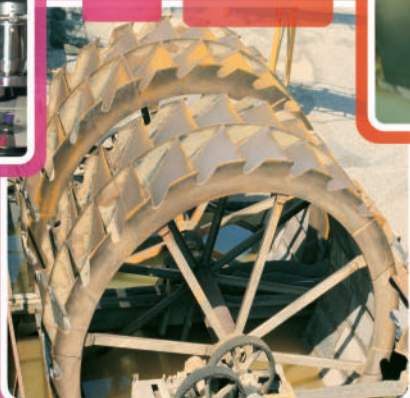


高效率馬達節能效益



委託單位：經濟部能源局

執行單位：工業技術研究院 綠能與環境研究所

高效率馬達節能效益

※ 目錄 ※

一、日益暖化的世界環境.....	1
二、馬達耗用電能比重.....	2
三、高效率馬達對節能減碳的貢獻.....	3
四、先進國家推行高效率馬達的方法.....	6
五、世界各國提高馬達效率標準概況.....	8
六、提高馬達效率的方法.....	9
七、馬達耗電計算.....	11
八、高效率馬達回收效益年限計算.....	23
九、正確使用馬達可收節能效果.....	27
十、綠色能源概況.....	35
十一、馬達搭配變頻器之效益.....	37
十二、搭配變頻器應注意事項.....	41
十三、正確使用馬達有助系統效率提升.....	44



一、日益暖化的世界環境

隨著世界人口的成長及經濟的發展，其對能源的需求就不斷的急速增加，因而造成全球氣候的暖化，使南北極之冰山融化，造成海平面上升，陸地因而減少，有些國家之陸地可能沈入海平面之下；同時氣候暖化更造成各地不正常的旱災、水災、炎熱及沙漠化，使得農作物欠收、畜牧不成等後果。是故能源漸短缺與溫室效應之加劇，節能減碳自然成為世界各國各部門關注的焦點。

我國並非是京都議定書公約會員國，為提升國家競爭力與環境保護，仍依循該氣候變化綱要的精神，由各部門擬定節能減碳的目標，並積極推動「能源三法」。

(一)2005 全國能源會議與能源政策白皮書，其策略主軸：

- a. 發展綠色運輸系統
- b. 紓緩汽(機)車使用與成長
- c. 提昇運輸系統能源使用效率
- d. 教育與宣導(配套措施)

(二)溫室氣體減量法：

其對運輸部門具有明確規範，2007 年 5 月立法院完成溫室氣體減量法(草案)，明訂於 2025 年至 2030 年間回歸至 2005 年排放量(第四條)。

(三)2008 年新政府目標：

研訂減碳目標，善用市場機制，全國 CO₂ 排放減量的目標為：國際協商共識未達成前，先行規劃推動全國的 CO₂ 排放減量，於 2016 年至 2020 年間回到 2008 年排放量；於 2025 年回到 2000 年排放量；於 2050 年回到 2000 年排放量的 50%。



二、馬達耗用電能比重

我國自產能源缺乏，約 97% 能源仰賴進口。根據國際能源總署(IEA)報告指出，節能是最大的能源供給，因此在因應環保、能源價格上漲、能源耗竭、節能更顯重要。

1. 台灣地區能源消費，依經濟部能源局之統計
2. 能源消費(近廿年)年平均成長 5.5%，GDP 成長 5.7%
3. 能源消費(近五年)年平均成長 3.6%，GDP 成長 4.9%
4. 能源密集度(94 年)·9.14 公升油當量 / 千元(96 年)降至 8.76 公升油當量 / 千元，故能源使用效率有改善(降幅 2.1%)

電力消費占能源消費率(廿年前)38%，(96 年)提高至 51%，即能源消費以電力為主，至(96 年)電力消費以工業部門占 51.2%(製造業)，住商部門占 29%，成為推動節電重點。

若依據台電公司 92 年統計 88 年度至 92 年度之年報整理之歷年用戶數與售電量成長分析表一，可知電力占 66.5%，電燈佔 33.5%，若製造業用電中約有 70%的電力是耗用在馬達系統上，即馬達系統將耗用了 46.55% ($0.665 \times 0.7 = 0.4655$)的國內用電量。因此提高馬達系統之能源效率是節約能源的有效方式之一。

三、高效率馬達對節能減碳的貢獻

所謂之高效率馬達，在我國係指低壓三相鼠籠型感應電動機於滿載特性試驗，以額定頻率之額定電壓運轉，施加額定輸出之實負載，測定其轉矩、旋轉速度、輸入功率及電流，依下式計算其滿載效率，且符合 CNS14400 C4482 低壓三相鼠籠型(簡稱高效率電動機)之規定者。

$$\text{效率 } \eta = \frac{\text{輸出 } P_{out}}{\text{輸入 } P_{IN}} = \frac{\text{輸入} - \text{損失}}{\text{輸入}} = \frac{\text{輸出}}{\text{輸出} + \text{損失 } P_L}$$

$$\therefore P_{IN} = \frac{P_{out}}{\eta} \dots\dots\dots(1)$$

$$P_L = P_{IN} - P_{out} \dots\dots\dots(2)$$

美國之 NEMA(National Electrical Manufacturers Association) MG1 之第 12.59 節規定額定電壓 600V 以下的馬達之滿載特性的效率必須等於或高於 MG1 之值的最低效率(Minimum Efficiency)才可謂之高效率馬達。

表一 歷年用戶數與售電量成長分析

年度	電燈				電力				合計			
	戶數 (千戶)	成長率 (%)	售電量 (百萬度)	成長率 (%)	戶數 (千戶)	成長率 (%)	售電量 (百萬度)	成長率 (%)	戶數 (千戶)	成長率 (%)	售電量 (百萬度)	成長率 (%)
88	10,101	2.7	44,882	-0.4	269	1.2	86,844	4.6	10,370	2.7	131,726	2.8
89	10,312	2.1	47,645	6.2	273	1.8	94,768	9.1	10,586	2.1	142,413	8.1
90	10,469	1.5	48,816	2.5	276	1	94,807	0.0	10,746	1.5	143,624	0.9
91	10,617	1.4	50,758	4	280	1.6	100,435	5.9	10,897	1.4	151,193	5.3
92	10,790	1.6	53,336	5.1	287	2.3	106,043	5.6	11,077	1.6	159,380	5.4
構成比	97.4%		33.5%		2.6%		66.5%		100%		100%	

資料來源：台電公司 92 年統計年報整理

中國與日本是以電動機的總損耗比基本系列電動機的總損耗下降 20%以上時，則稱為高效率電動機。

電動機(馬達)之電功率損失，將包括下列各項，表二為電動機損失之組成。



- (1) 定子一次銅損 I^2R
- (2) 轉子二次銅損 I^2R
- (3) 鐵損、摩擦損及風損(無載測試)
- (4) 雜散損(為一次銅損、二次銅損、鐵損、摩擦損及風損等之外的所有損失)

表二 電動機損失之組成*

損失之種類	4 極電動機損失之典型%	損失之影響因子
(1)定子一次銅損	35~40	定子導體大小及材質
(2)轉子二次銅損	15~20	轉子導體大小及材質
(3)定轉子之鐵損	15~20	磁性材質之型式及品質
(4)雜散損	10~15	主要的製造及設計法
(5)摩擦損及風損	5~10	風扇及軸承之選定與設計

*NEMA MG 10-1994 23.1 Motor Losses

為了評估高效率馬達對節能減碳的貢獻，若以 CNS14400 標準中之 200kW-4P-3φ-220V-60Hz-Fclass 全閉型為例，則

$$P_{out} = 200kW - \eta = 94.5\% = 0.945 \text{ (如附件 P25)}$$

$$\therefore P_{IN} = \frac{200}{0.945} = 211.64(kW) \dots\dots\dots (3)$$

$$P_L = 211.64 - 200 = 11.64(kW)$$

又，一般用之 CNS 2934(低壓三相鼠籠型感應電動機)標準中之 200kW-4P-3φ-220V-60Hz-Fclass-全閉型，其 $P'_{out} = 200kW$ $\eta' = 91.5\% = 0.915$ ，代入(1)式中(如附件 P24)

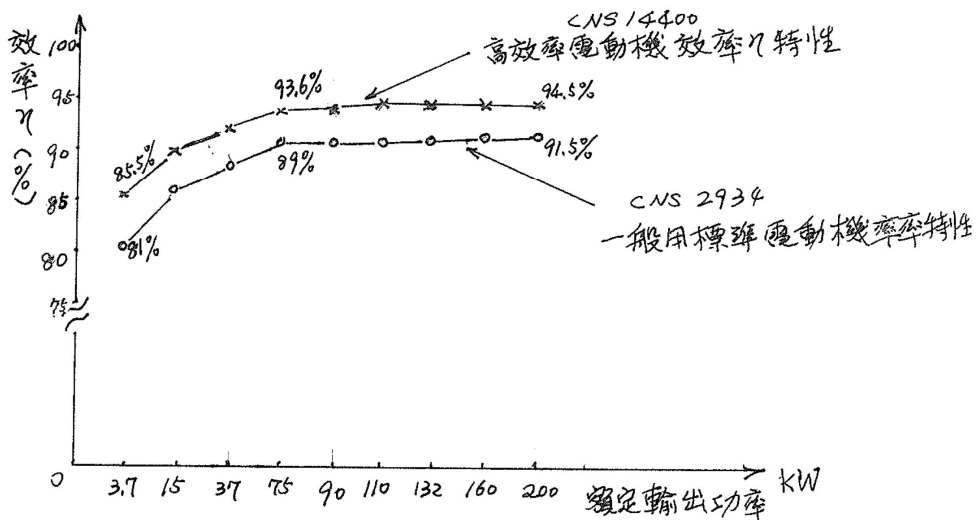
$$\therefore P'_{IN} = \frac{P'_{out}}{\eta'} = \frac{200}{0.915} = 218.579(kW) \dots\dots\dots (4)$$

$$P'_L = 218.579 - 200 = 18.579(kW)$$

由(3)、(4)式，可知將電能轉變成機械能所需要之高效率馬達比一般用之馬達，可節約能源(單位時間) P_s

$$P_s = P'_{IN} - P_{IN} = 218.579 - 211.64 = 6.939(kW)$$

當高效率馬達由於其損失之組成比一般用標準馬達可大幅度減少損失電功率，使得其效率有效的提高時，因而達到節約能源的目的。下圖為標準高效率電動機特性(輸出功率 kW-4P-60Hz-220V-1800RPM-TEFC)之效率 η 與輸出功率 kW 之比較。其中平均高效率電動機效率特性與平均標準效率電動機特生曲線之差，即是高效率電動機的平均單位時間節約能源、減碳的貢獻。



圖一 標準與高效率電動機特性

由上例高效率馬達 200kW 比一般用標準馬達在單位時間內可節約能源 $P_s=6.939kW$ ，若扣除必要之維修及特休假日，年運轉 300 天，每日運轉 24 小時，每一度電以 2.4 元計，則年計可節省費支出

$$S = P_s \times 300 \times 24 \times 2.4 = 6.939 \times 300 \times 24 \times 2.4 = 119905 \text{ 元} \text{-----每年之節能貢獻}$$

又，每生產 1 度電約排放 0.69kg 之 CO_2 ，故如上述之運轉時數可減碳量

$$P_{CO_2} = 6.939 \times 300 \times 24 \times 0.69 = 34.47 \text{ (公噸/年)}。$$



四、先進國家推行高效率馬達的方法

(一) 美國馬達效率挑戰計畫

1. 1992 擬訂 EPA 規定最低馬達效率標準，1996 年開始實施。
2. 1996 NEMA 擬訂 “Premium Motor” 馬達效率標準，供各馬達製造廠開發產品。
3. 1992~1999 DOE 推動 Motor Challenge Program；政府總共投入計畫經費 2920 萬美元
4. 2000 年評估：每年節能 5.2 億度，約 2,490 萬美元。
5. 1999 DOE 推動 Best Practice Program；2004 政府投入計畫經費 810 萬美元每年創造節能效率 1.12 億美元，其中包含馬達系統效率改善

(二) 歐盟馬達效率挑戰計畫

1. 1999 年 CEMEP 建立馬達效率分級
2. 2003 年開始推動馬達省能方案
3. 估計全面實施可節省工業馬達用電 29%
4. 可同時改善生產系統可靠度和產品品質
5. 計畫專注於主要工業用耗電系統
 - (1) 馬達動力傳動系統
 - (2) 泵浦系統
 - (3) 空氣壓縮系統
 - (4) 風扇系統

(三) 歐美馬達耗能挑戰計畫的內涵

1. 法規：制定馬達效率標準及標示、強制與自願
2. 獎勵：購買補助、獎勵銷售、投資減稅
3. 資訊提供：選用軟體及手冊、技術與產品資料
4. 教育訓練：馬達及系統設計選用、管理與維護
5. 推廣活動：節能宣導、研討會、展覽觀摩
6. 管理變革：擬訂節能政策及目標、管理程序

7. 形象塑造：表揚績效廠商和執行人員
8. 罰則：馬達系統產品稽核、公司耗能稽核
9. *資料來源：工研院能源與資源研究所 詹益亮博士

(四) 我國推行高效率馬達的方法

公司購置節約能源或利用新及淨潔能源設備或技術適用投資抵減辦法(行政院 93.12.22 發布)之第 2 條二項省能公用設備之(五)效率較現行公告值高百分之二之感應電動機，其在同一課稅年度內購買總金額達新台幣六十萬元以上者，屬設備部分得就購置成本按百分之十五，屬技術部分得就購置成本按百分之十，自當年度起五年內抵減各年度應納營利事業所得稅額。

本辦法又於(民國 97 年 10 月 31 日修正)



五、世界各國提高馬達效率標準概況

效率等級	規範或標準	說明
優級馬達	美國 NEMA "Premium" /2002	效率提昇 1%~3.5% 成本提昇 10%~15%
高效率馬達	台灣 CNS 14400/2003 美國 EAct/1997 澳、紐 MEPS/2006 歐盟 CEMP "eff1" /1999 日本 JIS C4212/2000	效率提昇 3%~5% 成本提昇 15%~25% 加拿大和墨西哥採用美國標準
一般馬達	台灣 CNS 2934 歐盟 CEMP "eff2" /1992 澳、紐 MEPS—2002	CNS 2934 於 2010 已取消其 "正" 字標記
前期規範	歐盟 CEMEP "eff3" /1993 IEC60034-1	

六、提高馬達效率的方法

(一)依據效率之定義

$$\text{效率 } \eta = \frac{\text{輸入} - \text{損失}}{\text{輸入}} = \frac{P_{IN} - P_L}{P_{IN}}$$

故，若能減少馬達之損失 P_L 時，其效率就可提高。因此就馬達之損失組成中，將各組成影響因子減少以達到提高馬達效率之方法如下：

- (1) 定子一次銅損 I^2R 減少，即增加銅導體的使用量。
- (2) 轉子二次銅損 I^2R 減少，即增加銅或鋁導體的使用量。
- (3) 定、轉子之鐵損減少，改採用鐵損少之無方向性矽鋼片及長度增。
- (4) 雜散損之減少，改善製造及設計法。
- (5) 風損及摩擦損之減少，當(1)至(4)項減少時，冷卻風扇就可從新設計，另配合新軸承及主軸結構來減少損失。

總之馬達之效率要提高，在設計時採用低諧波含量的繞組型式和低的繞組導體電阻，導磁性良好、損耗低的矽鋼片，冷卻風扇配合損失減少而調整，外殼增加其冷卻面積及機體強度之有效材料用量等皆是提高馬達效率的方法。

(二)當已知之馬達在工廠中運轉之效率低，有待提升其效率時，應進行如下之步驟：

- (1) 先查核該馬達之名牌標示之額定值。
- (2) 查核該馬達試驗報告中之效率，在各負載率下之各值。
- (3) 以“馬達於負載中效率之推測”方式，推定馬達是在何種負載率之下的效率。從而可推定該馬達效率低的原因是否為負載過低，如 20%或 30%以下。
- (4) 確認該負載機器是否在它的最高效率的運轉點使用。如為流體負載，馬達經由風機或水泵等給流體動能，當動能越大，其所需之電功率就越大。此類負載的轉矩 T 與轉速 N 的二次方成正比($T \propto N^2$)，故可按照所需流量控制電動機轉速，降低風機、水泵的軸上功率，並使整個系統之損耗減小，因而提高馬達的效率。



- (5) 查核馬達的轉矩 T 轉速 N 特性與負載特性之間有無匹配良好。避免在易受負載與電壓變動的影響下的轉矩的點使用。
- (6) 馬達負載之效率評估，應從馬達供電系統開始，其用電系統分為供電部分、馬達及其控制系統(包含傳動裝置)及監測、保護等之保養維修；同時包括負載設備之運轉效率在內，將各部系統之效率皆提升之情形下，馬達的效率自然可提高。

七、馬達耗電計算

CNS 14400 低壓三相鼠籠型感應電動機(一般用)之耗電計算與特性量測，主要係依據 IEEE 112 method B (Dynamometer)，其廣泛於工業界應用輸出功率在(1~190)kW 之多相繞線型或是鼠籠型電動機。經由測試步驟得知電動機之損失(定部銅損、轉部銅損、定轉部鐵損、摩擦損)之外，另以線性回歸找出雜散損與輸出力矩平方之關係，用以計算效率。

引用標準 CNS 10919 低壓三相鼠籠型感應電動機(一般用)檢驗法

相對應國際標準：IEC 34-1 IEC 34-12

當馬達已使用於工廠中，因無動力計(Dynamometer)，在現場上可試用“馬達於負載中效率之推測”的方法，量測其在該負載率時之效率。

馬達於負載中效率之推測

1. 馬達效率：

現代工廠之運作，其動力之主要來源，一般以電動機(馬達)將電能轉變為機械能者。電能是否有效的被利用，其評估基準就是電動機的效率。馬達的效率為機械的輸出功率(Output power)對電能的輸入功率(Input power)之比率，電能的電功率(Electrical power)輸入係直接量測，機械功率(Mechanical power)可以直接量測之，或就發電機作用(Motor action)時得以電功率減去損失求得之。除非另有規定，否則效率必須以額定電壓及額定頻率決定之。

2. 效率計算：

國內對於高效率電動機所依循之標準是 CNS 1440 低壓三相鼠籠型高效率感應電動機，有關效率計算係將高效率電動機於滿載特性試驗以額定頻率之額定電壓運轉，施加相當於額定輸出之負載、測定其轉矩、旋轉速度、輸入功率及電流，依下式計算其滿載效率：

$$\text{效率}(\eta) = \frac{\text{輸出功率(kW)}}{\text{輸入功率(KVA)}} = \frac{kVA - \text{損失}(T_{LOSS})}{kVA} = \frac{kW}{kW + T_{LOSS}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\therefore \text{輸入功率}(kVA) = \frac{kW}{\eta} \dots\dots\dots(2)$$



效率是以相同單位來作表示之輸出與輸入功率之比率，通常以百分比表示之。

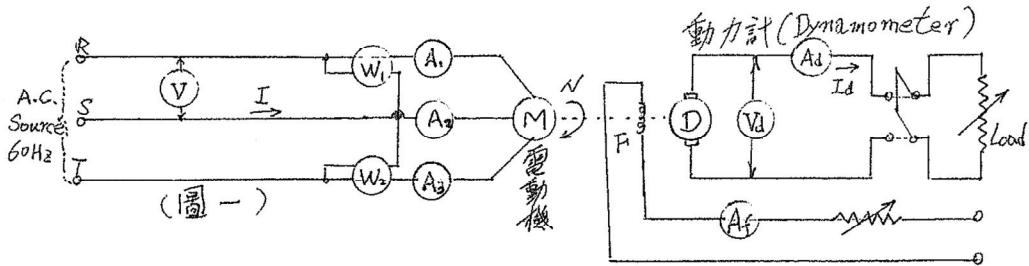
由(1)式·(2)式可知：

(A)當馬達之損失功率(T_{Loss})愈小時，其效率(η)就愈高。

(B)若馬達之效率愈高時，則所需之輸入功率(kVA)就愈小。

負載測試是在額定電壓、額定頻率下，以被測試之電動機驅動一個動力計，需紀錄電動機的輸入、輸出功率、定子繞組溫度、定子繞組電阻及電動機轉差率。測試的負載點計 6 點。

建議為 25%、50%、75%、100%、115%、120%或 25%、50%、75%、100%、125%、150%。結線圖可如下



1. 啟動電動機，保持一定電壓於額定值。(有感平衡負載時，只用一個安培計就可)
2. 改變負載使電動機的負載電流可從零至最大值。
3. 於每改變負載時記錄 V, I, W_1 , W_2 , N 及 G(彈簧秤指示)。
4. 動力計之電壓調整至額定電壓。
5. 將各數值記錄於下表。

電動機側					動力計端			
V	I	W_1	W_2	N	V_d	I_d	I_f	G

註：三相電功率 P_i 之量測，可用兩個單相瓦特計或用一個三相瓦特計，平衡負載時得使用一個單相瓦特計測量之，但 $P_i=2W_1$

6. 依據記錄之各數值計算下表之各數值

P _i (kW)	pf (%)	T kg·m	P _o		η (%)	S (%)
			kW	HP		

輸入功率 $P_i = (W_1 + W_2) \times 10^{-3}$ (kW) (若 pf 在 50% 以下，則 $P_i = W_1 - W_2$ ∴ 其中一瓦特計之指示為負數)

功率因數 $pf = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot I} \times 100$ (%)

轉矩 $T = (G - g) \ell$ (kg·m), ℓ = 天秤之臂長度 (m)

輸出功率 $P_o = \frac{1}{0.74} (N \cdot T) = 2.48 N G 10^{-4} (kW) = \frac{T \cdot N}{974} (kW)$ 又 $P_o = \frac{T \cdot N}{726} (HP)$

電動機效率 $\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100$ (%)

轉差率 $S\% = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100$ (%)

N_s = 同步速度 = $\frac{120f(\text{頻率})}{P(\text{極數})} (rpm)$, N = 電動機轉速 (rpm)

3. 效率之推測：

A. 當低壓三相鼠籠型高效率感應電動機應用於工廠之負載中，由於工廠裡並無動力計用以量測實際之負載狀況，若當時馬達所輸入之電壓及頻率，皆是額定值時，可利用以下之方式推測其效率(Energy-Efficient Electric Motor Selection Handbook Revision 3, January 1993 Chapter 4)....(轉差率法)

① 求其同步速度 N_s

$$N_s = \frac{120f}{p} \quad (rpm)$$

其中， f = 電源之頻率 (Hz)

p = 電動機之極數 (pole)



② 由電動機之實際旋轉速度 $N(\text{rpm})$ · 計算其轉差率 $\text{Slip}(\%)$

$$\text{Slip}(\%) = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 \quad (\%)$$

③ 用電動機之轉差速度 N_p · 估算其負載率 M_R 及效率 η

$$N_p = N_s - N \quad (\text{rpm}) \quad \text{or} \quad N_p = N_s \cdot \text{Slip} \quad (\text{rpm})$$

$$M_R = \frac{N_p}{N_s - N_f (\text{名牌上之滿載轉速})} \quad (p.u)$$

則近似之輸出 $HP = M_R \times P_o$ (名牌上之額定輸出馬力 HP^1)

$$\therefore \text{馬達效率 } \eta = \frac{(0.746 \times P_o) \cdot M_R}{\text{量測輸入功率 } P_i (\text{kW})} \times 100 \quad (\%)$$

註 1) 名牌上之額定輸出 P_o 為 kW 時 · 則 $HP = M_R \cdot P_o$

$$\eta = \frac{M_R \cdot P_o}{P_i} \times 100 \quad (\%)$$

2) 量測輸入功率 P_i · 可由效率計算之結線圖方式 · 量測

$P_i = (W_1 + W_2) \times 10^{-3}$ 來獲得 ·

$$\text{或 } P_i = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{pf} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

[例] $N_s = 1900(\text{rpm})$, $N = 1770(\text{rpm})$

$N_f = 1750(\text{rpm})$, $P_o = 25(\text{hp})$

$P_i = 13.1(\text{kW})$, 求馬達效率 η 是多少?

(解)

$$N_p = N_s - N = 1900 - 1770 = 130 \quad (\text{rpm})$$

$$M_R = \frac{N_p}{N_s - N_f} = \frac{130}{1900 - 1750} = \frac{130}{150} = 0.867 \quad (p.u)$$

$$HP = M_R \cdot P_o = 0.867 \times 25 = 21.675 \quad (\text{hp})$$

$$\eta = \frac{(0.746 \times HP)}{P_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{0.746 \times 21.675}{13.1} \times 100 \%$$

$$= 122.5 \%$$

註：若負載電壓 V 非名牌之額定電壓 V_r 時則負載率 M_R 應作如下之修正

$$M_R = \frac{N_p}{(N_s - N_f) (V_r / V)^2} \times 100\% \text{ 以便符合 NEMA MG1-12.47 之}$$

容許誤差 10%

轉差速度對負載曲線可由製造廠商處獲得。決定馬達負載率與運轉效率之轉差速度技術將不適用於重繞馬達或馬達非運轉在其設計電壓上；但它能夠作為確認和保護在過載、輕載與運轉在所要求效率之下的有用技術。

B. ① 利用圖一量測電動機之輸入功率 P_i · (P_i, V, I 量測法)

$$P_i = (W_1 + W_2) \times 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

② 計算其功率因數 P_f

$$pf = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot I} \times 100 \quad (\%)$$

$V=3$ 相之平均線間電壓的均方根值 (V)

$I=3$ 相之平均電流的均方根值 (A)

③ 馬達名牌上之滿載電流 I_r 值僅適用在額定馬達電壓 V_r ，因此，均方根(RMS)電流量測應經常依電壓作校正，故電動機之負載率 M_R 與所量測電流值有關之方程式如下

$$M_R = \frac{I}{I_r} \times \frac{V}{V_r} \quad (pu)$$

④ 求其近似之輸出 $HP = M_R \times 0.746 \times P_o$ (名牌上之額定輸出馬力)

或 $HP = M_R \times P_o$ (名牌上之額定輸出 kW)

⑤ 計算該負載時之效率 η

$$\therefore \eta = \frac{HP}{P_i} \times 100 (\%) = \frac{HP}{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot Pf \cdot 10^{-3}} \times 100 (\%)$$

C. ① 當可有效的直接讀取功率之量測，以其作為預測馬達的部分負載(part-load)。



利用下式計算三相輸入功率 P_i (輸入功率量測法)

$$P_i = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Pf}}{1000} \quad (\text{kW})$$

其中 · $V=3$ 相平均線間電壓的均方根(RMS)值
 $I=3$ 相平均電流的均方根(RMS)值
 pf =以標么值表示之功率因數

② 利用下式求在滿載時之輸入功率 P_{ir} (kW) · 則

$$P_{ir} = \text{hp} \times \frac{0.746}{\eta_{fl}} \quad (\text{kW}) \quad \text{or} \quad P_{ir} = \frac{P_o}{\eta_{fl}} \quad (\text{kW})$$

其中 · hp =名牌上之額定馬力(hp)
 P_o =名牌上之額定輸出(kW)
 η_{fl} =在滿載時之效率(p.u)

③ 由部分負載之輸入功率 P_i 對滿載時之輸入功率 P_{ir} 之比 · 求其負載率 M_R :

$$M_R = \frac{P_i}{P_{ir}} \quad (\text{p.u})$$

④ 求其部分負載之近似輸出 $\text{HP}=M_R \cdot P_o(\text{kW})$ 或 $\text{HP}=M_R(0.746 \text{ hp})$

⑤ 計算該部分負載時之效率 η

$$\therefore \eta = \frac{\text{HP}}{P_i} \times 100 \quad (\%)$$

D. ①利用 A 項之下列各項 (雙負載率量測法)

$$\text{同步速度 } N_s = \frac{120f}{P} \quad (\text{rpm}) \quad \text{轉差速度 } N_p = N_s - N \quad (\text{rpm})$$

$$\text{負載之轉數 } N \quad (\text{rpm}) \quad \text{名牌上之滿載轉速 } N_f \quad (\text{rpm})$$

求得負載率 M_R

$$\therefore M_R = \frac{N_p}{N_s - N_f} \quad (\text{p.u})$$

- ② 預先將馬達之效率、功率因數對各別負載率作成所對應之方程式原則上以負載率之 0%、25%、50%、75%、100%、125% 之相鄰兩點作直線段

東芝 110kW-3 ϕ -IM

TIK-FBKW-415V-186A-50Hz

4P-1470RPM-F class-S1-D280

例如以 75%、100% 負載率作直線段

100% 負載率 $M_{R1}=1$ $\eta_1=94.1\%$

75% 負載率 $M_{R2}=0.75$ $\eta_2=94.2\%$

則在 75% 至 100% 間，任一負載率 M_R 及其效率，可由下式求得

$$\frac{\eta_1 - \eta_2}{M_{R1} - M_{R2}} = \frac{\eta_1 - \eta}{M_{R1} - M_R}$$

$$\therefore \eta = \eta_1 - \left(\frac{M_{R1} - M_R}{M_{R1} - M_{R2}} \right) \cdot (\eta_1 - \eta_2)$$

若當依 D 之 ① 項求得 $M_R=0.9$ ，將之代入上式，則該負載率時效率可計算獲得

$$\therefore \eta = 94.1 - \left(\frac{1 - 0.9}{1 - 0.75} \right) \times (94.1 - 94.2) = 94.1 + 0.04 = 94.14(\%)$$

其餘各別負載率時之效率計算可用類推方式求得。

(東芝 110kW-3 ϕ -IM 之特性試驗如附件一)

- E. 當一運轉中的馬達，可量測如下各數據

(150HP-EBDP-315M-8P-60HZ-220/380V-394A-880 RPM)

$V_1=V_{RS}=223V$ $I_1=302A$

$V_2=V_{ST}=222V$ $I_2=298A$

$V_3=V_{TR}=223V$ $I_3=317A$

$N_f=880RPM$, $P_o=150$ hp

$P_i=45.9 \times 2000=91.8kW$

$$N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{8} = 900 \text{ (RPM)}$$



7/10

附件一

110 kW THREE PHASE INDUCTION MOTOR

Job No.	-
Serial No.	-
No. of Set	-
For Driving	-
Standard Code	- AS 1359 - 1983

Nameplate Rating

Type	Form	Volts	Amperes Full Load	Hz	Poles	Full Load Speed r.p.m.	Secondary Volts	Amperes	Insulation Class	Time Rating	Design	Frame No.
TIK	FBKW	415	186	50	4	1470			F	SI		D280M

Test Characteristics

	No Load Test 50 Hz			Locked Rotor Test 50 Hz			Locked Rotor Test 25 Hz		
	Volts	Amperes	Watts	Amperes	Volts	Watts	Amperes	Volts	Watts
	415	46.2	2930	190	95.5	11590	190	56.8	7290

Load Characteristics Data

Load (%)	0	25	50	75	100	125	Maximum Output (%)
Current (A)	46.2	65.4	99.2	140	186	237	Breakdown Torque (%) 216
Efficiency (%)	0.00	89.2	93.5	94.2	94.1	93.6	Locked Rotor Current (A) 1115
Power Factor (%)	8.82	65.5	82.5	86.6	87.3	86.3	Locked Rotor Torque (%) 228
Slip (%)	0.00	0.30	0.60	1.00	1.39	1.91	Pull Up Torque (%) 139

Temperature Rise (Deg. C)

(Room 17 °C)

Winding Resistance

Hours Run	Volts	Hz	Load (%)	Stator Coil			Bearing		Between Line at 20°C	
				RM	Frame	LS	OS	Stator	Rotor	
5H	415	50	100	70	43	44	-	0.0260		

TM---Thermometer Method
RM---Resistance Method

LS---Load Side
OS---Opposite Side

Insulation Resistance

Dielectric Test

	Megohms	Megger Volts	AC 60Hz for 1 Min	Air gap	
Stator	100 ⁺	DC 500V	1300		1.00 mm
Rotor	100 ⁺	DC 500V	1500V, 5sec	Bearing	LS NU220
					OS 6315
Thermistor	100 ⁺	DC 500V	1500V, 5sec	Vibration (P-P)	0.015 mm
				Noise	87 dB (A)

Remarks

Over Speed 120%, 2 Min.Satisfactory.
Momentary Excess Torque 160%, 15 Sec. ...Satisfactory.
N63 Type.
Thermistor : Continuty Test 218 ohms, 19 °C.

Date of Test Jan. 19, 1996. Tested by C.S. Hsieh.



TOSHIBA
TOSHIBA CORPORATION MIE WORKS

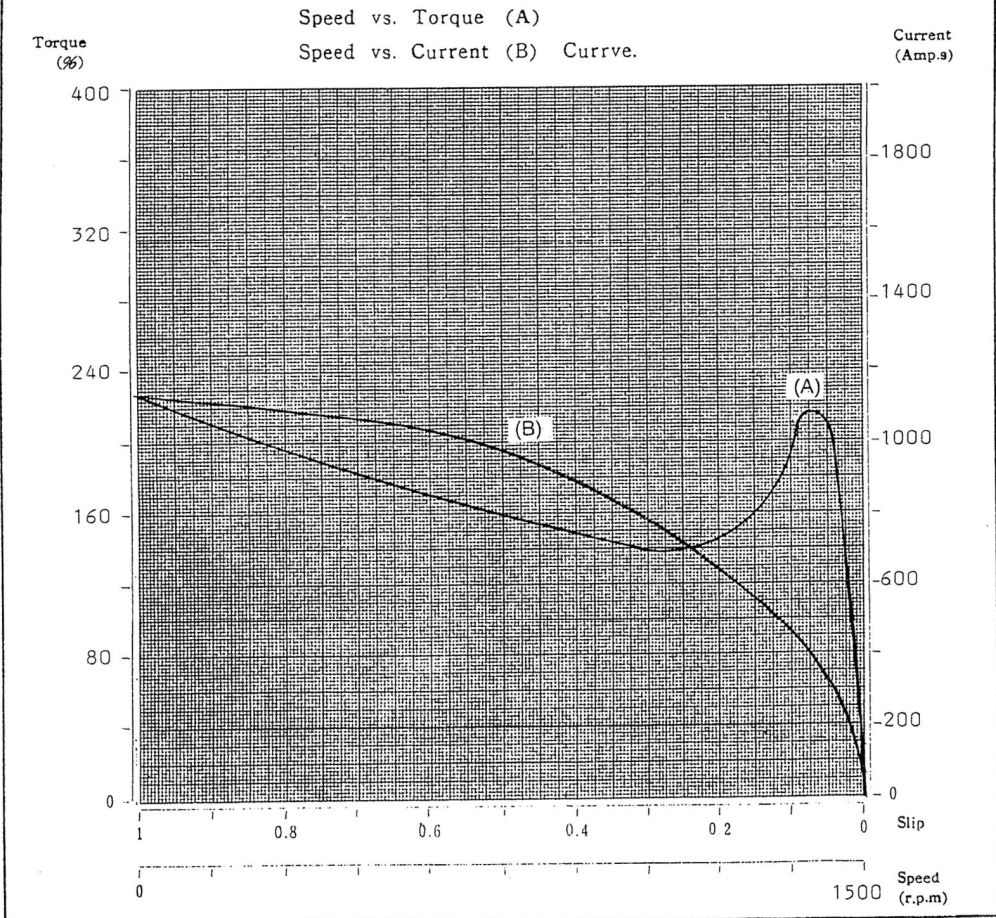
2/10

110KW THREE PHASE INDUCTION MOTOR

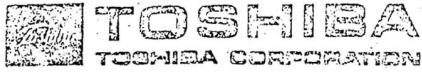
Job No.	-
Serial No.	-
No. of Set	-
For Driving	-
Standard Code	- AS 1359 - 1983

Nameplate Rating

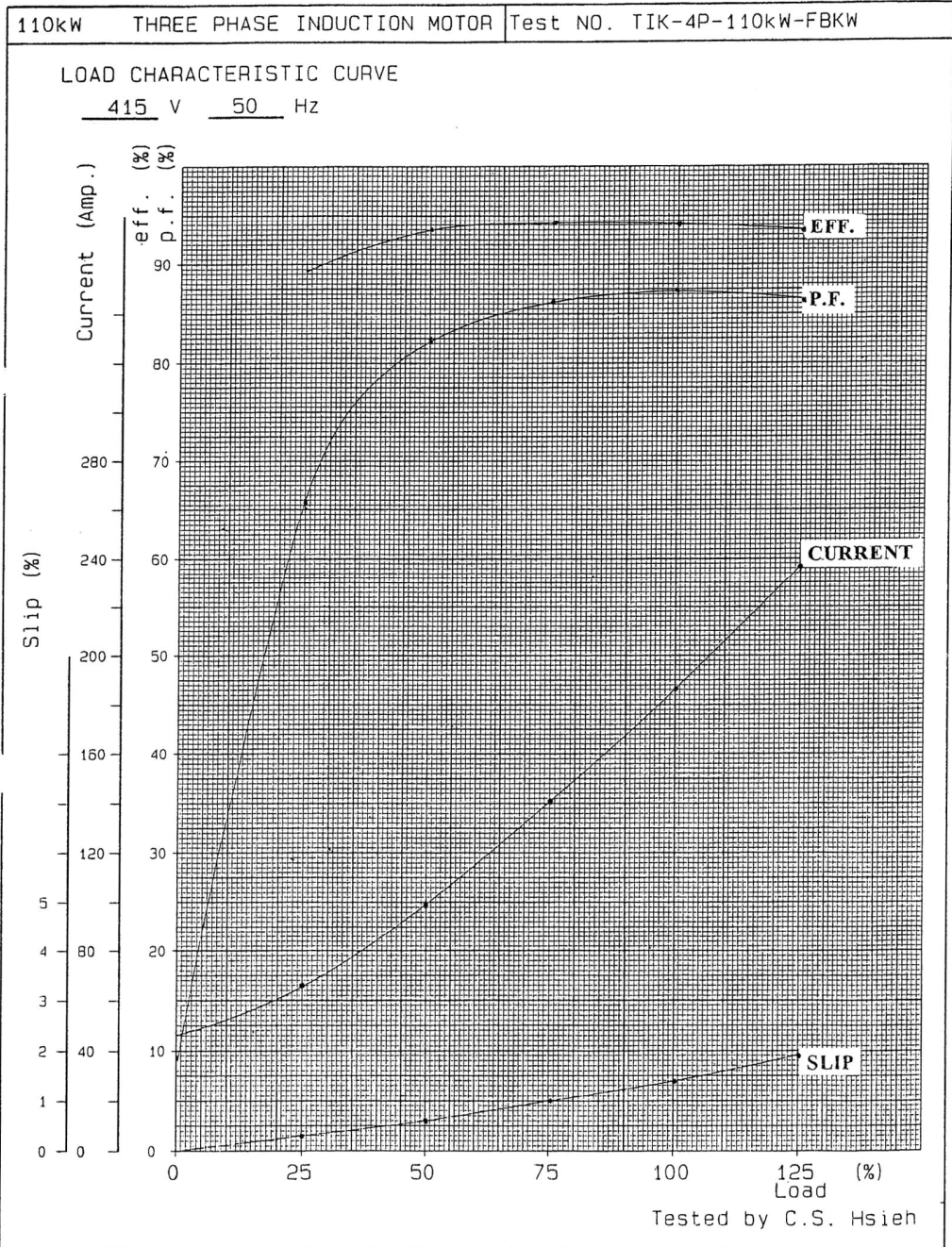
Type	Form	Volts	Amperes Full Load	Hz	Poles	Full Load Speed r.p.m.	Secondary		Insulation Class	Time Rating	Code	Frame No.
							Volts	Amperes				
TIK	FBKW	415	186	50	4	1470			F	S1	N	D280M



Date of Test JAN.19.1996 Tested by C.S. Hsieh



9/10



S. T. CHEN



馬達試驗記錄表

附件二

額定輸出	型	式	極	數	速	率	額定電壓	試驗日期	製造號碼	訂		
150	EBPP	315M	8	P	60	C/S	2280V	64.1.8	4330888	C-175172里戶		
絕緣試驗		耐壓	二次電壓		測定電壓		阻測		定溫		升	試
定部	MΩ	定部	KV	一次	V	於額定電壓	V	Ω	°C	溫度計法	°C	
轉部	MΩ	轉部	KV	二次	V	於額定電壓	V	Ω	°C	電阻法	°C	
負載	電	壓	I ₁	I ₂	I ₃	平均	於額定電壓	轉數	轉差率	輸出馬力	效率	
0	V ₁	225	3.1	3.18	3.37	16083	157.72	890	76.09	90.91		
50%	V ₂	224	2.35	2.3	2.45	23666	240.59	885	113.28	90.82		
75%	V ₃	223	3.02	2.98	3.17	30566	309.35	880	150.04	91.94		
100%	V ₄	222	3.9	3.83	4.0	391	393.95	875	186.37	92.68		
125%	V ₅	222	3.17	3.08	3.22	493.4	497.06					
制	電	壓	I ₁	I ₂	I ₃	平均	於額定電壓	電	轉	輸入功率		
制	V ₁	72	2.15	2.11	2.2	322.9	991.59	53.55	23.5	8X3000		
制	V ₂	71	2.15	2.11	2.2	322.9	991.59	357X150	23.5	8X3000		
制	V ₃	72	2.15	2.11	2.2	322.9	991.59	電	轉	電		
制	V ₄	72	2.15	2.11	2.2	322.9	991.59	於額定電壓	於額定電壓	於額定電壓		
制	V ₅	72	2.15	2.11	2.2	322.9	991.59	136.14	1622.99	232.12		

1. 定部線圈由11Turn修改為12Turn時之測試特性。

10/10E

試驗者 63.5X30 (大馬)

S.T.CHEU

八、高效率馬達回收效益年限計算

CNS14400 高效率馬達 4P 與 CNS2934 標準馬達 4P 其間效率之差異，即是高效率馬達所節省之能源 kWsaved，用下式計算：

$$\text{kWsaved} = 0.746 \times \text{HP} \times \left(\frac{100}{E_2} - \frac{100}{E_1} \right) \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots(1)$$

式中，

kWsaved：節省之電力(kW)

HP：馬達輸出馬力(HP)

E₁：高效率馬達之滿載效率(%)

E₂：標準馬達之滿載效率(%)

則節省電費計算，以 100HP - 4P 為例，年使用 8,000 小時(h)×電價/度，每度 2.5 元計：

$$\therefore E_1=93.6\% \quad E_2=89\%$$

∴ 每一台 100HP - 4P 高效率馬達比標準馬達年可節省電費 Ps

$$P_s = 0.746 \times 100 \times \left(\frac{100}{89} - \frac{100}{93.6} \right) \times 8,000 \times 2.5 = 82,387 (\text{元})$$

若高效率馬達 100HP - 4P 之購入成本 Qs 新台幣 30 萬元時，則回收效益年限 Ns：

$$N_s = \frac{Q_s}{P_s} = \frac{300,000}{82,387} = 3.641 (\text{年})$$

以上計算是採用簡易回收法(Simple payback)，忽略了資本的成本以及通貨膨脹率對電價成本的影響，除非進一步採用現值的生命週期分析(Present Worth Life Cycle Analysis)方式。

當馬達並非在滿載運轉，隨著負載率 M_R 不同，則節省之電力也將隨之更改，則節省之電力：

$$\text{kWsaved} = 0.746 \times \text{HP} \times M_R \times \left(\frac{100}{E_4} - \frac{100}{E_3} \right) \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots(2)$$



式中：

kWsaved：節省之電力(kW)

HP=馬達輸出馬力(HP)

E₃：高效率馬達在 M_R 時之效率(%)

E₄：標準馬達在 M_R 時之效率(%)

表三 CNS2934 低壓三相鼠籠型感應電動機之滿載特性

額定輸出		極數	同步轉速 (rpm)	滿載特性		參考值		起動輸入 KVA與額定 輸出 kW 之 比 KVA/kW
千瓦 (kW)	馬力(HP) (參考值)		60Hz	效率 η(%)	功因 pf(%)	滿載電流 Is(A)	滿載轉差率 S(%)	
0.18	1/4	4	1,800	56.0	53.0	1.6	10.5	13
0.37	1/2			63.5	63.0	2.5	9.0	
0.75	1			69.5	70.0	4.1	8.0	
1.5	2			75.5	75.0	7.0	7.5	
2.2	3			78.5	77.0	9.6	7.0	
3.7	5			81.0	78.0	15.4	6.5	
5.5	7.5			82.5	77.0	23	6.0	
7.5	10			83.5	78.0	31	6.0	12
11	15			84.5	79.0	44	6.0	
15	20			85.5	79.5	58	5.5	
18.5	25			86.0	80.0	71	5.5	
22	30			86.5	80.5	83	5.0	11
30	40			87.0	81.0	112	5.0	
37	50			87.5	81.5	137	5.0	10
45	60			88.0	82.0	164	5.0	
55	75			88.5	82.5	198	5.0	
75	100			89.0	83.0	267	5.0	
90	125			89.5	83.5	317	5.0	
110	150			90.0	84.0	382	5.0	
132	175	90.5	84.5	453	5.0			
160	215	91.0	85.5	543	5.0			

額定輸出		極數	同步轉速 (rpm)	滿載特性		參考值		起動輸入 KVA 與額定輸出 kW 之比 KVA/kW
千瓦 (kW)	馬力(HP) (參考值)		60Hz	效率 η(%)	功因 pf(%)	滿載電流 Is(A)	滿載轉差率 S(%)	
200	270	4	1800	91.5	85.5	671	5.0	無規定
220	300			92.0	85.5	734	4.5	
260	350			92.0	86.0	862	4.5	
300	400			92.5	86.0	990	4.5	
335	450			92.5	86.5	1,099	4.5	
370	500			93.0	86.5	1,207	4.5	
450	600			93.0	87.0	1,460	4.5	
520	700			93.5	87.5	1,678	4.0	
600	800			93.5	87.5	1,925	4.0	
670	900			94.0	87.5	2,138	4.0	
750	1,000			94.0	88.0	2,379	4.0	

備註：1. 起動輸入 kVA = $\sqrt{3} \cdot V \cdot I_s \cdot 10^{-3}$; V=額定電壓(V)、Is=啟動電流(A)

2. kVA/kW 之比值規定於表 5(CNS2934)

表四 高效率電動機之滿載特性(CNS14400, C4482)

額定輸出		極數	同步轉速 (rpm)	滿載特性				
kW	HP (參考值)		60Hz	效率 η(%)	功率因素 pf(%)	啟動電流 ^{#1} Is(A)	滿載電流 ^{#3} IL(A)	噪音聲度值 ^{#2} dB(A)
0.37	0.5	4	1,800	68.0	63.0	22	2.285	61
0.55	0.75			70.0	65.0	30	3.173	63
0.75	1			80.0	70.0	38	3.515	63
1.5	2			81.5	75	63	6.44	66
2.2	3			85.5	77	81	5.064	68
3	4			85.5	77	106	11.959	72
3.7	5			85.5	78	127	14.56	72
4	5.5			85.5	78	137	15.741	74
5.5	7.5			87.5	77	188	21.424	74



額定輸出		極數	同步轉速 (rpm)	滿載特性			
				全閉型			
kW	HP (參考值)		60Hz	效率 η (%)	功率因素 pf(%)	啟動電流 ^{#1} Is(A)	滿載電流 ^{#3} I _L (A)
7.5	10		87.5	78	237	28.84	77
11	15		89.5	79	347	40.829	78
15	20		89.5	79.5	474	55.326	82
18.5	25		91.0	80	584	66.691	82
22	30		91.0	80.5	694	78.816	82
30	40		91.7	81	867	105.998	84
37	50		91.7	81.5	1,070	130.684	85
45	60		92.4	82	1,299	155.868	86
55	75		93.0	82.5	1,588	188.129	86
75	100		93.6	83	1,968	253.359	89
90	125		93.6	83.5	2,362	302.211	89
110	150		94.1	84	2,887	365.219	89
132	175		94.1	84.5	3,464	435.67	92
160	215		94.1	85.5	4,200	521.908	92
200	270		94.5	85.5	5,250	649.623	92

備註：1. 啟動電流 Is 為表 5 之值(CNS14400)

2. 噪音聲度值 dB(A)為表 6 之值(CNS14400)

3. 滿載電流 I_L 是在額定電壓 V=220(V) · 以下式計算 $I_L = \frac{kW \times 1,000}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times Pf}$ (A)

4. 上表之原有保護型忽略

九、正確使用馬達可收節能效果

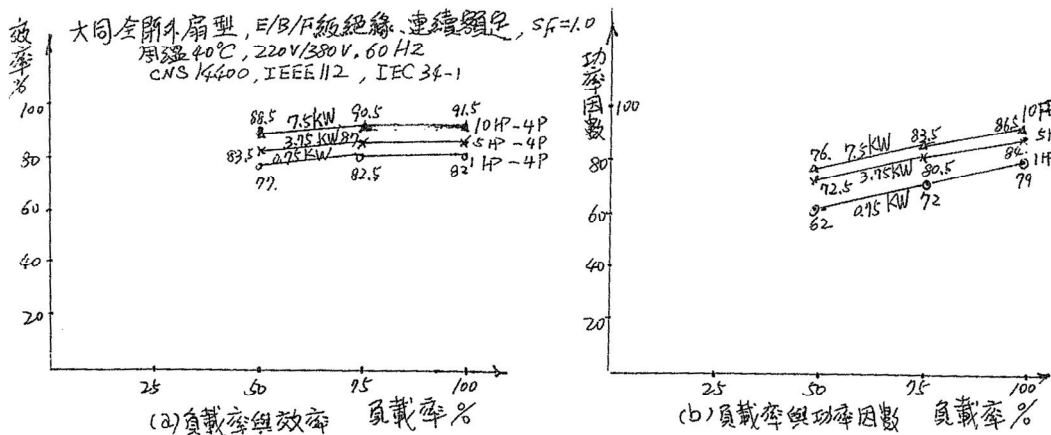
當負載所需求之電動機容量，對電動機之軸輸出動力不足時，將造成電動機過負載運轉，其結果使電動機過熱而使得壽命減少。依據過負載之程度，有直接燒損的。另一方面，電動機之額定輸出針對其軸輸出動力，一般上持有 5~15%之餘裕之設定，但是過量無用之餘裕容量採用時，僅使電動機體積變大，其對電動機之價格是不利的；在特性方面也使效率等之降低的不利原因。國內 CNS14400 與 CNS2934 標準，其電動機之服務係數皆為 1。

以下，主要是有關於三相感應電動機適當容量決定方法之說明。

(一)電動機之一般特性

1. 負載率對效率和功率因數的影響

對於三相感應電動機之負載率，其效率和功率因數之變化表示於圖二，又所謂之負載率是指電動機之實際負載和電動機之額定負載之比率。普通效率在負載率的 75~125%時幾乎是一定的；但是當負載率急速的低於 50%程度以下時，功率因數在低的負載率情況下將變壞，其程度比效率來得大。在額定負載時，效率與功率因數皆在高值。所以為了電動機之高效率運轉，依據運轉模式之變更等，有必要盡量縮短其輕負載時間及無負載空轉期間。



圖二 負載率對電動機效率和功率因數之影響



2. 電源變動時之特性

CNS14400 低壓三相鼠籠型高效率感應電動機之供給電源，在下列電壓、頻率變動範圍內施加額定負載使用時，應為實用上無妨礙。

- a. 電壓變動：在額定頻率下，端子電壓在額定值±10%範圍內變動。
- b. 頻率變動：在額定電壓下，電源頻率在額定值±5%範圍內變動。
- c. 電壓及頻率同時變動：端子電壓在額定值±10%範圍內變動，電源頻率在額定值±5%範圍內變動，且兩變動百分比絕對值之和為 10%之內。

實際狀況以不同於名牌上的額定電壓之電壓施加於電動機的使用較多，因此有必要各別檢討對溫升與特性變化。在電動機容量計算上，特別重要的特性為啟動電流 I_s 、啟動轉矩 T_s 、脫載轉矩 T_m 等等，各別以下列公式表之。

$$I_s = \frac{E}{(\gamma_1 + \gamma'_{2s})^2 + (\chi_1 + \chi'_{2s})} \cong \frac{E}{\chi_1 + \chi'_{2s}}$$

$$T_s = \frac{3E^2 \gamma'_{2s} P}{9.8 \times 4\pi f \times [(\gamma_1 + \gamma'_{2s})^2 + (\chi_1 + \chi'_{2s})^2]} \cong \frac{3E^2 \gamma'_{2s} P}{9.8 \times 4\pi f \times (\chi_1 + \chi'_{2s})^2}$$

$$T_m = \frac{3E^2 P}{9.8 \times 8\pi f \times [(\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 + (\chi_1 + \chi'_2)^2}]} \cong \frac{3E^2 P}{9.8 \times 8\pi f \times (\chi_1 + \chi'_2)}$$

此處，

γ_1 = 一次電阻(Ω)

χ_1 = 一次洩漏電抗(Ω)

γ'_{2s} = 考慮集膚效應(skin effect)後，二次電阻之一次換算值(Ω)

χ'_2 = 二次洩漏電抗之一次換算值(Ω)

χ'_{2s} = 考慮集膚效應後，二次洩漏電抗之一次換算值(Ω)

E = 相電壓(V)

f = 頻率(Hz)

P = 極數

電動機電阻之增減率和電壓變動無直接的關係，但是和頻率之變動近似於比例的變化，基於此，電源電壓變動時其對 I_s 、 T_s 、 T_m 之影響可由以下表示：

$$I_s \propto \frac{E}{f} \quad T_s \propto \left(\frac{E}{f}\right)^2 \quad T_m \propto \left(\frac{E}{f}\right)^2$$

若額定相電壓為 $E=220V$ ，額定頻率為 $f=60Hz$ ，電源變動 $E_1=242V$ ， $f_1=60Hz$ ，則 I_s 、 T_s 與 T_m 所受影響計算如下：

$$\text{a. 啟動電流增減率 } \alpha I_s = \frac{\frac{E_1}{f_1}}{\frac{E}{f}} - 1 = \left(\frac{\frac{242}{60}}{\frac{220}{60}} - 1\right) \times 100\% = +10\%$$

$$\text{b. 啟動轉矩增減率 } \alpha T_s = \left(\frac{\frac{E_1}{f_1}}{\frac{E}{f}}\right)^2 - 1 = \left[\left(\frac{\frac{242}{60}}{\frac{220}{60}}\right)^2 - 1\right] \times 100\% = +21\%$$

$$\text{c. 脫載轉矩增減率 } \alpha T_m = \left(\frac{\frac{E_1}{f_1}}{\frac{E}{f}}\right)^2 - 1 = \left[\left(\frac{\frac{242}{60}}{\frac{220}{60}}\right)^2 - 1\right] \times 100\% = +21\%$$

又，依據電源變動有關之磁通密度、激磁電流、鐵損、銅損、風損、摩擦損、雜散損等也隨著變化，因而使得效率、功率因數變化，有關特性之變化表示於表五。

若以圖 1 之 5HP - 4P(3.75kW - 4P) 為例，其負載率由 50% 提高至 75% 以上時，效率將從 83.5% 提高至 87%，當每日運轉 24 小時，年間工作天數 300 日，則其每年可節省之消耗電力度數為：

$$\begin{aligned} Q &= P_{out} \times \alpha \times hr \times \left[\frac{100}{E_{std}} - \frac{100}{E_{ee}} \right] \times Y \quad (\text{kWh}) \\ &= 3.75 \times 0.5 \times 24 \times \left[\frac{100}{83.5} - \frac{100}{87} \right] \times 300 \\ &= 650.42 \quad (\text{kWh}) \rightarrow 650.42 (\text{電度}) \end{aligned}$$

當每一電度費用為 2 元/電度時，此時每年可節省 NT1,300.84 元。或者另外選用 3HP - 4P 取代原有 5HP - 4P，則可以使契約電力與基本設備費用降低及啟動電流減小後損失的減少等皆可預期。



表五 電源變動時之電動機特性

電源變動 電動機特性		電壓 V		頻率 H ₂		備 註
		+10%	-10%	+5%	-5%	
效率 η	100%負載	+(0.5~1)%	-2%	+微量	-微量	$\eta = \frac{\text{輸出} P_{out}}{\text{輸入} P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + \text{損失} w}$ $= \frac{P_{out}}{\sqrt{3} \times V \times I_L \times Pf}$
	75%負載	-微量	+微量	+微量	-微量	
	50%負載	-(1~2)%	+(1~2)%	+微量	-微量	
功率 因數 pf	100%負載	±微量	±微量	+微量	-微量	$Pf = \frac{I_W}{I_L} \times 100\%$ $I_W \propto \frac{P_{out}}{m \times E \times k_1}$ $k_1 = (0.9 \sim 1.0) \text{常數} \cdot m = \text{相數} = 3$
	75%負載	-(1~2)%	+(1~2)%	+微量	-微量	
	50%負載	-(5~6)%	+(4~5)%	+微量	-微量	
無負載電流 I ₀		+(10~15)%	-(10~12)%	-(5~8)%	+(5~10)%	I ₀ ∝ I _m (磁化電流)
無負載損失		+(5~15)%	-(5~15)%	-(5~10)%	+(5~10)%	
額定電流 I _L		-7%	+11%	-微量	+微量	$I_L = \frac{P_{out}}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times Pf}$
啟動轉矩 T _s		+21%	-19%	-10%	+11%	T _s ∝ (E/f) ²
啟動電流 I _s		+(10~12)%	-(10~12)%	-(5~6)%	+(5~6)%	I _s ∝ E/f
脫載轉矩 T _m		+21%	-19%	-10%	+11%	T _m ∝ (E/f) ²
同頻轉速 N ₀		不變	不變	+5%	-5%	N ₀ = 120f/P ∝ f
轉差率 S		-17%	+23%	不變	不變	$S = \frac{N_0 - N}{N_0} \times \left(\frac{E}{V}\right)^2 \cdot$ N=滿載轉速
噪音 dB(A)		+微量	-微量	-微量	+微量	dB = dB _e (電磁) + dB _m (機械)
溫升		-(3~4)%	+(6~7)%	-微量	+微量	
最大超載容量		+12%	-19%	-微量	+微量	
滿載轉速		+1%	-1.5%	+5%	-5%	
轉差速度 nd		-17%	+23%	小變化	小變化	nd ∝ (E/V) ²
備註：1. NEMA MG1-1993 section 20.45						
2. 電氣と管理 1986年2月號“電動機容量をチエツクする”						

3. 適當容量的計算法

3.1 電動機容量決定要素

電動機之容量的計算是從負載側給與一定之轉矩與旋轉數，驅動該負載僅添加一個電動機的電源條件就會大幅的變動。實際上在負載側也有各種的條件，又在省能源上從綜合的觀點必須要進行電動機之容量的計算。

電動機容量之決定，重要的要素主要有如下事項：

A. 負載側之要求

- a. 正常運轉時之轉矩與旋轉數(rpm)
- b. 啟動時之轉矩 T_s
- c. 正常運轉時之轉矩變動
- d. 啟動時間之規範

B. 電源側之要求

- a. 電壓與頻率變動
- b. 對啟動電流之限制

C. 電動機之要求

- a. 電動機之特性滿足 A、B 項之全部規範，無溫升之問題
- b. 可接近最高的效率與功率因數狀態下運轉
- c. 可降低初始設備費

3.2 以溫升作額定輸出之計算

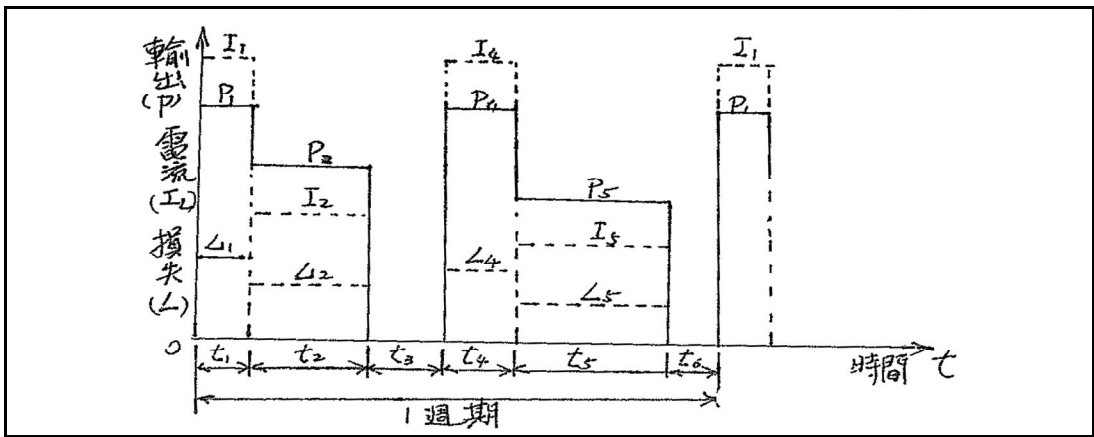
風扇、泵與鼓風機之驅動皆屬於可變轉矩負載，其所需動力與時間無關係，運轉特性之流量率 Q 與轉速 N 成正比；功率 P_w 與轉速 N^3 成正比，若在 100% 轉速時 $P_w(100\%)=(1.0)^3=100\%$ ，在 80% 轉速時 $P_w(80\%)=(0.8)^3=51.2\%$ ，故有優異的節能效果。針對此種負載評估機械效率之誤差與餘裕，依據機械製造廠之技術計算電動機額定輸出 P_{out} 。

當負載為軋鋼機(mill)與吊車(crane)時，其時間與負載隨著變動而成為變動負載連續使用與連續使用等情況。該種負載裡，以示波器等測試其電流與功率，有關之溫升用等效的連續輸出求得。此種求法，如下之均方根平均法與損失平均法，又負載如圖三。



A. 均方根平均法：

感應電動機之溫升 θ ，一般上銅損比鐵損的影響大。又鐵損在電壓與頻率一定的情况下，與負載率無關係，電流若忽略激磁電流成分的話，幾乎和負載率比例增減。此處之電動機的溫升假定僅受銅損支配，則電動機之輸出的溫升將比例於電流之平方($Q_{t=\infty} = \frac{4I_L^2 \rho}{\alpha \pi^2 d^3} \propto I_L^2$ ，其中 ρ =銅導線之電阻率， α =熱傳導率， d =銅線之直徑， t =時間)。求其一週期的均方根平均輸出。



圖三 斷續負載運轉之週期

負載與時間的關係如圖三所示，則其均方根平均輸出 P_m 為：

$$P_m = \sqrt{\frac{P_1^2 \times t_1 + P_2^2 \times t_2 + P_4^2 \times t_4 + P_5^2 \times t_5}{t_m}}$$

此處， t_m 為加減速時與停止時之冷卻效果，考慮全速運轉時之冷卻效果較小的等效週期。

$$t_m = \alpha t_1 + t_2 + \beta t_3 + \alpha t_4 + t_5 + \beta t_6$$

用 α 為啟動時反制動時之冷卻修正係數， β 為停止時之冷卻修正係數，依據電動機之型式及設計不同而異，表示於表六。

表六 冷卻修正係數

冷卻方式	α	β
防滴保護自由通風形	0.6	0.3
全密閉外殼冷卻自力形	0.7	0.4
他力通風形	1.0	1.0

可是為了一般電動機之輸出計測困難，從測試負載電流以均方根電流 I_m 求其均方平均輸出 P_m 的情況較多，即：

$$I_m = \sqrt{\frac{\sum I^2 t}{t_m}}$$

$$P_m = \frac{I_m}{I_L} P_{out}$$

其中，

I = 測試之各負載電流

I_L = 額定輸出 P_{out} 時之額定電流

t_m = 考慮冷卻效果後之等效週期

(二)馬達的轉矩特性與負載特性的匹配，以達到節能的目的是

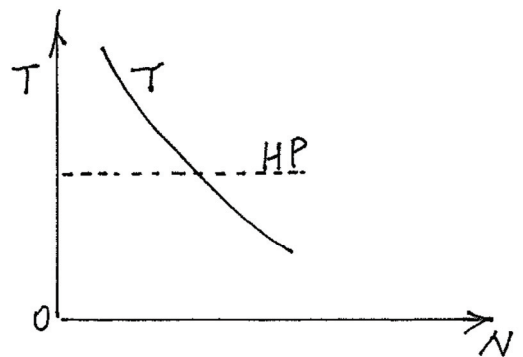
2.1 定馬力特性：當馬達之輸出馬力

(HP)，轉矩 T 與旋轉速度 N 的關係為

HP = 一定不變

$$T \propto \frac{1}{N}$$

即馬達之旋轉速度減小後，負載轉矩反而提高，則馬達應有定馬力特性。其主要用途如各種工作機械、捲取機、沖床、壓延機...等。



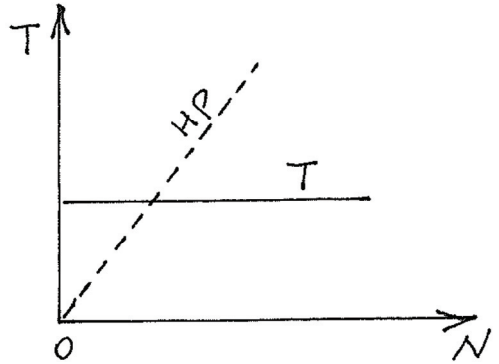


2.2 定轉矩特性：當馬達之負載馬力比例於旋轉速度 N ，而轉矩 T 一定時，即

$$HP \propto N$$

$$T = \text{一定不變}$$

則馬達應有定轉矩之特性。主要用途如輸送帶、捲上機、各種工作機械輸送用、離心分離機、木工機械、沖床、攪拌機、泵、鼓風機...等。

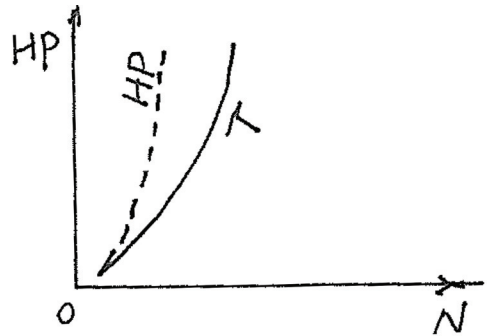


2.3 變轉矩特性：當負載之轉矩 T 和旋轉速度 N 之平方成正比，且輸出馬力 HP 和旋轉速度 N 之立方成正比時，即

$$T \propto N^2$$

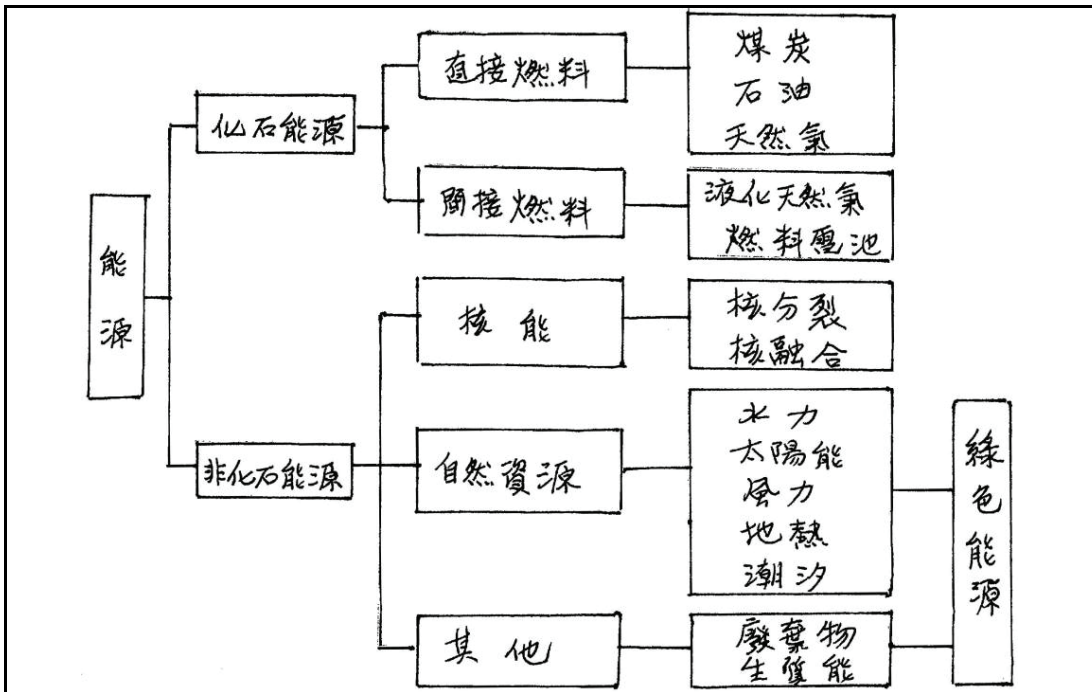
$$HP \propto N^3$$

則馬達應有變轉矩之特性。主要用途如風扇、鼓風機、泵...等。



十、綠色能源概況

石油自 1973 年因人為因素之危機，各國為了減低世界不穩定地區依賴之石油供應及對環境保護意識之要求，加快研發能源的使用效率與開發可取代石油之替代新能源。在新能源之發展裡，再生能源為可永續利用與減少 CO₂ 排放之保護效益者，就是綠色能源。依據聯合國環境規劃署(UNEP)的定義，再生能源(Renewable energy)係指理論上能取之不盡的天然資源，過程中不會產生污染者，例如太陽能、風能、地熱能、水力能、生質能、潮汐能等都是轉化自然界的能量成為能源(且可用於發電)，並在短時間內(幾年之內，相對於化石燃料需億年以上才能形成而言)可以再生者稱之。能源之分類如下：



資料來源：工程(中國工程師學會會刊)2010年6月。專題報導：環境與發展共生

圖四

經濟部能源局已於 2009 年起推動“綠色能源產業旭升方案”，其分為能源光電雙雄，太陽光電、LED 照明和具潛力產業“能源風火輪”：風力發電、生質燃料、氫能與



燃料電池，能源資通訊、電動車輛兩波推動，並將大型綠色能源投資計畫，列入國發基金優先重點投資項目，國發基金更將優先投資五家以綠能產業為目標的創投基金。

根據統計，我國 2008 年太陽光電產值為 1011 億元，預估到 2015 年可達 4500 億元，每年可創造 4.5 萬人就業，且已形成完整的太陽光電產業聚落，為世界三大生產國之一。LED 光電產業為達成全球最大 LED 光源及模組供應國，將可達 5400 億元產值及提供每年 5.4 萬人就業。在能源風火輪方面，預計在 2015 年我國將是亞太地區電動車輛之主要生產基地、全球風力發電系統供應商之一。燃料電池方面也將成為系統組裝生產基地，預計有 1680 億元產值，及創造 1.68 萬人之工作。

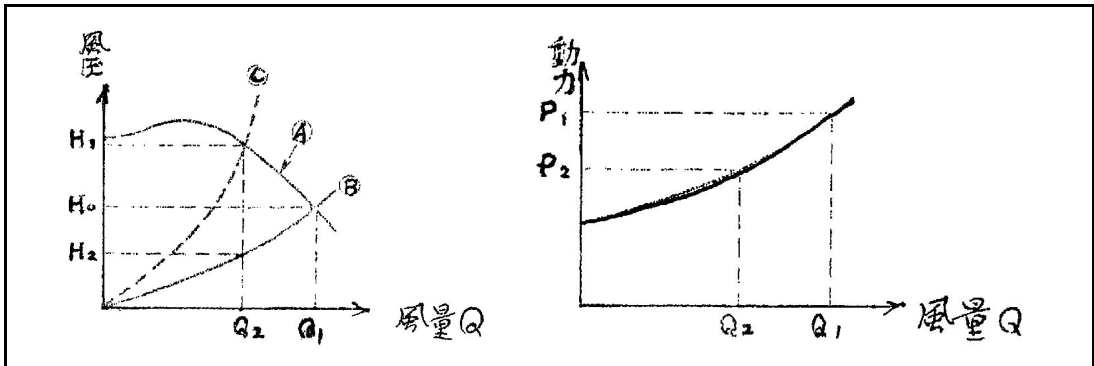
十一、馬達搭配變頻器之效益

(一)調速節能為馬達搭配變頻器之效益：

送風機用電動機的選定通常根據送風機之最大容量時的馬力來選定，再利用風門的開閉大小來控制通風量，因此所需之動力損失就很大；此種定速驅動方式時之電功率消耗的代表特性，如圖五之 A 所示。送風系統之導管、擋板(damper)等決定如圖五之 B 所示，負載曲線 B 和送風機之特性 A 的交點決定了所送出之風量 Q_1 。

其次調整擋板，則其負載特性如圖五之 C 所示，調整了風量的改變。此時之送風機是在 A 與 C 之交點運轉，而風量則如圖五之 Q_2 。

但是，此時之風壓由 H_0 增加為 H_1 ，驅動之動力由 P_1 減為 P_2 ，原來所得 Q_2 之風量如圖 1 之 H_2 之風量。 H_1-H_2 之風壓差即是由於擋板之阻尼所消耗之能量。為了防止 H_1-H_2 所消耗之能量損失有待使用變速驅動系統。



圖五

(二)送風機之變頻式交流無段變速驅動方時之電功率消耗：

送風機之速度改變，其風壓 H 與旋轉速度 N 之平方成正比，即

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \dots\dots\dots(1)$$

另一方面，風量 Q 與旋轉速度 N 成正比



$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \dots\dots\dots(2)$$

(2)式代入(1)式中

$$\therefore \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \dots\dots\dots(3)$$

因而風量減為 Q_2 ，其相對應之旋轉速度由 N_1 減為 N_2 時，送風機之特性如圖六之 C 特性，可得

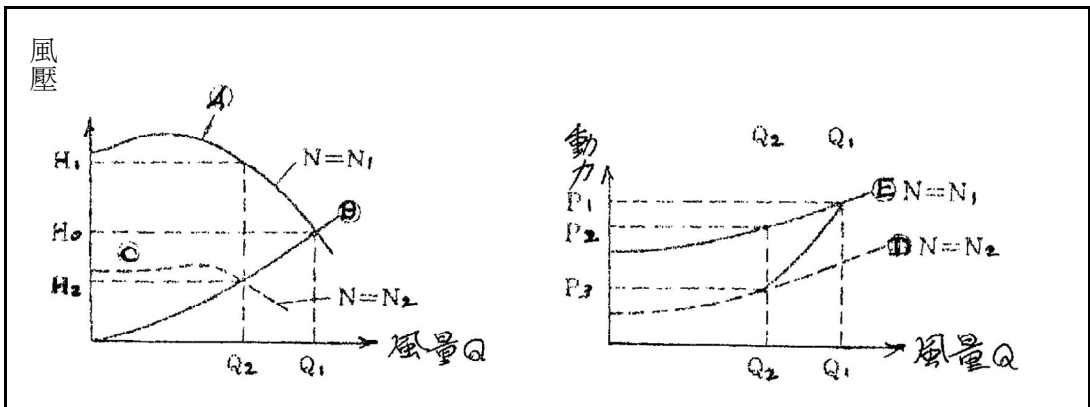
$$Q=Q_2$$

$$H=H_2$$

送風機之驅動動力 P 與旋轉速度之 3 次方成比例，即

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^3 \dots\dots\dots(4)$$

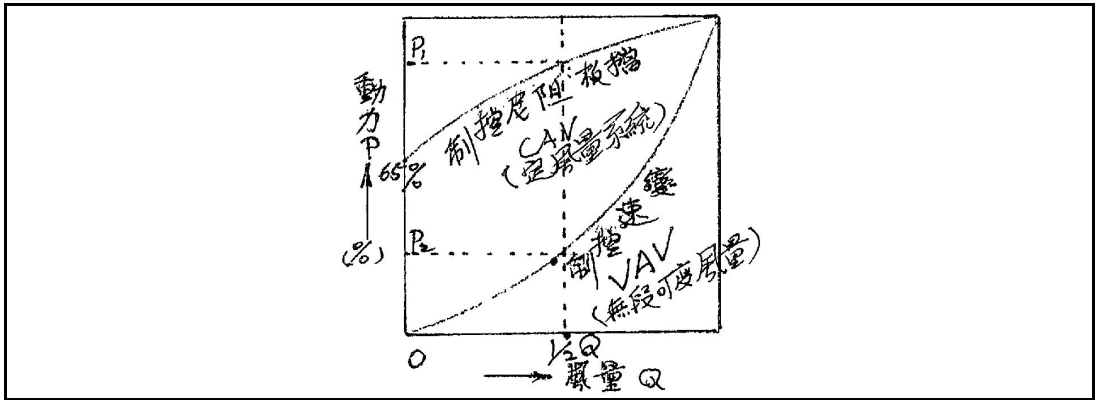
因而送風機之驅動動力，將風量 Q 依 3 次方之比例而減少。故當 $N=N_2$ 時之動力曲線之 D，於 $N=N_1$ 時之動力曲線 E 依 $\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$ 之比例縮減而成之曲線，在 $Q=Q_2$ 之動力為 P_3 ，而 $(P_2 - P_3)$ 相當之動力即是所節省電力。



圖六

(三)送風機之擋板阻尼控制與變速控制所要之動力比較：

由上述 1,2 項之結論可知，送風機之擋板阻尼控制與變速控制之動力差，大略如圖七所示。



圖七

又，泵(pump)向來也是由出口閥的開度操作來改變流量壓力，因此動力損失很大，最近為了節約能源之目的，漸漸改用控制泵之旋轉速度用以改變流量。一般使用最廣泛的離心泵，其特性也依旋轉速度而變化。若泵之轉速由 N_1 變成 N_2 ，則流量 Q 與 N 成正比，全揚程 H 與 N^2 成正比，驅動動力 P 與 N^3 成正比，即

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^3$$

由上式可知當轉速 N 減少，則其驅動動力 P 也以三次方的比例減少，和送風機同樣可達到大幅度節約能源之目的。

(四)送風機之變頻式(VVVF)交流無段變速驅動方式與定速驅動方式比較之節能效果

由上述 1、2、3 項之結論可知，送風機之擋板阻尼控制變速控制之動力差，大略如圖七所示。



1. 當定速驅動送風機時，利用出口處之擋風板調整風量 Q 時，雖然把擋風板全部關閉後使風量 Q 為零，然軸動力 P 仍須維持至 65% 程度。

現若調整擋風板使風量為 $\frac{1}{2}Q$ 時，此時軸動力 P_1 大約變成

$$65\% + 35\% \times \frac{1}{2} = 82.5\% \dots\dots\dots (a)$$

2. 當以變頻式交流無段變速驅動時，因所需之驅動力 P 與旋轉速度 N 之 3 次方成正比，且風量 Q 亦同，如公式(4)。

當調整旋轉速度 N，而獲得所要的風量 $\frac{1}{2}Q$ 時，則所需軸動力

$$P_2 = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \times 100 \quad (\%) = 12.5\% \dots\dots\dots (b)$$

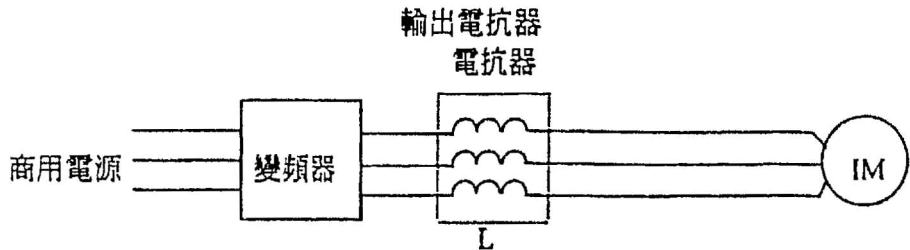
則變頻式無段變速節能效果由(a) - (b)得知 $82.5\% - 12.5\% = 70\%$

總之，凡工作流量要變化的風機和水泵，採用變頻器調速運轉的感應電動機，具有良好的節電效果。然而定功率調速無論採用何種方式，節電效果少，而採用變頻器於定轉矩負載方有較好的節電效果。

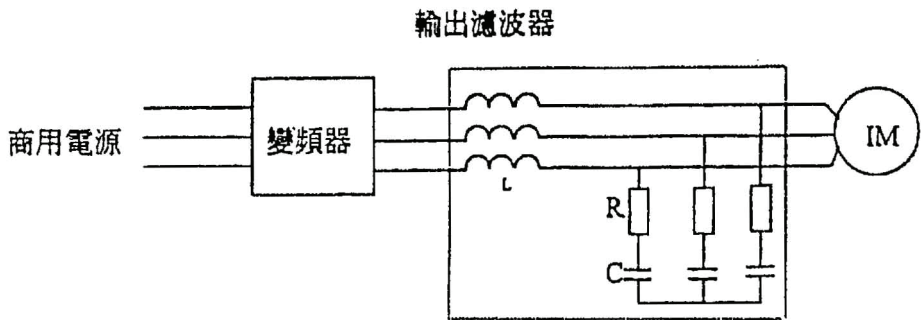
十二、 搭配變頻器應注意事項

1. 經濟運轉：三相感應馬達的經濟運轉是指在滿足被拖動機械運轉要求時，以節能和提高綜合經濟效益為原則，合理選用電動機的類型(運轉特性)，運轉方式和功率匹配，使電動機在效率高、損耗低、經濟效益好狀態下運轉。
2. 關於既設品
 - (1) 原有之以 440V 級變頻器進行驅動的馬達時因變頻器元件之切換，發生之突波電壓所造成馬達絕緣事故，發生率約 0.013%，對絕緣損傷機率極低。
 - (2) 將既設之馬達更新後以 440V 級變頻器驅動時，應進行突破電壓之抑制法如下：

a. 輸出電抗器(Reactor)



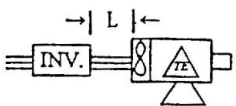
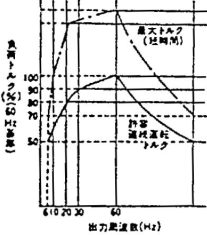
b. 輸出濾波器(Filter)











- (3) 原有之電壓 220/440V 為定額之馬達，改用變頻器驅動之 440V 級，除非馬達絕緣也更新，否則運轉之前數月要注意突波電壓對其之影響而造成繞組爆損。
- (4) 原有馬達之冷卻系統匹配不當時，不適合於低速下連續運轉也不適合於高於額定轉速之運轉，因易引起馬達低速過熱；高速時風損急增，而使馬達效率降低。



- (5) 與變頻器匹配不當時尚會引起噪音、振動、電磁干擾(EMI)、軸電流對軸承損壞或馬達無法負載起動.....等。
3. 與變頻器配合之馬達，最好是變頻器專用的馬達，同時其為高效率馬達較可發揮節能的效益。
4. 變頻器各製造廠皆各有其特點，故應在新購入時和其充分評估，一般之適用原則如下表：

項	項目	說明	註																								
1	電壓等級	1. 220V 級(±10%V)：可直接使用之。 2. 380V ~ 600V(±10%V)：或可直接適用，但宜加電抗器(≈3 ~ 5%)，或濾波器(FILTER)或 LINE TERMINATOR 等，以減低繞組失效機率。	原則：確保馬達端之電壓突波符 NEMA MG1-30 規定： 1) V peak ≤ 1KV 2) T rise ≥ 2μS																								
2	電源線長度 (INVERTER 和馬達間)	1. ≈20m 以內，且儘量短為佳(如右圖之“L”)。 2. 長電源線(≈20m 以上且 380 ~ 600V 電壓等級： 1) 宜加電抗器、濾波器或 LINE TERMINATOR 等。 2) 宜合併調低 INVERTER 內之載波頻率(10KHZ 以下或更低)。																									
3	控速範圍	不加強制冷卻扇之適用頻率及控速比參考值如下 <table border="1" data-bbox="312 1103 941 1445"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>負載類別</th> <th>負載例</th> <th>控速頻率</th> <th>控速比</th> <th>備註</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>變動轉矩</td> <td>泵浦 風扇</td> <td>6~60Hz (50Hz)</td> <td>10:1 or (100:1)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>定轉矩</td> <td>輸送帶</td> <td>30~60Hz (50Hz)</td> <td>2:1 or 4:1 不等</td> <td>設計不同，各機種可用控速比有別。</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>定馬力</td> <td>捲取機</td> <td>60Hz~ (50Hz) 上限頻率</td> <td>額定轉速 ~ 上限 轉速</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>註：以溫昇不超過額定絕緣等級上限來評定之。</p>	No	負載類別	負載例	控速頻率	控速比	備註	1	變動轉矩	泵浦 風扇	6~60Hz (50Hz)	10:1 or (100:1)	-	2	定轉矩	輸送帶	30~60Hz (50Hz)	2:1 or 4:1 不等	設計不同，各機種可用控速比有別。	3	定馬力	捲取機	60Hz~ (50Hz) 上限頻率	額定轉速 ~ 上限 轉速	-	典型之轉矩-HZ 適用條件如下(參考用)  *宜採用 F 級絕緣，提升馬達熱容量。
No	負載類別	負載例	控速頻率	控速比	備註																						
1	變動轉矩	泵浦 風扇	6~60Hz (50Hz)	10:1 or (100:1)	-																						
2	定轉矩	輸送帶	30~60Hz (50Hz)	2:1 or 4:1 不等	設計不同，各機種可用控速比有別。																						
3	定馬力	捲取機	60Hz~ (50Hz) 上限頻率	額定轉速 ~ 上限 轉速	-																						
4	最大安全轉速 RPM (max.)	1. 參照 NEMA MG1 表 30-1 規定： <table border="1" data-bbox="303 1572 954 1704"> <thead> <tr> <th rowspan="2">RPM POLE</th> <th colspan="7">適用馬力範圍(HP)</th> </tr> <tr> <th>7200</th> <th>5400</th> <th>4500</th> <th>3600</th> <th>2700</th> <th>2400</th> <th>1800</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>-5</td> <td>7.5~30</td> <td>40~50</td> <td>60~200</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	RPM POLE	適用馬力範圍(HP)							7200	5400	4500	3600	2700	2400	1800	2	-5	7.5~30	40~50	60~200	-	-	-	1. 限直結式驅動 2. 或須更佳之動平衡精度。 3. 噪音或許不符法規	
RPM POLE	適用馬力範圍(HP)																										
	7200	5400	4500	3600	2700	2400	1800																				
2	-5	7.5~30	40~50	60~200	-	-	-																				

		4				-20	25~150	-	-	額定標準。 4. 軸承壽命或受影響 5. 再超速 10%時間， 在 2min 以內...等。
		6						~75	100~ 200	
5	起動轉矩(T_s)	T_s 受限 INVERTER 內保護電流之設定($\approx 150\% I_f$)，一般最大只約 125%							不宜直接驅動，需高 T_s 之負載	

5. 變頻器將商用電源整流，為使整流平順，其直流電壓必要大於電源電壓的 $\sqrt{2}$ 倍，又變頻器與電動機間的配線中，存在有電感(L)和漂浮電容(C)，且變頻器元件之切換導致電壓變化，會因 LC 共振而產生突波電壓(約為變頻器直流電壓之 2 倍)；若電源為 AC 440V，則突破電壓= $440 \times 2 \times \sqrt{2} \approx 1200V$ ，故非變頻器專用之馬達，應考量其絕緣之可耐受程度。
6. 當馬達之負載率低於 5%及負載 GD^2 非常小時，會發生不安定運轉現象。
7. 馬達以變頻器驅動將比商用電源之噪音大；額定轉速以上運轉之風音與風損增大，則應考慮他力通風。
8. 變頻器為正弦波 PWM 控制，在輕負載時馬達振動較大。
9. 欲降低磁氣噪音，可在變頻器與馬達之間插入電抗器。
10. 馬達原有之功率因數改善用之進相電容器，不可和變頻器之線路中一同使用。
11. 馬達之基座弱時，因機械系和基座間之共振，使振動增大。
12. 減速機、皮帶輪、鏈條等使用於驅動系統中
 - a. 注意低速時，潤滑不良的問題。
 - b. 超過 60Hz 頻率之高速運轉，對其機構之噪音、強度及壽命等之考量。
 - c. 變頻器運轉時之容許範圍，必要嚴守。
13. 剎車馬達為防止起動時之低電壓，致剎車無法開放，故要將剎車回路連接於變頻器之電源側。
14. 搭配具有專用功能之變頻器，用以驅動馬達之變速方可達到(1)節能(2)省力(自動化)(3)生產性之提高(4)生產量之調整(5)製品之高級化(6)機械衝擊小之圓滑加減速(7)高精度之自動控制...等目的。又，變頻器約有 2%左右之容量能源消耗。



十三、 正確使用馬達有助系統效率提升

1. 馬達動力系統之節能選用所使用之機器設備，為要免對電源設備及其他電路受到影響，應對下列事項加以考慮：

- (1) 馬達動力系統之負載機器，不選用過大的電動機。
- (2) 效率高的負載機器，應使用接近於其最高效率的運轉點。
- (3) 不採用單一台大型機種，而應組合數台之中小型機組，冷凍機未滿 11kW，一般是選用未滿 5.5kW 的電動機來組合。
- (4) 電動機採用三相感應電動機。
- (5) 電動機應使交互之順序起動，防止同時起動時使線電壓降低。
- (6) 為了使容易起動，負載應選用可低負載情況下起動的機器。
- (7) 選用轉矩變動小的機器。冷凍機裡迴轉式比往復式好。往復式的情況是在氣筒數多的時候選用。
- (8) 電動機輸出為 5.5kW 以上及冷凍機 11kW 以上時，應查核電源容量及配線容量，考量採用 Y- Δ 起動之可行性。
- (9) 在電源側有作變頻器控制，應調查對其他電路機器的影響，適確的設置電抗器，防止高諧波之對策。
- (10) 原馬達動力系統之變速驅動為變頻器時，當更換其馬達改用高效率馬達時，應採用變頻器專用之高效率馬達，同時其匹配安裝尺寸是否可以適用也要一併考慮。

*資料來源 “Cogeneration Handbook” 負荷側機器とユ-ジェネレ-シソシステムの対応 中川一也/中根滋 監修

2. 馬達動力系統，當按照被驅動機械的運轉要求，控制電動機起動，制動過程或運轉時之轉速，以達到節能的目的是。

- (1) 對於流體負載，電動機經由風機，水泵等給流體動能，當動能越大，其所需之電功率也就越大。此類負載的轉矩 T 與轉速 N 的二次方成正比(即 $T \propto N^2$)。因此，可按照所需流量控制電動機轉速，降低風機、水泵的軸上功率，並使整個系統之損耗減到最低。

- (2) 在供水和給水系統中，經常可以看到多台水泵聯合供水、給水，若可將其中一台或二台(備用一台)採用調速裝置，根據設置在供水主管道上的壓力感應器傳出之壓力信號，通過比例積分器與規定的壓力進行比較放大，對應其差值信號，控制電動機的轉速，保持壓力之恒定，也可收到較好的節能效果。
- (3) 當採用兩台以上的電動機托動薄板、薄膜或紙張等纏繞或鬆捲的機器設備時，由於纏繞速度與鬆捲速度之差的作用，在紙張上產生張力，以此為信號進行控制，可以從一台電動機向另一台電動機傳遞能量，並反饋給電源。
- (4) 對於捲揚和提升機械控制節能也很重要。為了使重力負載合理運轉，或有效地傳遞加速和減速時的動能，或將位能變成電能回收，是節能的關鍵。該種設備採用控制節能可獲得節電 20% 左右的效果。

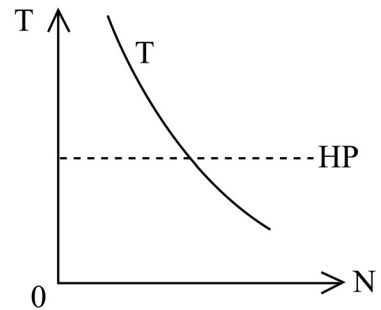
*資料來源：電機工程手冊 異步電動機 1.4 控制節能

3. 馬達的轉矩特性與負載特性的匹配，以達到節能的目的是

- (1) 定馬力特性：當馬達之輸出馬力(HP)、轉矩 T 與旋轉速度 N 的關係為 HP= 一定不變

$$T \propto \frac{1}{N}$$

即馬達之旋轉速度減小後，負載轉矩反而提高，則馬達應有定馬力特性。其主要用途如各種工作機械、捲取機、沖床、壓延機....等。

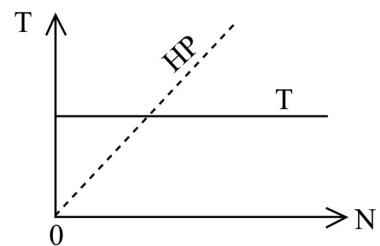


- (2) 定轉矩特性：當馬達之負載馬力比例於旋轉速度 N，而轉矩 T 一定時，即

$$HP \propto N$$

$$T = \text{一定不變}$$

則馬達應有定轉矩之特性。主要用途如輸送帶、捲上機、各種工作機械輸送用、離心分離機、木工機械、沖床、攪拌機、泵、鼓風機...等。



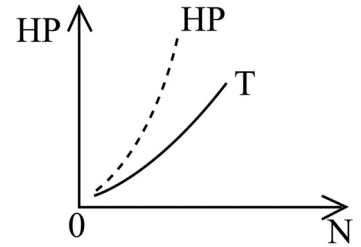


(3) 變轉矩特性：當負載之轉矩 T 和旋轉速度 N 之平方成正比且輸出馬力 HP 和旋轉速度 N 之平方成正比時，即

$$T \propto N^2$$

$$HP \propto N^3$$

則馬達應有變轉矩之特性。主要用途如風扇、鼓風機、泵...等。



4. 馬達動力系統之節能選用，應從馬達供電系統開始，其用電系統分為供電部分，馬達及其控制系統(包含傳動裝置)及監測、保護等之保養維修；各部系統是否可達到節能之目的就應逐步確認所使用之馬達用電系統之效率是否已符合標準之理想。如附件一之旋轉機控制設備之系統概述與查核。

5. 除了正確使用馬達之外，為了有助系統效率提升，則馬達之負載作全面的檢討，現以泵浦系統效率之比較如下：

a. 高效率泵浦系統

- (1) 高效率馬達效率約 94%
- (2) 配合變速傳動(VSD)效率 90%
- (3) 一般聯軸器效率 98%
- (4) 高效率泵浦設計效率 80%

系統整體效率

$$\eta_a = 0.94 \times 0.9 \times 0.98 \times 0.8$$

$$= 0.66326 \rightarrow 66.326\%$$

b. 一般泵浦系統

- (1) 一般馬達效率約 90%
- (2) 節流閥效率 70%
- (3) 一般聯軸器效率 98%
- (4) 一般泵浦設計效率 68%

系統整體效率

$$\eta_b = 0.9 \times 0.7 \times 0.98 \times 0.68$$

$$= 0.419832 \rightarrow 41.983\%$$

可知高效率泵浦系統較一般泵浦系統之效率提升 η

$$\eta = \eta_a - \eta_b = 0.66326 - 0.419832 = 0.243328 \rightarrow 24.3328\%$$

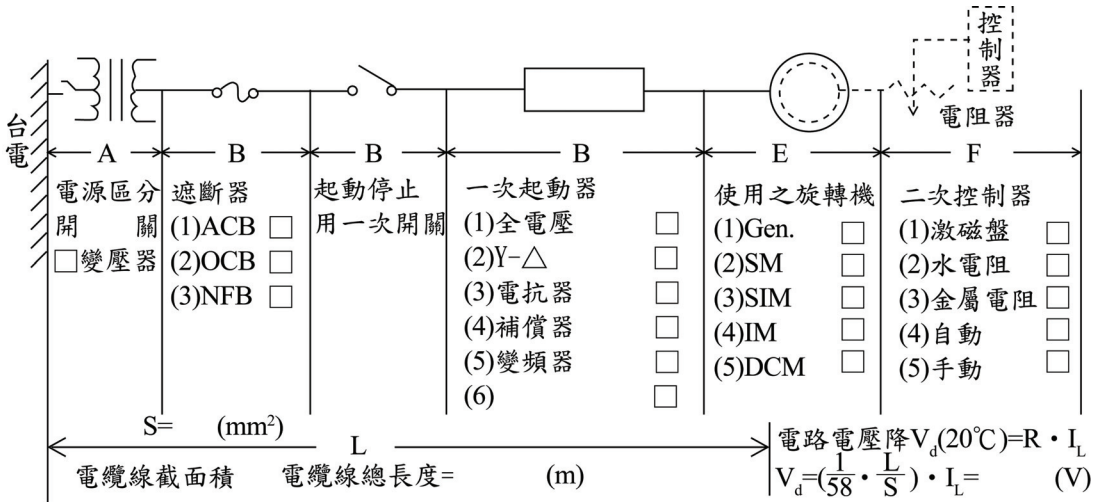
6. 電力監控系統，可應用於動力設備之運轉管理的合理化，尤其對馬達動力起動之順序，如附件“電力監控系統之主要功能與項目”。

附表一 旋轉機控制設備之系統概述

Nameplate Rating												
Machine	kW/HP	Volts	Amperes	Hz	Poles	Full	Type	Form	Insulation	Time	Code	Frame
Mot./Gen.	KVA P _o	V _r	Full Load	f	P	Load			Class	Rating		N
			I _L			Speed						
						r.p.m. N _r						

3Ø/1Ø

旋轉機控制設備之系統概述：



(附件)電力監控系統之主要功能與項目

1. 電力監控系統主要以電力與空調系統之用電資料為主。電力系統各分路用電資料，包括電壓、電流、kW、kWh、功率因數等；而空調系統之溫度、壓力、流量等資料，除於現場顯示之外，可經由轉換器透過高階模組，連接至廠院校區內每一大樓的現場處理器(DDC)，用 Ethernet 或 Lonwork 等開放式網路連線在一起，再連接至中央監控主機，顯示並加以控制。

電力監控系統之項目：

- (1) 調整契約容量合理化。
- (2) 降低用電量(kWh)，強化設備使用效率及有效用電行政管理。
- (3) 調整功率因數合理化，減少電費支出。
- (4) 抑低尖峰負載之最高需求的有效功率(kW)。



- (5) 動力設備之運轉管理合理化，尤其對馬達動力起動之順序。
- (6) 空調設備運轉管理之合理化，包括選用高能源效率設備、空調主機台數控制、
時序控制之多段式時續開關，最適智慧開關可自動調節空調機組輸出能量，標
的控制強制設定溫度值用以空調機組之輸出，需量控制依契約容量設定程式需
量管理用以分散負載。

採用電力監控系統之目的計有：

- (1) 可充分自行掌握，各電能使用狀況，反耗用統計。
- (2) 建立能源使用成本中心制度。
- (3) 建立長期能源有效用電之管理制度。

當要避免超過契約容量時，可利用需量控制器與 DDC 連結，透過 DDC 將預告選
定之設備(如空調主機...等)短時間卸載停用，就可避免超約用電，而節省超約所需
附加費之支出。

參考資料「智控系統」節電、減碳之技術應用，朱光華先生 電工 JUN. (2008)

2. 實例及可達成之目標

某電力公司所購置之能源監控管理系統設備，係由下列組成

- (1) 網路多功能三相電子表，具備高精度(0.5 級)、量測實功率(kW)、虛功率
(kVARh)、視在功率(kVAh)、功率因數(PF)、需量(Demand)、時間電價(TOU)、
自我檢測、即時電力量測、變比器補償(TLC)等功能；結合後台管理軟體(PID
1199)建構成為路型電力監測系統或用電管理系統。
- (2) 後台管理軟體 PID-1199 之功能計有使用者管理、看板顯示、電力資料查詢、
報表、電力監視器、去年度各月份用電資料查詢、看板顯示管理、資料維護等。

因此本能源監控管理系統之功能計有

- (1) 調整契約容量合理化
- (2) 降低用電量(kWh)，強化設備使用效率及有效用電行政管理
- (3) 調整功率因數合理化，減少電費支出
- (4) 抑低尖峰負載之最高需求的有效功率(kW)
- (5) 動力設備之運轉管理之合理化，尤其對馬達動力起動之順序
- (6) 空調設備運轉管理之合理化

該能源監控管理系統設備所達成之目標如下：

- (1) 可充分自行掌握各電能使用狀況及耗用統計
- (2) 建立能源使用成本中心制度
- (3) 建立長期能源有效用電之管理制度
- (4) 因其利用需量控制器，故可避免超約用電

由該公司總管理處辦公大樓各樓層用電量日報表之效益說明書，可知節約用電效果顯著。(略)



經濟部能源局
BUREAU OF ENERGY, MOEA

<http://www.moeaboe.gov.tw>



工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

<http://emis.erl.itri.org.tw>

經濟部能源局廣告品