
改善功率因數亦是節省用電項目之一。功率因數低，表示無效電力偏大，也就會使線路電流增大，而增加線路及用電設備的電力損失。

- 減少電費
- 線路損失減少
- 改善電壓
- 系統容量之增加

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$P = VI \times \cos \theta$$

$$\frac{P}{V} = I \times \cos \theta$$



電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 三相不平衡改善

三相不平衡

三相供電系統常因系統各相阻抗不完全相同，或所接之負載不平衡造成三相間電壓不平衡，由於電壓不平衡會造成供電不穩定以及電力線路損失增加，三相電壓不平衡之計算公式如下：

電壓不平衡率(%) = (最高或最低電壓與三相平均電壓之差) / 三相平均電壓(%)

三相電壓不平衡率(%)以不超過4.5%為原則，如超過4.5%就應設法調整三相負載使其維持三相平衡。

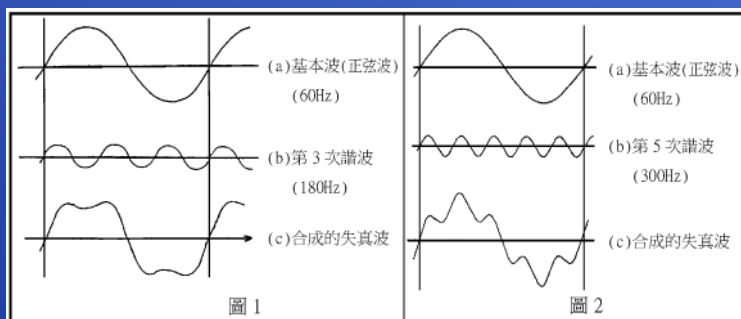
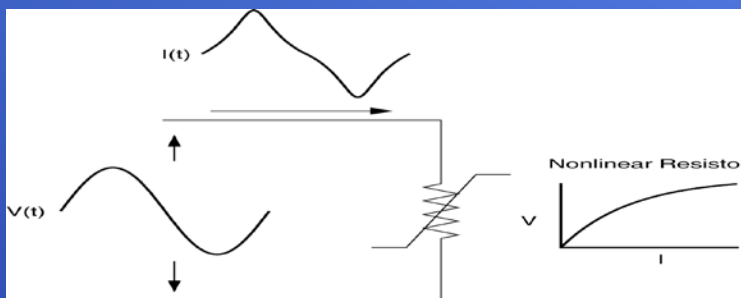
影響

- **增加線路的電能損耗**：在三相四線供電網，電流通過線路導線時其損耗與通過電流的平方成正比。
- **增加配電變壓器的電能損耗**。
- **電動機效率降低**：配變在三相負載不平衡工況下運行，將引起輸出電壓三相不平衡。
- **三相負載保持平衡是節約能耗、降損降價的基礎**：增大中性線電流，從而增大線路損耗。

電力節能量化及電力品質故障排除

電力系統節能 電力諧波改善

電力諧波



電力諧波的影響

- 變壓器
 - 增加變壓器銅損及鐵損
- 電力電線路
 - 過載
 - 發熱
 - 絕緣破壞
- 馬達
 - 機械效率減小
 - 功率因數下降
 - 有效轉矩減小

電力節能量化及電力品質故障排除

電力品質故障排除 – 電力品質定義

- 「電力品質」一詞根據「美國電機電子工程師學會」(The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)的「配電系統電壓品質工作小組」(Working Group on Distribution Voltage Quality)所下定義，係指「電力系統擾動的相對缺失程度」。
- 根據「加拿大電機學會」(Canada Electric Association, CEA)係指「在某一電力條件情況下，電力設備性能的滿意程度」。

前者以電力公司為立場，所定義之電力品質可以簡述為電力系統對污染源(用戶)之接受度，後者以用戶為立場，所定義之電力品質可以簡述為用戶對電力公司供電品質之滿意度。

換句話說，電力品質必須得到電力公司與用戶雙方皆能接受或滿意，至於滿意與否之界定就必須由電力品質相關因素之管制標準來規範

電力節能量化及電力品質故障排除

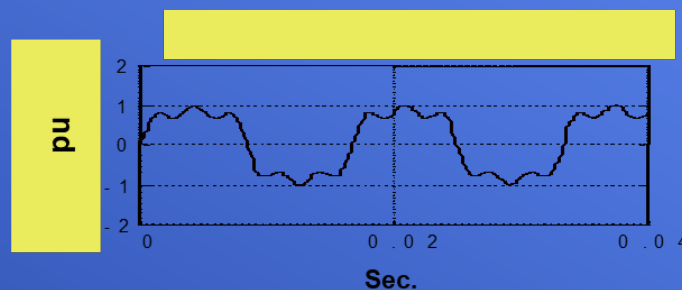
電力品質故障排除 – 電力品質問題來至何處

大多來自工廠內部.能是下列問題所致：

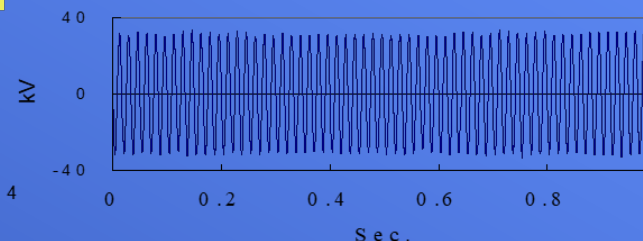
- 安裝問題 — 接地不當，佈線不當，或配電導線尺寸過小。
- 操作問題 — 設備的操作超出設計參數的範圍。
- 保護問題 — 屏蔽不當或缺乏功率因數的校正。
- 維護問題 — 不良的電纜絕緣或接地連接。
- 在一個設計完美的工廠中，即使是完美安裝和保養的設備也會隨著老化而產生電力品質問題。

電力節能量化及電力品質故障排除

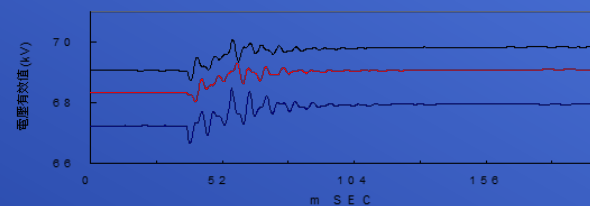
電力品質故障排除 – 常見的電力品質問題有哪一些



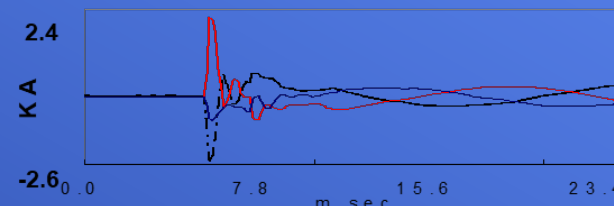
(a) 諧波(harmonic)



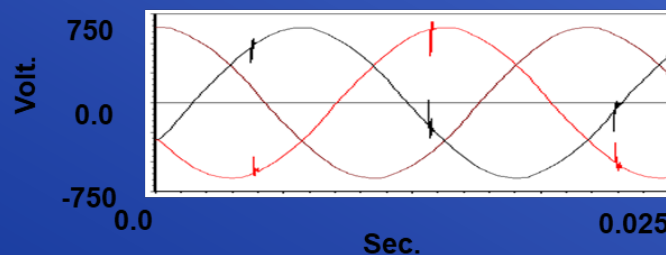
(b) 電壓閃爍(flicker)



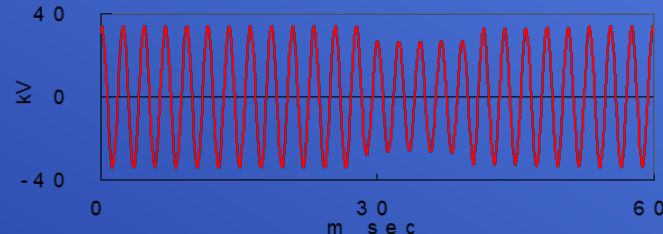
(c) 三相不平衡與突入電壓



(d) 突入電流(inrush current)



(e) 脈衝(impulse)



(f) 電壓驟降(dip)

電力節能量化及電力品質故障排除

電力品質故障排除 – 電力品質污染源與受害對象

污染種類	污染因素	污染源	影響對象	改善對策
電力品質污染	電力諧波	非線性負載： 如電力電子類、鐵心激磁類與電弧爐	減短電力設備使用壽命，嚴重過壓、過流或過載可導致設備故障	(1) 採高脈波整流方式 (2) 裝設被動式濾波器 (3) 裝設主動式濾波器 (4) 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	(1) 裝設虛功補償器 (2) 採專線供電 (3) 增加限流電抗 (4) 提昇供電系統短路容量
	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	(1) 導線相序適當換位 (2) 裝設虛功補償器 (3) 均勻分配三相負載
	電磁干擾	家電、行動電話與輸配電線	保護電驛誤動作與通訊干擾	(1) 三相導線適當排列 (2) 減少不平衡電流 (3) 利用高導磁材料遮蔽
	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	(1) 裝設避雷與突波吸收器 (2) 串接限流電抗 (3) 裝設動態電壓調整器

電力節能量化及電力品質故障排除

電力品質故障排除 – 電力品質之標準

電力諧波	$I_{\text{THD}}=20\%$ ； $V_{\text{THD}}=5\%$
電壓閃爍	$\Delta V_{10}=0.45\%$ ； $P_{\text{st}}=1.0\text{pu}$ ； $P_{\text{lt}}=0.6\text{pu}$
三相不平衡	$d_2=1.0\sim 1.5\%$
電壓突波	SEMI F47-0200
電壓昇降	$V_{\text{rise}}>1.1\text{pu}$ ； $V_{\text{drop}}< 0.9 \text{ pu}$