

電能管理輔導

壹、前言

電能為現代工業的原動力，廉價的電力使我國邁入開發國家之林，在生產製造工廠中，動力、照明等是不可缺少的主要能源。我國自產能源有限，約 96% 能源仰賴進口，近年來國民生活水準不斷提高，電力需求急遽成長，電源開發無法如期增加，在電力系統備載容量急遽減少的情況下，電力供應的尖峰負載相當吃緊，因應此一窘境，除致力於新電源開發之外，更應配合國家政策於不影響生活品質的原則下積極推行節約用電，促進能源合理而有效的使用，本手冊收集相關電機設備之一般性節約能源方法，提供業界做為自行改善的參考，期盼對國家的節約用電盡一份心力

貳、選擇適當的契約容量

契約容量：工廠與電力公司所訂立的最高用電需量

經常契約容量：尖、離峰時間皆可使用之用電容量

離峰契約容量：僅離峰時間可使用之用電容量

一、如何訂契約容量

依尖峰時間用電需量訂定經常契約容量

半尖峰時間用電量如果大於經常契約容量，依其超出部份另訂半尖峰契約容量。

離峰時間用電量如果大於經常契約容量與半尖峰契約容量之和，則依其超出部份另訂離峰契約容量

二、適當的契約容量

繳納最少電費

三、契約容量過高

工廠須繳較多的基本電費

電力公司須設置較大的設備，造成使用率偏低。

四、契約容量偏低

最高用電需量超過契約容量，超出

契約容量 10% 以下部份，按二倍計收基本電費。

契約容量 10% 以上部份，按三倍計收基本電費。

增加契約容量時，須繳線路補助費。

五、選擇適當契約容量的方法

用戶可依台電公司提供之軟體 ” 最適契約容量分析程式 ” ，自行分析評估，獲得最適契約容量

參、改善功率因數

電力做功可分成作用在電阻性負載之有效電力 (KW) ，與電感性負載之無效電力(KVAR) 兩部份，兩種電力的向量相互成為 90°角，其合成的向量和即為視在功率 (KVA)

功率因數(PF)=有效電力(KW)/視在功率(KVA)=Cos

功率因數偏低，會使線路總電流增大，且造成增加線路及變電設備的損失。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% ，該月電費應增加 3/1000

每月用電之平均功率因數超過 80% 時，每超過 1% ，該月電費則減收 1.5/1000

一、提高功率因數的方法

裝設電力電容器，抵減無效電力。

二、靠近負載端裝電容器的好處

節省電費

減收電費 = (改善後功率因數(%) – 80%)×(1.5/1000)×(基本電費+流動電費)

減少系統電力損失

減少電力損失=原有的電力損失×[1 – (原有功率因數/改善後功率因數)²]

改善電壓

可使線路末端的電壓提高，穩定電壓變動率。

增加實質設備容量

電力系統的設備容量不變時，提高功率因數可增加負載量

肆、調整變壓器組之負載

一、變壓器的效率

額定頻率運轉時

$$\eta = \frac{\text{變壓器輸出}}{\text{變壓器輸出} + \text{鐵損} + \text{銅損}}$$

部份負載時

$$\eta = \frac{(\text{負載率}) \times (\text{二次側電壓}) \times (\text{二次側電流}) \times (\text{功因})}{(\text{負載率}) \times (\text{二次側電壓}) \times (\text{二次側電流}) \times (\text{功因}) + \text{鐵損} + \text{銅損}} \times 100\%$$

三相變壓器

$$\eta = \frac{\sqrt{3}(\text{二次側電壓}) \times (\text{二次側電流}) \times (\text{功因})}{\sqrt{3}(\text{二次側電壓}) \times (\text{二次側電流}) \times (\text{功因}) + \text{鐵損} + \text{銅損}} \times 100\%$$

二、如何選擇變壓器容量

由變壓器需量率 = (變壓器最高負載/變壓器額定容量)來判斷

例：某工廠使用 3 具單相 1000KVA 變壓器供電，低壓側功率因數 80%，一個月中的最高需量 1100KW 用電量 600,000KWH，每日 24 小時運轉，由於

$$\text{變壓器需量率} = (1100\text{KW} \div 0.8) \div 3 \times 1000\text{KVA}$$

改成 V-V 接線，或可停用一台僅使用二台變壓器供電較符效益

三、變壓器節省電能的方法

採用高效率變壓器

購買變壓器時，請注意鐵損、銅損與效率的數值。

停用時切斷高壓側電源

季節性的負載，在停止運轉期間，以及休假停工時，停用的變壓器應切斷高壓側電源，以減少鐵損。

適當容量的運轉

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

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

伍、改進電動機使用效率節省用電

一、選用容量適當的馬達

75%至 100%負載之效率最佳。

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，必須付出更多的電費。

二、馬達汰舊換新

使用效率較高的馬達，效率 = 輸出功率 / (輸出功率 + 固定損失 + 負載損失)。

效率高的馬達，須在額定負載下，使損失（固定損失、負載損失）減輕

三、選擇效率高的變速方法

馬達變速方式的比較

變速方式	馬達型式	改變轉的方法	特點	變速範圍
二次電阻控制	繞線式感應馬達	轉子線圈串聯電阻，改變電組值	低速時效率低、廉價	中
極數變換控制	鼠籠式感應馬達	變更繞線的接續變更極數	效率高、級段控速、廉價	定速
一次電壓控制	鼠籠式感應馬達	以半導體調整一次電壓值	低速時效率低、廉價	中
電磁耦合器控制	鼠籠式感應馬達	利用渦流感應的磁場產生滑差	低速時效率低、廉價	中
Scherbius 控制	繞線式感應馬達	以半導體調整電壓、改變轉子線圈的電流量	效率高、控速範圍小	小
一次頻率控制	鼠籠式感應馬達	使用變頻器改變電源頻率數	效率高、價格高	大
直流控制	直流馬達	控制直流激磁電流量	效率高、維護難、價格高	大

如何選擇變速方法

固定式變換轉速—極數變換控制

無段式調整轉速—一次頻率控制、直流控制

四、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）的上作機械為例，實測電力損失為 0.44KW，如以一牛運轉 300 天，一天中有 1 小時的空轉，則一年就有 132KWH 的電力損失

五、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%

直接連結效率 100%

六、改善功率因數

損失愈少，電動機的能源效率愈高，一般而言，容量愈小的電動機效率愈低，愈接近滿載時效率較好，在輕載使用時，效率較低。

七、高效率電動機減低損失之措施

由於絕緣材料之進步及電動機冷卻機構之改良，致使線溝適正化，溝內的導體佔有率改善而減低銅損。同時線溝適正化，使鐵心溝旁的磁通密度減低而減少鐵損，減低損失之措施如下表：

損失項目	主要改善措施
鐵損	採用比較薄而品質高的鐵心材料，減少渦流損失，並增加鐵心用料，降低磁通密度，減少損失
一次銅損	加大並增多定子部分銅料、減少電損
二次銅損	轉子部分採用較大銅棒、斷熱面積增加、電阻減少
漂游損	改善設計、提高加工精度及品質管制
機械損	採用高效率風扇、軸承等

八、高效率電動機的能源效率

電動機通常以滿載負荷時的能源效率（滿載效率）及滿載功因，代表其功能性。國家標準已訂有，般用電動機滿載效率的規定數值如下表所列，餘為國產商品普通電動機之實測平均值，國產外銷高效率電動機之平均效率保證值，以及一部份國外商品之資料。

高效率電動機的能源效率 1Hp 100HP 相四極電動機滿載效率表

類別 馬力	國家標準 (一般電動機)	實測平均值 (一般電動機)	外銷高效率電動 機平均保證值	推薦第二其高 EER 值	國外某商品高效 率電動機
1	69.5	76	78.5	70.9	
2	75.5	80	81.75	81.0	
3	78.5	81	84	84.0	
5	81.5	83	85.75	86.5	90.2
10	83.5	86	88.75	89.0	90.2
20	85.5	88	90.75	90.5	91.7
30	86.5	89.5	91.1	91.5	93
50	87.5	90	82.35	92.5	94.1
75	88.5	91	92.7	93.5	94.1
100	89.5	91.5	92.7	94.0	95

陸、照明的節約能源

一、提升既設照明設備之照明效果

定期清洗照明燈具

定期更換效率降低之舊燈管

二、採用高效率燈具

各種燈具照明效率比較

高壓鈉氣燈	89Lm / W
日光燈	60Lm / W
金屬鹵化物燈	57Lm / W
水銀燈	53Lm / W
白熾燈	15Lm / W

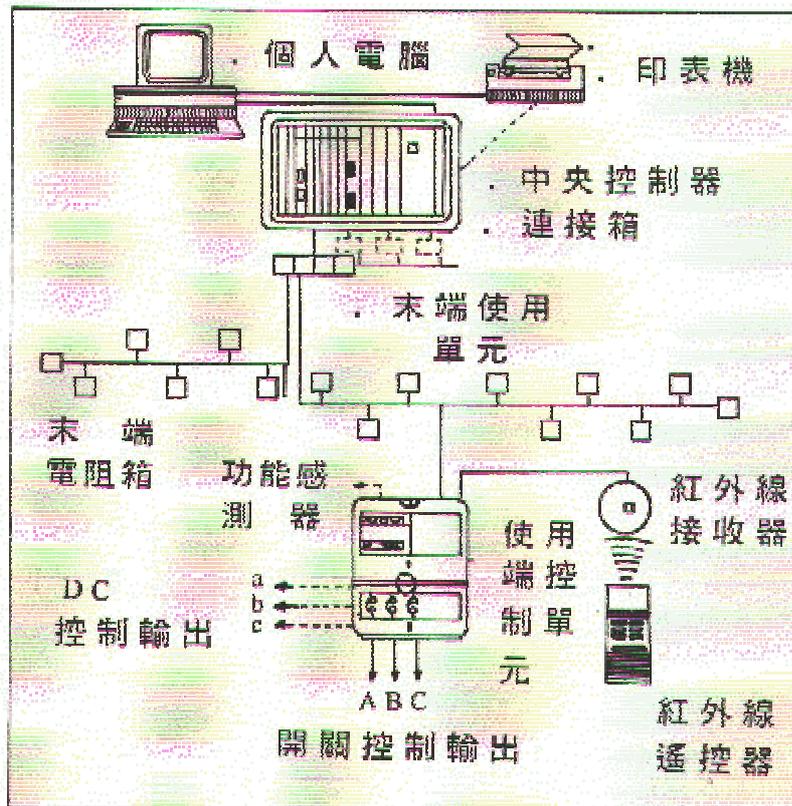
新增設或更換燈具時，請使用省電型日光燈，可節省 14% 耗電量。

三、局部照明與全面照明配合使用

四、每盞燈設置個別開關

五、增加反光效果

六、充分利用自然光



照明省能系統示意圖

家庭照明案例

假如您將府上原來的 60W 戶熾燈泡改為 15W 日光燈泡，使用 1 年 8 個月（即使每天使用 10 小時計算 600 天，即 6000 小時），您每盞（個）便可節省 680 元，如果府上有 10 盞，就可省 6800 元，這是一筆可省下的家庭支出。

註：1. 60W 白熾燈全光束 = 15W 日光燈全光束。

2. $60W \times 6000 \text{ 小時} \times 1 \text{ 個} = 360 \text{ 度用電量}$

3. $(15W + 3W) \times 6000 \text{ 小時} \times 1 \text{ 個} = 108 \text{ 度用電量。}$

(3W 為安定器耗電)

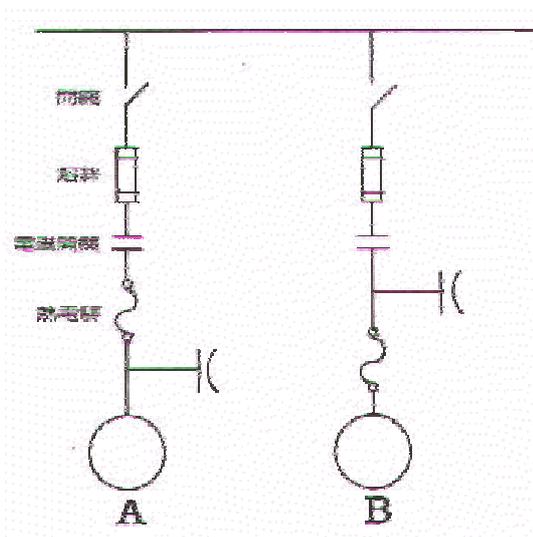
4. 電價以表燈用電 (非營業用)

111 330 度部份夏月每度 2.7 元計算。

柒、附錄

一、裝置低壓電容器之方法

由於工廠之馬達大部份皆為感應式馬達，致使功率因數落後，一般工廠採用低壓電容器改善功率因數，方法是將低壓電容器直接接到感應電動機之端子，與電動機結為一體，其結線圖如下：



電容器與電動機並連接線法

接線方法，可以省略電容器的開關，如果感應電動機停用時，電容器亦同時切開，不會發生超前情形。電容器的容量必須與電動機配合，如電容器容量太大，於停電後馬達仍繼續轉動時會因自激而產生過電壓及暫態轉矩，損害馬達線圈。如採用 A 種結線式，請將熱電驛配合實際之線路電流予以調整或換新。

2300 及 4000 伏電動機、高起動轉距及正常起動電流(NEMA 設計分類 " C ")

感應電動機之 額定馬力		感應電動供稱轉速(RPM)及極數							
		1800 4		1200 6		900 8		720 10	
型式	HP	KVAR	%AR	KVAR	%AR	KVAR	%AR	KVAR	%AR
開放型	100	30	11	30	11	30	11	30	11
	125	30	11	30	11	30	11	45	11
	150	30	9	30	9	45	9	-	-
	200	45	9	45	9	45	9	-	-
	250	45	8	60	9	60	9	-	-
	300	45	6	75	9	75	9	-	-
	350	60	6	75	8	75	9	-	-
感應電動機之 額定馬力		1200 6		900 8		720 10		600 12	
型式	HP	KVAR	%AR	KVAR	%AR	KVAR	%AR	KVAR	%AR
封閉型	75	15	10.9	20	10.0	30	15.7	-	-
	100	25	8.7	30	9.8	30	13.1	50	11.9
	125	30	9.6	30	8.9	60	21.4	60	18.1
	150	30	8.8	45	13.4	60	21.4	60	16.9
	200	-	-	60	9.3	75	15.6	75	14.5

註：%AR 為設置電容器後、線電流減少之百分值。若所用電容器容量(KVAR)較表列數值為小，則實際線電流減少之百分值%AR 為

表列%AR×(實際電容器 KVAR/表列 KVAR)

三、選擇進相電容器容量

1. 進相用低壓電容器 CNS 標準額定容量

表 A

額定電壓(V)	相數	額定容量(KVAR)										
110	單相	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5				
220	單相	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	7.5
220	三相	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	7.5	10	15

表 B

額定電壓(V)	相數	額定容量(KVAR)									
110	單相	5	10	15	20	25	30	40	50	75	
220	三相	7.5	10	20	30	50	75	100	150	200	250

註：1.表 A 所列之電容器主要用於大型用電器具者、如感應電動機、電和激、霓虹燈等。表 B 所列之電容器主要用於小型用電器具者。

2. 進相用高壓電容器 CNS 標準額定容量

額定電壓(V)	相數	額定容量(KVAR)							
3.45	單相	10	15	25	50	100	200	250	300
6.9	單相	10	15	25	50	100	200	250	300
11.95	三相	10	15	25	50	100	200	250	300

四、功率因數修正泛用計算法(KW-KVAR 計算法)

數據系統	複合功率 KVA	實功率 KW	虛功率 KVAR	功率因數 COS θ
原系統狀況	S _o	P _o	Lagging(+) Q _o Leading(-)	θ _o
增減電容或 同步電動機	S _x	P _x	Lagging(+) Q _x Leading(-)	COS θ _x
改善後狀況	S _r	P _r =P _o +P _x	Q _r =Q _o +Q _x	COS θ _T

上表數據 S,P,Q,Cos 四者之中已知兩者即可求出其他兩者。

即 $P = S \cos$

$Q = S \sin\theta$

$S = [P^2 + Q^2]^{1/2}$

$\cos = P/S = P / (P^2 + Q^2)^{1/2}$

舉例：

[例]有一負載系統，其用電量為 10,000KVA，功率因數為 0.65 落後，今欲將其功率因數提高到 0.85 落後，應裝置之進相電容量為若干 KVAR？

[解]

數據系統	複合功率 KVA	實功率 KW	虛功率 KVAR	功率因數 COS θ
原系統狀況	10000	P _o =6500	Q _o =7600	0.65 落後
裝置容量		P _x =0	Q _x =?	
改善後狀況	S _r =7650	P _r =6500	Q _r =4030	0.85 落後

$$Q_x = 4030 - 7600 = -3,570 \text{KVAR}$$

$$Q_x = V^2 / X_c = V^2 / (1/\omega C) = V^2 \omega C$$

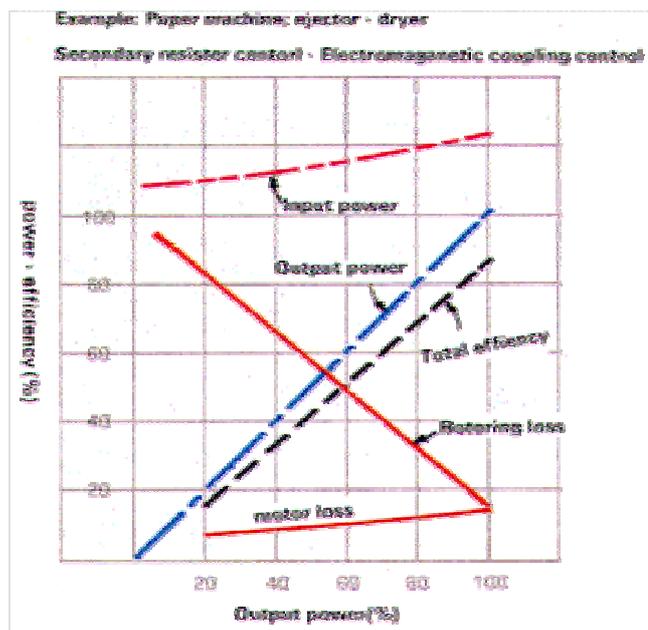
可求出電容值

$$C = Q_x / V^2 \omega = Q_x / 2\pi f V^2$$

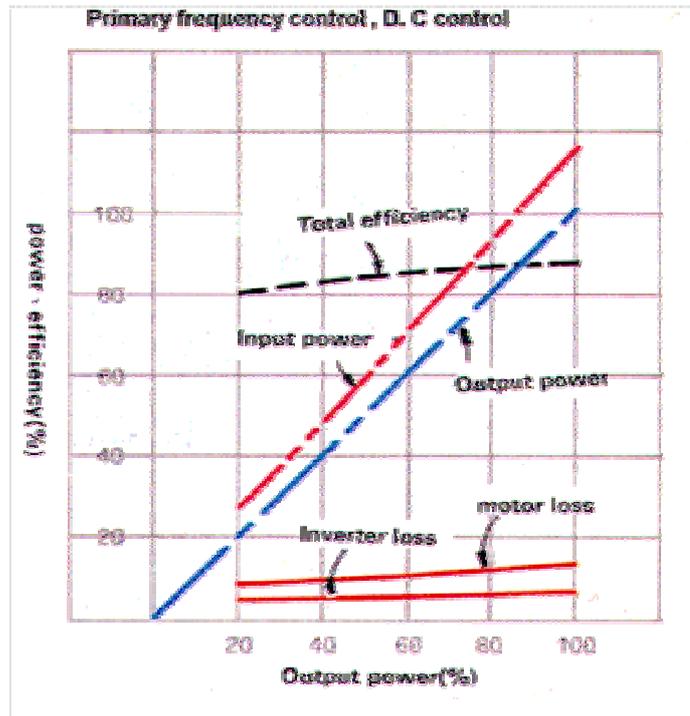
五、馬達變速特性

定轉距負載

例如：抄紙機、押出機、烘乾機、定型機等二次電阻控制，電磁耦合控制

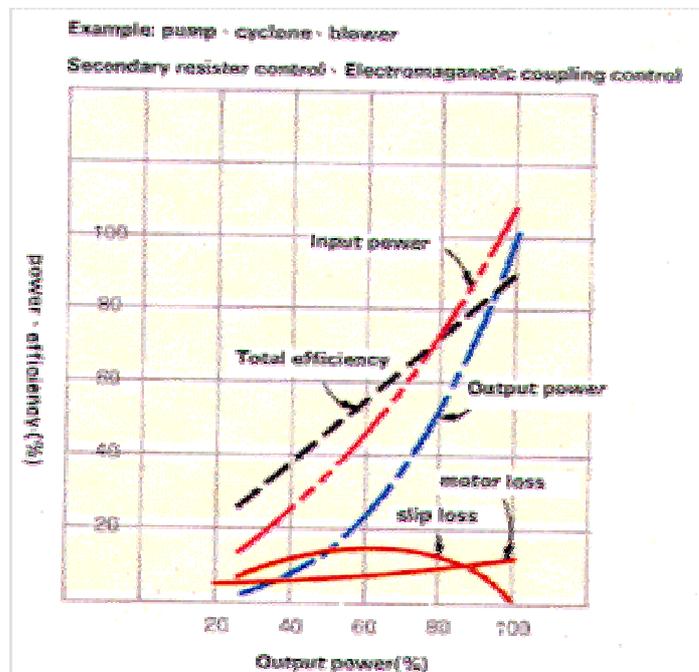


一次頻率控制，直流控制



變轉距負載

例如：幫浦、鼓風機、送風機等二次電阻控制，電磁耦合控制



一次頻率控制，直流控制

Primary frequency control , D. C control

