

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

佳作、最佳(鄉土)教材獎

091006

疾風冷氣-新式變頻

高雄市立中正高級工業職業學校

作者姓名：

職二 陳坤成 職二 孫尉銘 職二 董益誌
職二 洪政宏

指導老師：

蘇明福 涂育魁

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：電子、電機及資訊科

組別：高職組

作品名稱：疾風冷氣---新式變頻

(恆壓、恆溫之變風量冷氣機)

關鍵詞： 恆溫、恆壓、高效能冷氣
節能、環保、變頻冷氣

編號：

疾風冷氣---新式變頻

(恆壓恆溫之變風量冷氣機)

摘要

本研究乃針對一般常有之分離式冷氣，做無段變頻控制 (A.F.C)，與管路系統調整。提高運轉效能，並可避免因外氣變化造成之冷凍能力下降，達到節能、省電、低成本效果。

有別於現有冷氣變頻方法，改採 M.I.O 控制方式：(1)、以溫控器—變頻器，調整冷媒流速，(2)、藉新式感溫膨脹閥，調整冷媒流量，內外交攻，達到系統內冷媒維持恆溫、恆壓之最大效能。

於恆溫、恆濕室內，經適切設定調整與配合實證比較之後，可知改良疾風變頻冷氣較同型分離式冷氣機：

1. 省能-----能源效率比 (EER) 值可提高至 3.62，節省電費 48%，(且較同容量變頻冷氣高)。
2. 恆壓-----壓力變動平順，變動率 (S.R) 低於 3%。
3. 恆溫-----冷房效果快於一般冷氣 50%。

壹、研究動機

- 一、現代化科技發展，生活品質提升，生活中冷氣的使用約佔用電的之 65.45% [1] 以上，且空調用電量約佔台電夏季尖峰負載的三分之一左右，可見冷氣空調是不可或缺，所以節能與效能的提升，是必要的。
- 二、溫室效應造成全球暖化現象，因此往後的氣溫將逐年增加 [2]，冷氣效能將受影響而降低，且在 2005 年 2 月 16 日 京都議定書 管制生效後，人們將面臨高電價時代，冷氣效能更須作提升。
- 三、就課本所學有關冷凍空調理論 [3] 配合新式變頻控制，試想可否就一般分離式冷氣中加以簡易調整 (或改裝)，就可達成避免外氣溫度變化造成之冷凍能力下降，而達到效能提升目的，作此研究。

貳、研究目的

探討如何利用 M.I.O 控制方式，配合實驗後之設定及調整找出：

- 一、較價廉之無段變頻冷氣之控制方式。
- 二、溫控器最佳之感測點及溫度之設定範圍。
- 三、變頻器最佳之變頻與變壓 (V/f) 調變設定值及操作方式。

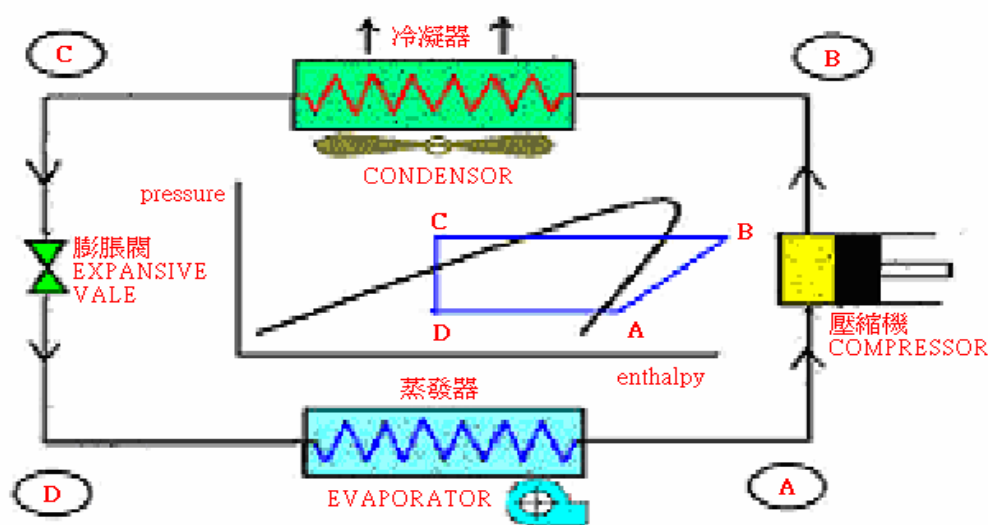
四、膨脹閥最佳之開距。

使系統達到節能、省電、低成本效果。

參、研究實驗理論

一、冷氣空調系統（如圖（1））是藉由冷媒介質做下列的變化：

- (1) 形態：氣態、液態循環變化
- (2) 溫度：高溫、低溫循環變化
- (3) 壓力：高壓、低壓循環變化



冷氣系統循環原理（取自中山大學 91 碩士論文集 [41]）

達到吸室內熱量、藉風扇氣流散於室外達到室內冷氣效果，且廢熱亦可回收再應用。

二、冷氣系統在使用上以蒸發器進行熱交換的空氣溫度為指標，以入口空氣溫度達 15°C 為下限，且在正常天候下，進出口空氣溫差之設計值為 $7\sim 10^{\circ}\text{C}$ [5]，低於此值表示室內的冷卻負荷太大，冷氣噸數不足。

（一）當發生室外溫度太高，冷卻負荷太大(室內溫度太高)與冷媒充填太多時，皆可能造成高壓側壓力增加，則散熱效能相對降低，壓縮機負荷加大，壓縮機使用壽命縮短，壓縮機電流加大，容易發生過載、跳機，如右圖(2)莫利爾線圖(Mollier Chart)，依冷媒特性發現系統之冷凍能力(EER 值)降低。

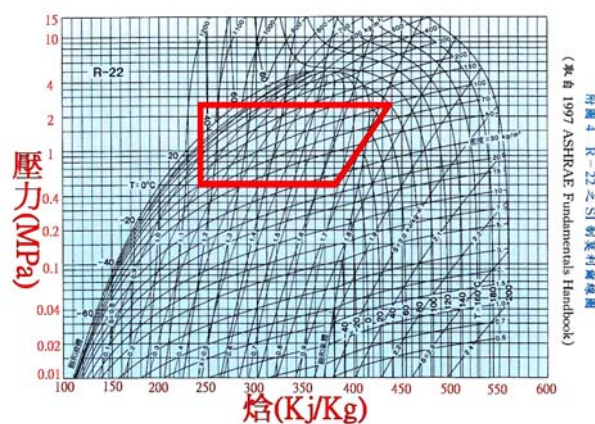
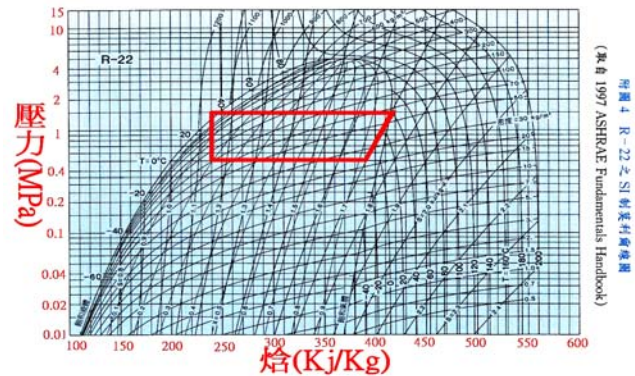
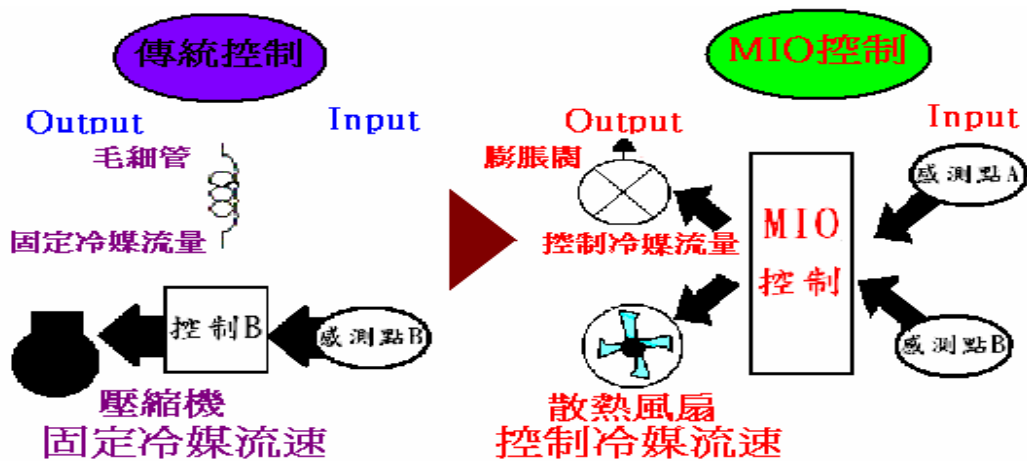


圖 (2)室外溫度過高時 (R-22)

(二) 若**室外溫度太低**，冷卻負荷太小(室內溫度較低)與冷媒洩漏或充填不足時，則散熱效能相對過高，將使冷媒流量降低，雖然耗電量降低，但冷卻效果卻大幅下降，如右圖(3)莫利爾線圖(Mollier Chart)，依冷媒特性發現系統之冷凍能力降低，且壓縮機液壓縮燒毀之虞。



圖(3) 室外溫度過低時(R-22)



【MIO 控制示意圖】

三、(一) 以**溫控器**，隨外氣溫度變化下，感測系統各點溫度，將其作電流數位轉換，驅動變頻器後，加入風扇電源藉此改變風扇轉動速度，進而改變冷凝器之散熱風量，達到**系統壓力**、**散熱效能**恒定。

1. 當**室外溫度偏高時**，溫控器輸出較高電流之訊號，接入變頻器之抵補點，使輸出電源頻率增加依交流電機之轉速公式 $N_r = \frac{120f}{P}(1-s)(r.p.m)$ 增加轉速，**提升過低的散熱效能**，維持最佳散熱狀態。
2. 當**室外溫度偏低時**，溫控器輸出較低電流之訊號，接入變頻器之抵補點，使輸出電源頻率減少依交流電機之轉速公式 $N_r = \frac{120f}{P}(1-s)(r.p.m)$ 降低轉速，**抑制過高的散熱效能**，維持最佳散熱狀態。

(二) 以**膨脹閥**感溫筒，感測系統蒸發室出口溫度，在溫度變化下由感溫筒內同型冷媒之溫度轉換壓力推動膨脹閥彈簧內閥片閥距，藉由調整系統之冷媒流量，達

到系統溫度、冷房效果恆定。

1. 當室外溫度偏高時，蒸發室出口溫度偏高時，過熱度過低時，將造成冷房能力過高，壓縮機過熱，此時冷媒壓力上升，推動膨脹閥彈簧閥片閥距使其閥距縮小，減少冷媒流量，增加過熱度，維持最佳冷房效果。
2. 當室外溫度偏低時，蒸發室出口溫度過低時，過熱度過高時，將造成冷房能力降低，此時冷媒壓力下降，推動膨脹閥彈簧閥片閥距使其閥距變大，提高冷媒流量，降低過熱度，維持最佳冷房效果。

肆、研究器材與設備

(1.) 一般用分離式冷氣(同型號)：如下圖

型號：YS-25 (品首牌)
規格：220V/ 60Hz
冷房能力：2500 Kcal/hr
運轉電流：4.6A



(2.) 溫度控制器：如右圖

型號：SDC-20 (YAMATAKE 牌)
規格：AC85~264v/50HZ/60HZ
output: 4~20mA/0~ 15v/ on /off



(3.) 變頻器：如右圖

型號：FVRO4E11S-2 (FUJI 牌)
規格：3PH 200-230V 50/60HZ 3.4A
output: 3PH 1.1KVA/ 200-230V
0.2-400HZ/ 3.0A



(4.) 風量計：如右圖

型號：Turbo Metrc

規格：3 $\frac{1}{2}$ Digital(mph...)



(5.) 電子溫度計：如右圖

型號：KS-100-MS

規格：110V、-50℃~+50℃

準確度：±1%



(6.) 夾式電流表：如右圖

型號：KS-100-MS

規格：10×35mm

測量功能: ACA/ACV/DCV/R



(7.) 膨脹閥：如右圖

廠牌：Danfoss

型號：068Z3206 TX2

規格：0.5~15.5kW/0.15~4.5 Tone

溫度範圍：-40~10℃



伍、研究過程與方法

一、架構新的恆溫恆壓變風量冷氣機

(一)、系統部份：

1. **管路重整**：拆開分離式冷氣室外機，依適切**位置**、**步驟串接膨脹閥** [5]。
2. **系統處理**：依照冷凍系統處理程序作；探漏（鹵素燈）、抽真空（12 小時）、站空（1 小時）、灌冷煤(R-22)如圖(4.5.6.7.)



(圖 4) 充氮探漏



(圖 5) 抽真空

(圖 6) 站空 (1 小時)

(圖 7) 灌冷煤(R-22)

(二)、電路部份：

3. **連接溫控器**：選用適切感測棒 (T-type)，作比例轉換電流 (4~20 mA) 輸出，依各點之感測，作不同條件設定輸出。



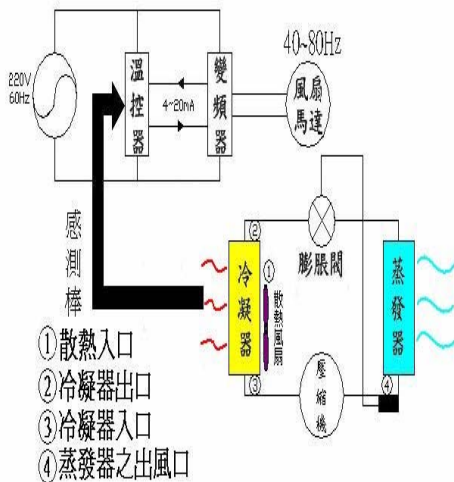
圖(8) 溫控器感測棒感測位置之一

4. **連接變頻器**：以隔離線連接溫控器之數位輸出於抵補輸入點、完成輸出點連接於冷凝器之風扇電源端，依不同條件，作頻率操作設定，如圖（9）。



(圖 9) 變頻器連接電路示意板

(三)、**完成電路設定與整個系統連接圖**。如下圖左、右



【電路連接圖與整個系統】

二、找出系統之最佳點：

完成新的變風量冷氣機後，進行**實驗（一）**於**恆溫室**內，**模擬**外氣溫度(25°C~36°C)。

1.分別在基頻（市電頻率）與變頻運轉下，就系統中不同位置：

- (一)、散熱入口。
- (二)、冷凝器出口。

(三)、冷凝器入口。

(四)、蒸發器之出風口。

2. 不同溫控器溫度之設定，變頻器操作方式。

紀錄其壓力、電流、溫度作感測特性圖表分析、找出最佳感測點及設定範圍。

三、新、舊系統比較：

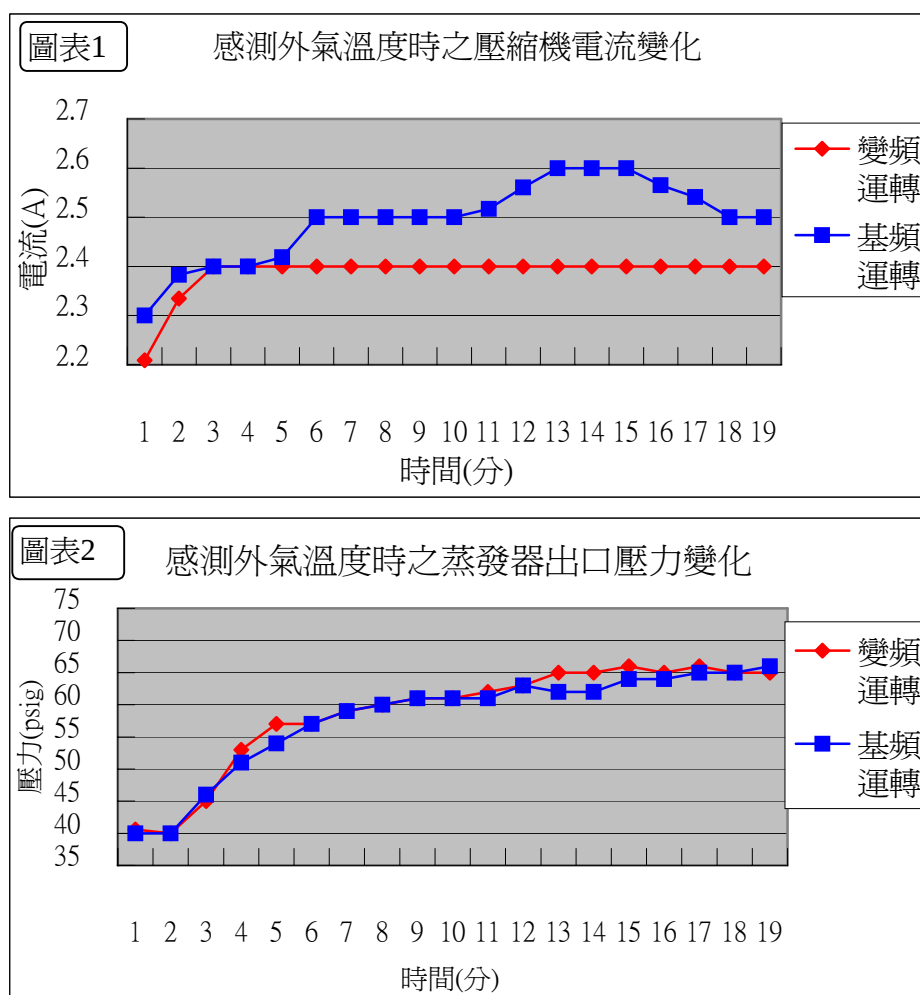
最佳感測點及設定後，進行實驗（二）與舊有非變頻系統在相同條件下作比較。

陸、研究結果

一. 最佳之感測點：

於恆溫室內，就不同感測點在外氣變化（25℃~36℃）下，依實驗紀錄所得平均數據所得圖表如下：

(一)、【實驗 1.1】感測外氣溫度（如圖表 1.2）：

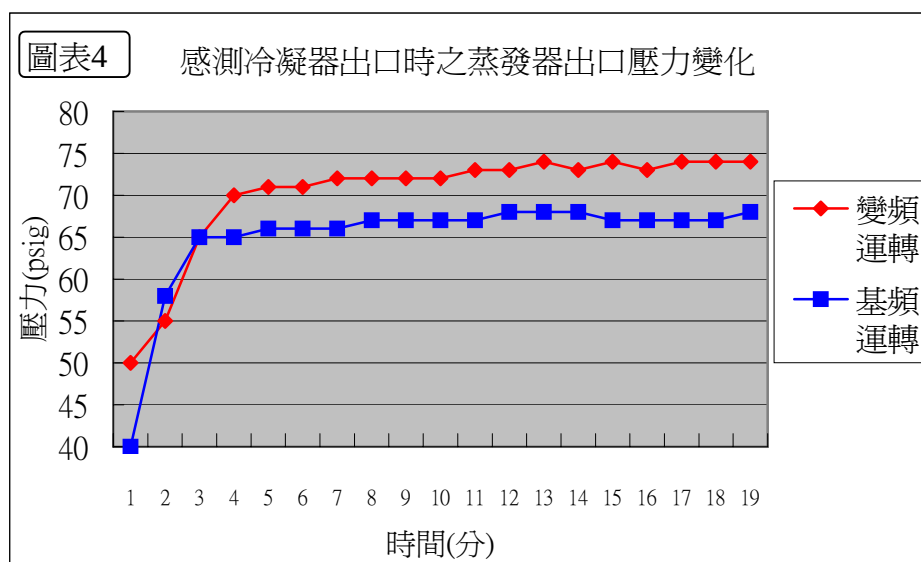
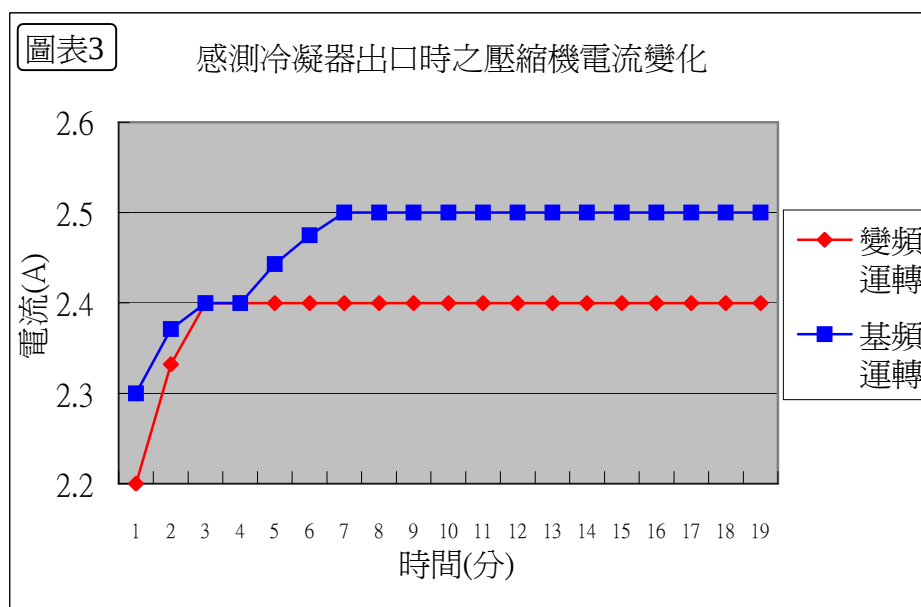


※由【實驗 1.1】圖表(1)、(2)顯示得知：

1、以外氣溫度感測基準時，疾風冷氣變頻運轉的電流，比基頻運轉時少

- 0.1~0.2A±0.05A，且維持恆定。
- 2、疾風冷氣變頻之變化 60~73Hz±2Hz，壓力變化亦維持恆定。
 - 3、溫控器輸出電流之百分比變化(0~85%±5%)。

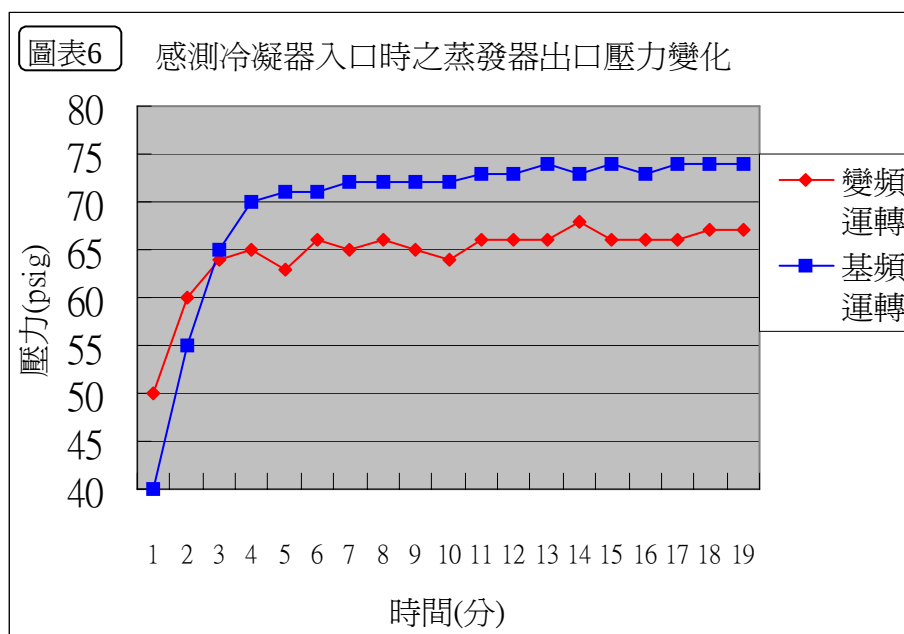
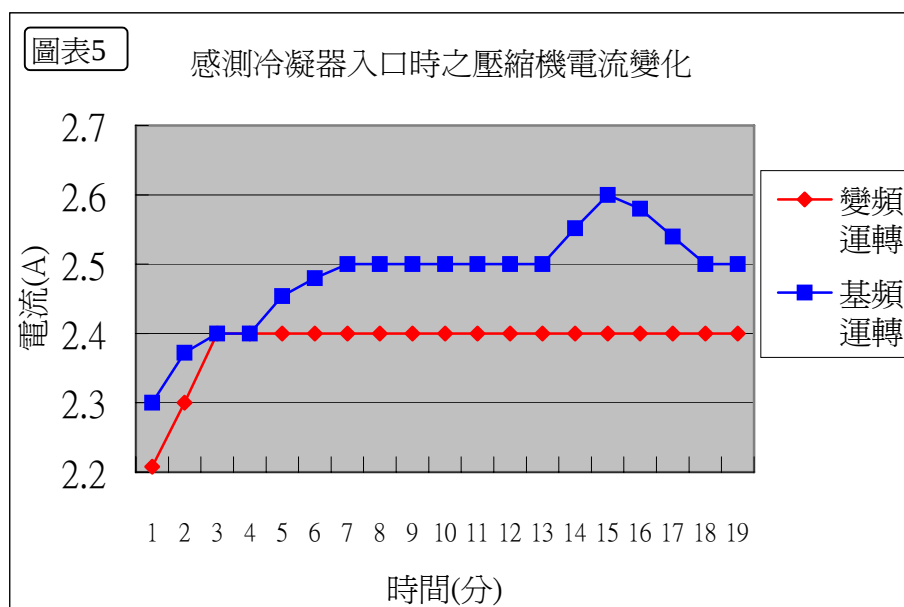
(二)、【實驗 1.2】感測冷凝器出口溫度(如圖表 3.4):



※由【實驗 1.2】圖表(3)、(4)顯示得知:

- 1、以冷凝器出口溫度感測基準時，疾風冷氣變頻運轉之電流，比基頻運轉時少 0.1~0.2A±0.05A，且維持恆定。
- 2、疾風冷氣變頻之變化 68~75Hz±2Hz，壓力變化亦維持恆定，但因冷凝器出口溫度變化 38~40°C±2°C 較大，壓力上升 3%。
- 3、溫控器輸出電流之百分比變化(60~100%±5%)。

(三)、【實驗 1.3】感測冷凝器入口溫度(如圖表 5.6):

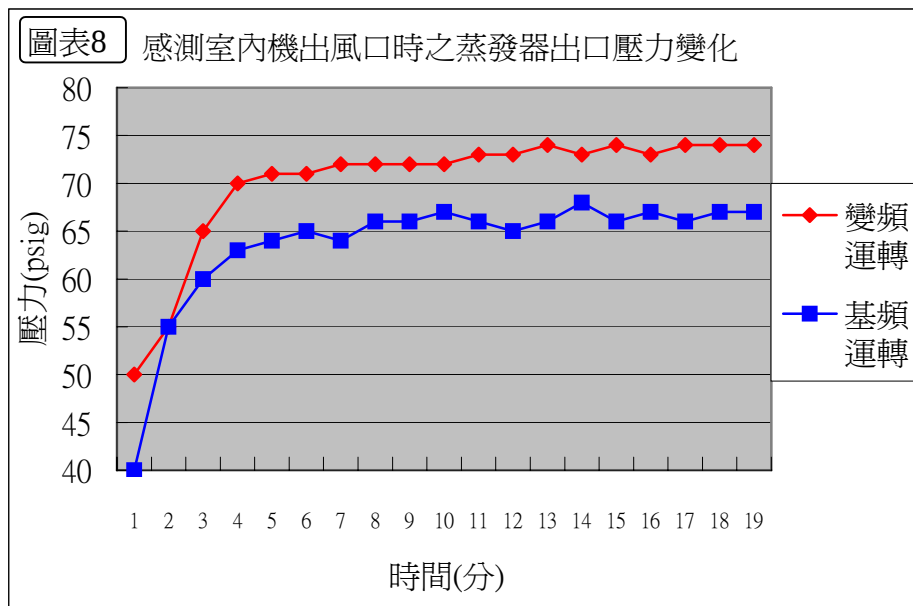
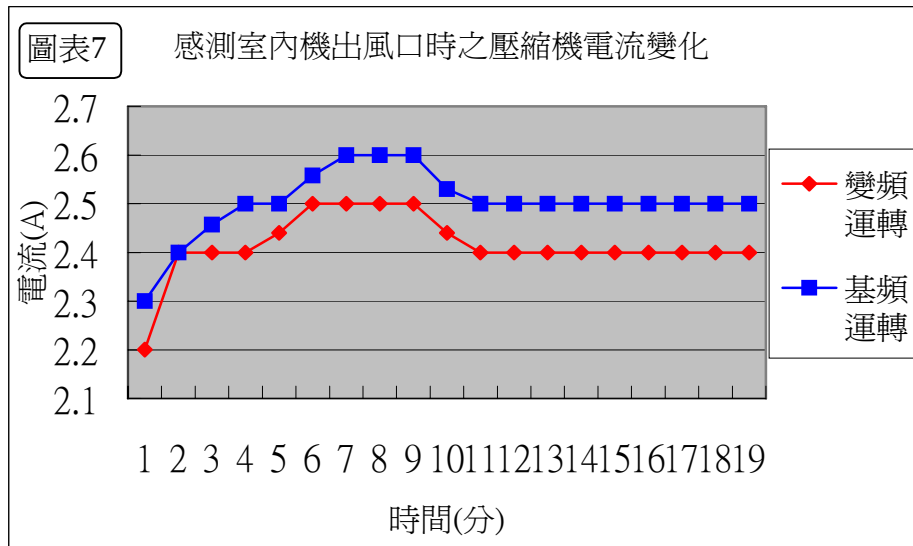


※由【實驗 1.3】圖表(5)、(6)顯示得知:

- 1、以冷凝器入口溫度感測基準時，疾風冷氣變頻運轉的電流，比基頻運轉時少 $0.1\sim 0.2A\pm 0.05A$ ，且維持恆定。
- 2、疾風冷氣變頻之變化 $73\sim 75Hz$ ，但因高溫冷凝器入口(溫度 $43\sim 86^{\circ}C\pm 5^{\circ}C$)變化較大，壓力上升 3%，且有 $\pm 1\%$ 壓力變化。

3、溫控器輸出電流之百分比達到百分之百。

(四)、【實驗 1.4】感測出風口溫度(如表 7.8):



※ 由【實驗 1.4】圖表(7)、(8)顯示得知:

- 1、以出風口溫度感測基準時，疾風冷氣變頻運轉與基頻的運轉電流皆變化甚大，且亦上升 3%。
- 2、疾風冷氣變頻之變化 60~75Hz，但因出風口溫度低溫(溫度約室溫 $\sim 15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)變化較大，壓力上升 3%，且有 $\pm 1\%$ 壓力變化，但較基頻的運轉為佳。
- 3、溫控器輸出電流之百分比變化(0~5% $\pm 3\%$)。

※ 綜合上述：

如上圖表（1、2、3、4、5、6、7、8）記錄其電流及壓力變化下

（一）、從電流變化中發現不管各感測點位置，變頻比無變頻運轉冷氣的電流約省 $0.1\sim 0.2A\pm 0.05A$ 。

（二）、將感測棒放置散熱入口時，其變頻運轉電流較其他感測點小，且壓力最為平穩。

二、最佳之設定點：

（一）、變頻器設定：由實驗（一）發現，變頻器的最高頻率設定為 80HZ，最高電壓設定為 230v，變頻與變壓（ V/f ）調變關係設定在：

$$V = 0.8125f + 165 \text{ (v)}; 40 \leq f \leq 80\text{Hz} \text{ 下，達到最佳狀態。}$$

（二）、溫控器設定：由實驗（一）發現，配合感測散熱入口溫度變化，將溫控器基頻輸出(50%)設定為 30℃，而將最高輸出(100%)設定為 36℃時，其感測變化成最佳直線變化。

三、膨脹閥之最佳：由實驗過程紀錄所得數據（蒸發器出入口壓力、溫度），調整膨脹閥之開距，可知當過熱度為 5℃時 η ，其運轉效能最佳。

四、系統比較：

將恆溫恆壓變風量冷氣機(疾風冷氣)與一般分離式冷氣(同型號)，在 4~5 坪 房間內，模擬溫度 26℃~35℃ 外氣變化下之運轉電流及壓力比較。(如圖 10)



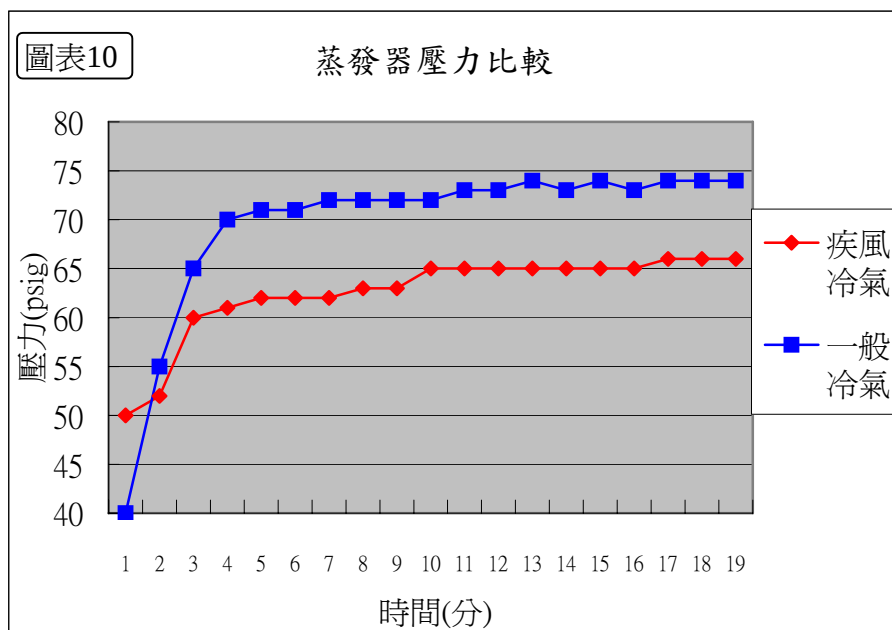
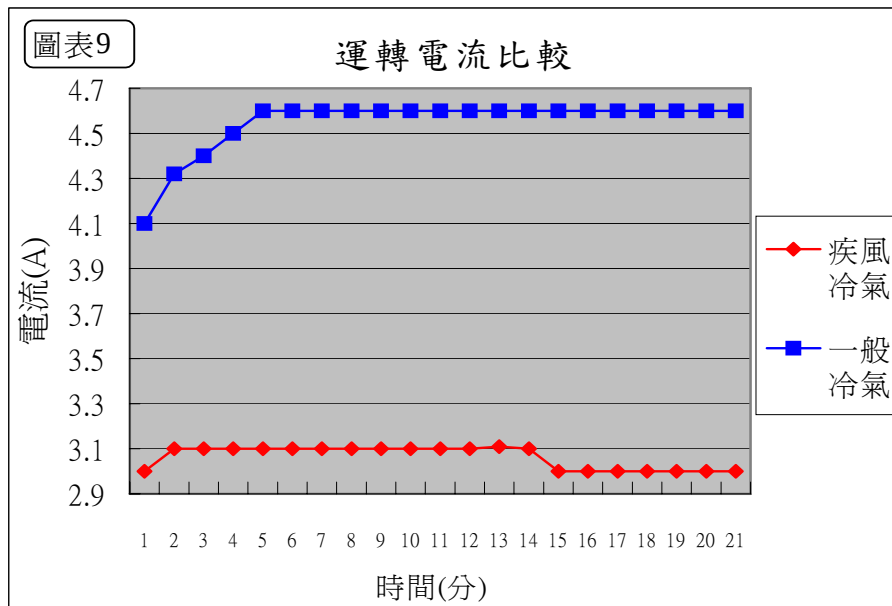
圖(10) 系統比較（模擬溫度 26℃ 時）

【比較步驟】：

- (一)、【實驗 2.1】將室內溫度降至 26℃ 然後將疾風與一般兩台分離式冷氣機送電運轉，觀察紀錄其值(運轉電流，出風口溫度，壓力)。
- (二)、【實驗 2.2】再將室內溫度升至 31℃ 然後將疾風與一般兩台分離式冷氣機送電運轉，觀察紀錄其值(運轉電流，出風口溫度，壓力)。

【實驗結果】：

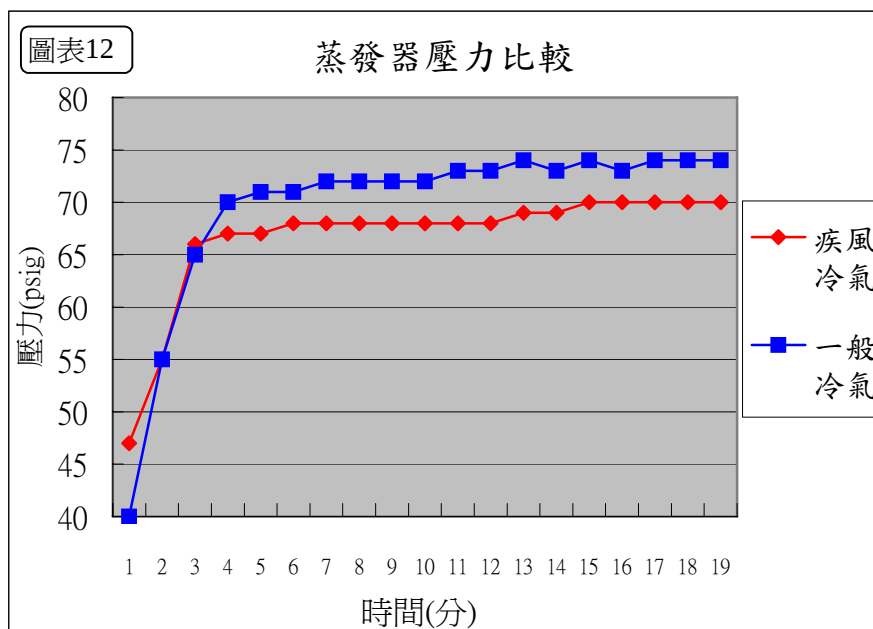
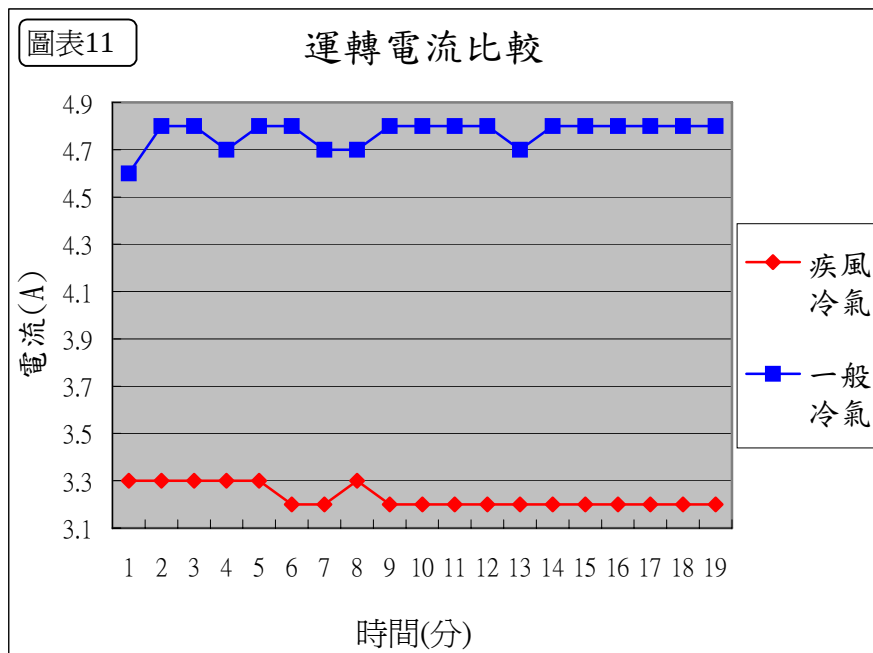
- (一)模擬外氣溫度 26℃：疾風冷氣(變頻冷氣)跟一般冷氣(無變頻)冷氣分別就壓力與電流、出風口溫度作紀錄如【實驗 2.1】下圖表（9、10）。



※由【實驗 2.1】圖表(9)、(10)顯示得知:

- 1、疾風冷氣的電流比一般冷氣小 $1.2\sim 1.5A\pm 0.1A$ 。
- 2、當模擬外氣溫度 $26^{\circ}C$ ，壓力變化皆相差不大，溫控器輸出電流之百分比變化 $0\sim 20\% \pm 5\%$ ，疾風冷氣風扇變頻之變化 $60\sim 65Hz\pm 2Hz$ 。

(二) 模擬外氣溫度 $31^{\circ}C$ ：疾風冷氣(變頻冷氣)跟一般冷氣(無變頻)冷氣分別就壓力與電流、出風口溫度作紀錄如【實驗 2.2】下圖表 (11、12)。



※由【實驗 2.2】圖表(11)、(12)顯示得知:

- 1、疾風冷氣的電流比一般冷氣電流小 $1.3\sim1.6A\pm0.1A$ 。
- 2、當模擬外氣溫度 31°C ，疾風冷氣壓力變化較一般冷氣穩定，溫控器輸出電流之百分比變化 $40\sim100\%\pm5\%$ ，疾風冷氣風扇變頻之變化 $65\sim75\text{Hz}$ 。

【系統比較】

電氣特性部分：

(一)、一般分離式冷氣機(同型號):(冷凍能力:2500Kcal/hr，運轉電流:4.8A)。

$$\rightarrow \text{能源效率比(EER): } \frac{\text{冷凍能力(Kcal/hr)}}{\text{消耗電力(W)}} = \frac{2500}{220 \times 4.8} \approx 2.36 \cdots \cdots (1)$$

(二)、疾風冷氣: 由上圖表 (11) 可知：

$$\rightarrow \text{平均電流: } I_{av} = \frac{3.2 \times 13 + 3.3 \times 6}{19} = 3.24\text{A}$$

$$\rightarrow \text{風口風量: (1)回風口風速: } \frac{0.2 \times 3 + 0.3 \times 2}{5} = 0.24(\text{m/s})$$

$$\text{面積: } 54.8 \times 4.2 = 230(\text{cm}^2) = 0.23(\text{m}^2)$$

$$\text{風量: } 0.24 \times 0.23 = 0.0552 (\text{m}^3/\text{s}) = 198.72(\text{m}^3/\text{hr})$$

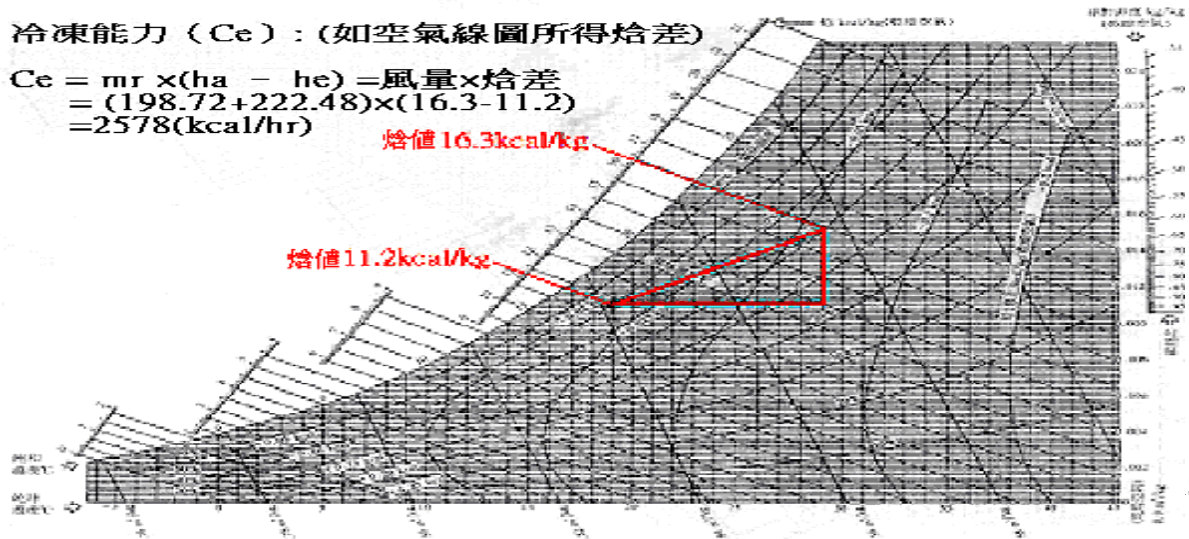
$$(2)\text{回風口風速: } \frac{0.1 \times 3 + 0.2 \times 7 + 0.3 \times 2}{12} = 0.12(\text{m/s})$$

$$\text{面積: } 72 \times 7.16 = 515(\text{cm}^2) = 0.515(\text{m}^2)$$

$$\text{風量: } 0.12 \times 0.515 = 0.0618(\text{m}^3/\text{s}) = 222.48(\text{m}^3/\text{hr})$$

冷凍能力 (Ce) : (如空氣線圖所得焓差)

$$\begin{aligned} Ce &= m_r \times (h_a - h_e) = \text{風量} \times \text{焓差} \\ &= (198.72 + 222.48) \times (16.3 - 11.2) \\ &= 2578(\text{kcal/hr}) \end{aligned}$$



乾球溫度(°C)

圖(11) 空氣線圖 (Air chart) 求 冷 凍 能 力。

→ 冷凍能力 (Ce) : (如空氣線圖所得焓差)

$$\begin{aligned} Ce &= m_r \times (h_a - h_c) = \text{風量} \times \text{焓差} \\ &= (198.72 + 222.48) \times (16.3 - 11.2) = 2578 (\text{kcal/hr}) \end{aligned}$$

$$\rightarrow \text{能源效率比(EER)} = \frac{\text{冷凍能力(Kcal/hr)}}{\text{消耗電力(W)}} = \frac{2578}{220 \times 3.24} \approx 3.62 \dots \dots (2)$$

(三)、能源效率比(EER)提升 ((1) - (2)式) : $3.62 - 2.36 = 1.26$, 可節省 48% 電費。

柒、討論 Q&A

一、. Q : 一般傳統窗型冷氣可否採用此方式控制？

A : 不可以！

因窗型冷氣使用送風與散熱使用同一轉軸風扇，因此不能作恆壓恆溫之變風量控制，且一般皆屬小容量效益不大。

二、. Q : 除了以感溫變頻（變壓）式變風量控制外，還有其它方式控制？

A : 有！

除感溫變頻（變壓）式變風量控制外，尚有：

(1)、感測溫度變電壓式變風量控制。

(2)、感測壓力變電壓式變風量控制。

但是，都只能作基頻（市電頻率）以下控制，不適用於分離式冷氣控制。

三、. Q : 變頻式冷氣與疾風變風量冷氣有何差異？

A : (1)、最大差異點在於，變頻式冷氣採用分段變風量控制，疾風變風量冷氣為無段變風量控制，並且以膨脹閥取代傳統毛細管。

(2)、雖先進變頻式冷氣其改變壓縮機轉速，進而達到避免壓縮機啓動頻繁造成之電力消耗，及冷媒狀態因不穩定之系統效率減少之功效，但一般變頻式冷氣效能約 80%，且價格較貴，可改爲此研究之功能，其恆壓並且爲變頻風量，效能必可提升。

四、. Q : 採用疾風變風量冷氣效能提升多少？

A : 在實證中，可發現(EER)可高達 3.62，或投資或改裝在量產下，依冷氣使用頻率與壽命平均 6~10 年下，可在 2 年內回收成本。

五、. Q : 可否有其他冷氣系統節能省電方式？

A : 有！

爲改善並節省冷氣機之用電，我們曾經就下列方式去做探討：

- 系統方面：
- 1.採用高效能冷媒
 - 2.採用適切之膨脹閥
 - 3.適切管路之長度與尺寸
 - 4.利用致冷晶片之作用將冷凝器霧化避免滴水，且增加溼度降溫，提升效能。

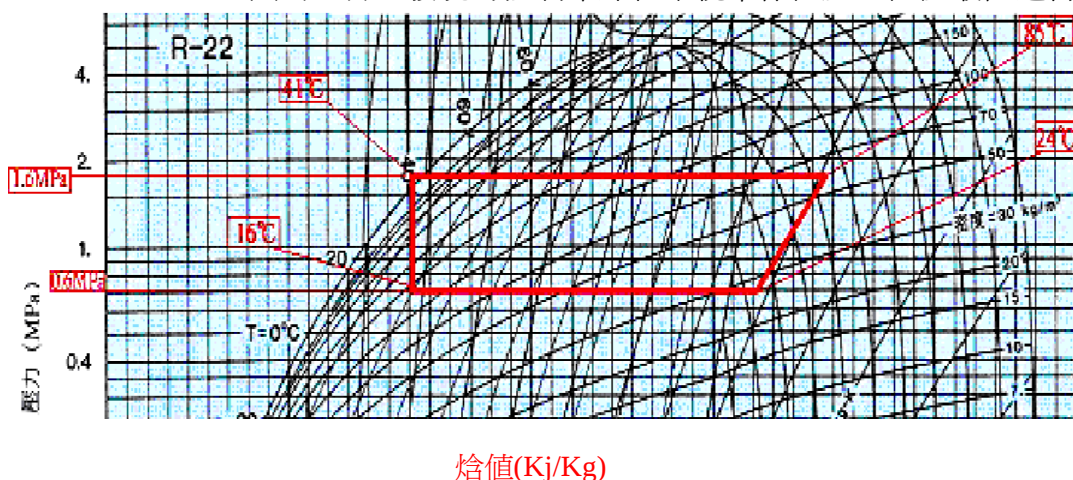
.....

- 電路方面：
- 1.改變風量式之分離式冷氣
 - 2.調整電路功因.....

因此，身為高職生的我們做多方研究。

捌、結論

- 一、由實驗（一）中發現感測點之選定對於系統運作有直接關聯，為求控制冷媒在冷凝器中作恆壓、恆溫，感測冷凝器出口溫度為主，但因系統運作中溫度過高，對於感測電流輸出不穩定，以散熱入口感測為佳。
- 二、由實驗（一）中發現感測溫度之設定點，在不同溫度時頻率成非線性關係，其設定值應有 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之補償。
- 三、由實驗（一）：各點之壓力與溫度變化繪出莫利爾線圖（Mollier'chat）（如下圖圖（12）），發現可控制冷媒在系統中作恆壓、恆溫最佳運轉。



圖（12）莫利爾線圖（Mollier'chat）壓力與溫度變化

- 四、由實驗（二）紀錄電流之變化，求出冷房能力與功率之數值，與未改良之傳統冷氣比較 E.E.R 值提高至 3.62。

我國「節能標章」冷氣機能源效率標準		
節 能 標 章		
產品類型	冷房能力(kW)	EER
單體式	低於2.3kW	≥ 3.12
	2.3kW~4.1kW	≥ 3.19
	4.1kW以上	≥ 2.99
分離式	低於4.1kW	≥ 3.42 (一般)
	低於4.1kW	≥ 3.19 (變頻)
	4.1kW以上	≥ 3.14



圖 (13) 節能標章 (93 年修正)

五、現今政府提倡節能如上圖 (13)^[8]，發現**本研究符合其標章**，若在適當的將此方式推廣至大型空調設備如中央空調、冰水機組…等，或其他大型冷凍設備其節省電能較為可觀。

六、新疾風變頻冷氣與現有之一般變頻冷氣及傳統分離式冷氣之差異，綜合表列 (1) 如下，其中可知疾風變頻冷氣可達到節能、省電、低成本效果。

表列 (1)：疾風變頻與一般變頻冷氣及傳統分離式冷氣之差異。

項目 \ 型別	變頻式冷氣		傳統分離式冷氣
	疾風變頻冷氣	一般變頻冷氣【3】	
系統控制方式	On-off 壓縮機控制 無段變頻風量	變頻壓縮機控制 分段風量控制	On-off 壓縮機控制 固定風量
管路控制方式	感溫膨脹閥	傳統毛細管	傳統毛細管
能源效率比 (E.E.R)	E.E.R=3.62	$2.8 \leq E.E.R \leq 3.7$	$1.7 \leq E.E.R \leq 2.3$
冷媒狀態	變動率 $\leq 3\%$	變動率 $\leq 5\%$	變動率 $\leq 8\%$
冷房效果	快	快	慢
節省電力	48%	40%~50%	0%
購置成本 (每噸)	1.5 萬~2 萬	2 萬~3 萬	1 萬~1.5 萬

七、因為疾風變頻冷氣不同於一般變頻冷氣，改採變頻散熱風扇降低變頻器容量、成本下降，兼以膨脹閥調整冷媒流量與流速，內外調整達到恆溫、恆壓、省能之合乎環保節能趨勢冷氣功能。

玖、參考資料及其他

- 一、電價與消費(94 年),台灣電力公司 取自：http://www.taipower.com.tw/main_2/main_2_3.htm
- 二、全球監測-雨量與溫度(94 年),台灣大學大氣科學

取自：<http://hsu.as.ntu.edu.tw/new/myweb2/index.htm>

三、許祺清、陳聰明編著，**冷凍空調原理 I、II** (129 頁至 132 頁)。大中國圖書股份有限公司。台北縣中和市建一路 150 號四樓之二。中華民國九十二年一月修訂二版一刷。

四、曾偉智、陳遵立著，**高效率變頻空調壓縮機驅動器之研製**，國立中山大學 91 碩士論文集。

五、方煒、蕭瑋炯著，**冷凍空調系統缺失及其改良**，台大生物產業機電工程學系

取自：<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/sysEng/AC/冷凍空調系統的缺失與改善.htm>

六、**日本驚宮事務所-中文技術資料**，

取自：http://www.saginomiya.co.jp/english/c_catalog/chinapdf/contents.pdf

七、楊忠源、洪煜昆 撰，技術專題：空調高效率冰水機之研發，光堡空調技術網 2005/05/20

取自：<http://hvacr.com.tw/mag/tech/rah02/RAH02-02.cfm>

八、**節能標章**，經濟部能源局 取自：<http://www.energylabel.org.tw/>

九、陳銘章編著。**冷凍工程上冊**。長諾資訊圖書股份有限公司。台北市八德路三段 12 巷 67 弄 15 號 1 樓 (02) 577-5271。中華民國八十六年八月出版。

十、賴士峰編著。**基本電學 I**。長和圖書股份有限公司。台北市中正區 (100) 青島東路 7 號 6 樓。2001 年 03 月出版。

十一、郭鴻銘、蕭仁貴編著。**物理 I**。三民書局股份有限公司。台北市復興北路 386 號。初版一刷，中華民國八十九年八月出版，初版二刷，中華民國九十年八月出版。II

十二、郭鴻銘、蕭仁貴編著。**物理 II**。三民書局股份有限公司。台北市復興北路 386 號。初版一刷，中華民國九十年二月出版，初版二刷，中華民國九十一年二月出版。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高職組 電子、電機及資訊科

佳作、最佳(鄉土)教材獎

091006

疾風冷氣-新式變頻

高雄市立中正高級工業職業學校

評語：

以溫控器來調控風扇轉動速度，進而改變冷凝器之散熱風量，另外以膨脹閥來調整系統之冷媒流量，兩者都是好的小靈感，達成智慧型冷氣的好效果，變動小而成效性，值得推廣。