

# 安心用電保全員~變壓器保護裝置

研究者：王威閔

指導老師：潘滢方老師

## 摘要

本研究旨在利用變壓器電流量及溫度變化情形的觀測與探索，從而設計實用的變壓器安全裝置。大部分人在使用電子產品時，常常忽略了用電安全性，尤其是在使用低電壓、低電流的變壓器充電時。然而，變壓器異常放電或升溫，確實可能導致電器的損傷、影響電器耐用程度，甚至造成電線走火及爆炸等意外災變；或是因疏忽而觸碰溫度異常的變壓器造成低溫燒燙傷；所以在使用變壓器充電時，還是必須對安全性的問題多所考量。因此在本研究中，研究者透過實驗來探討變壓器在不同條件下的電流量與溫度和變化，並將研究數據作為改良變壓器的參考，運用 Arduino 程式來設計、製作變壓器安全裝置，讓大家可以生活中安心用電，充份擷取電器所帶來的便利性。

### 壹、研究動機

某次 Arduino 課程結束後，正當我收拾筆電時，忽然發現變壓器的溫度高得燙人，使我想起之前在網路上看過變壓器變熱時會比較耗電的訊息，還有新聞報導中關於變壓器燃燒、引發火災的事故。

因此我很好奇：報導裡的火災會不會和變壓器的異常升溫有關？所以我想藉著在學校裡六年級自然課「電與磁」單元，還有資優班「高愛迪生」科學活動和自然科學課裡所學的知識，利用這次的研究來瞭解變壓器的運作原理，進一步探討市面上各式品牌的變壓器是否有待改善的地方？並試著找出解決方法、改良變壓器，讓我們在使用電子產品時可以更安心。

### 貳、研究目的

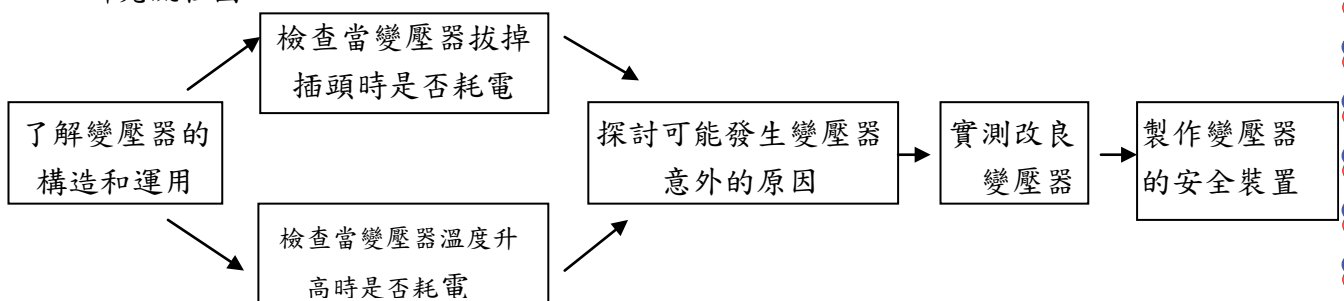
- 一、了解變壓器的構造和運作方式。
- 二、認識變壓器的高溫對環境及人體之可能影響。
- 三、觀測電器在插入與拔除電源時，變壓器耗電的情形。
- 四、探究變壓器在不同溫度下的電流變化。

### 參、研究設備與器材

- 一、實驗器材：各式變壓器\*12、實驗電器\*2、三用電表、電流鉤表、溫度計。
- 二、製做材料：Arduino 控制板、電腦、溫度感應器、麵包板、傳輸線、電阻、電控開關、繼電器
- 三、一般工具：斜口鉗、剝線鉗、橡皮手套、美工刀、絕緣膠帶、紅外線溫度計、風扇

### 肆、研究過程與方法

一、研究流程圖：

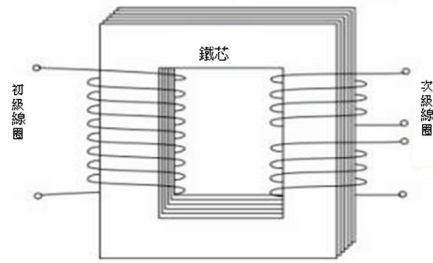


## 伍、研究結果

### 一、現況研究與文獻探討：

#### (一)變壓器的構造

變壓器的構造是由鐵芯和繞在鐵芯上的兩組線圈組成，輸入交流電的線圈稱為初級線圈或主線圈；輸出交流電的線圈稱為次級線圈或副線圈。基本原理是利用交流電電流的磁效應與電磁感應來設計。



【圖一】變壓器構造簡圖

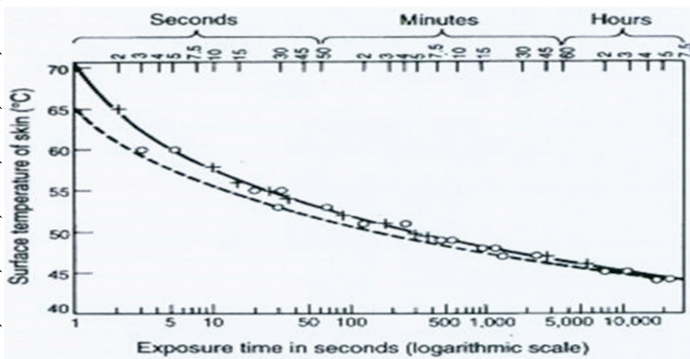
#### (二)變壓器的運作方式

- 第一步**：交流電源產生電，傳輸到初級線圈，交流電的電場不斷改變，因而產生了磁場。
- 第二步**：磁場的改變經由鐵芯，傳輸至次級線圈。
- 第三步**：因磁場不斷改變，而產生了電場。
- 第四步**：次級線圈的電場因為線圈密度比的不同，而改變電壓並輸出。

#### (三)瞭解人體皮膚對高溫的承受程度

曾有醫學研究顯示，人體皮膚細胞在 45°C 溫度暴露達一個小時就會壞死；若暴露於 49°C 10 分鐘或者 52°C 達 2 分鐘，則導致整層皮膚的壞死。雖然溫度只提升 3°C，但產生三度燒燙傷的時間卻大幅縮短了八分鐘。當至 60°C 時只要 5 秒皮膚就會燙傷；而達 70°C 溫度時，甚至只要 1 秒鐘的接觸就足以造成燙傷了。兒童的皮膚較成人薄，所以燙傷發生的時間會來得更短。當溫度高於 55°C 時，小朋友發生燙傷的時間只需成人受傷所耗時間的 1/4 至 1/2 而已。

【圖二】皮膚表面溫度與受熱時間的關係圖



#### (四)造成電器及變壓器故障或異常的可能原因

綜合文獻，造成電器/變壓器故障或異常的原因通常有以下幾點：

1. 不正確使用電器，出現短路或負荷過重的情況。
2. 電器使用完畢後，不拔電源插頭，使電器局部通電，長時間蓄熱引起電器或變壓器故障。
3. 電源線容量不足，絕緣材料老化、劣化。

#### (五)電器變壓器可能是火災事故的發生原因

根據 2011 年的統計資料顯示，醫院火災事故發生原因主要為電器意外，其中前三名的火災肇因分別是「電器使用不當」、「電線走火」、「設備故障(包含鍋爐、空調、變壓器等)」。變壓器運作時會發熱，是因為在進行電磁電的能量轉化過程中，產生一定的能量損耗。如果變壓器的線圈在製作或使用過程中受到損傷，影響絕緣能力，在長時間通電後就可能發生線圈短路。這種局部短路一旦發生，電流通過量就增大，並加快變壓器發熱。變壓器的溫度升高後就可能會加速損壞絕緣材料，往往使得線路上的保險絲無法及時斷開。當發熱溫度升高到足以引燃絕緣材料時，變壓器就會開始燃燒。因此，若老舊或故障的變壓器長時間通電，就會容易有引發火災的可能。

## (六)正廠與山寨版的變壓器品質的差異

曾有網頁專文分享，內容旨在探究某知名品牌的平板變壓器與仿冒變壓器的比較。文中表示，該品牌的變壓器曾發生使用者在充電時起火、甚至觸電身亡的不幸案例。為此，該文作者將原廠變壓器與副廠山寨仿冒品拆解開後，檢視各別的内部構造；結果發現二者的内部零件與產品處理技術有很大的差異，因此得到「副廠仿冒品的品質較差，較容易發生變壓器損毀或火災意外」的推論。

### ➤ 二、實驗操作：

#### (一)實驗一、變壓器耗電量實驗

##### 1. 實驗步驟

(1)將電器樣品變壓器的電源線剪開

(2)插入電源，將電流鉤表夾在剝開的電線上測得變壓器的電流

(3)拔掉電源，將電流鉤表夾在撥開的電線上測得變壓器的電流



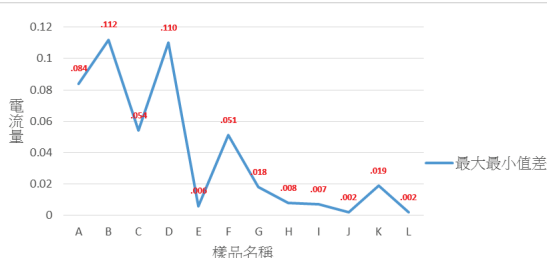
##### 2. 實驗樣品



##### 3. 實驗數據及分析【表一】電器正常供電下，變壓器的電流量變化及差距

電流單位：安培(A)

樣品名稱	樣品A	樣品B	樣品C	樣品D	樣品E	樣品F
電流量	.586~	.659~	.595~	.235~	.052~	.665~
最大最小值差	.670	.771	.649	.345	.058	.716
樣品名稱	樣品G	樣品H	樣品I	樣品J	樣品K	樣品L
電流量	.766~	.390~	.782~	.110~	.026~	.077~
最大最小值差	.784	.398	.789	.112	.045	.079
最大最小值差	.018	.008	.007	.002	.019	.002



註：電器電源供電（變壓器正常供電）時，變壓器樣品B(.112)和樣品D(.110)的電流量差距最大；樣品J和樣品L差距最小(皆為.002)，此實驗推測，電流量測量值差距越小的變壓器，對電器的供電就能越加穩定。

【表二】電器未供電，變壓器正常供電是否有電流通

樣品名稱	樣品A	樣品B	樣品C	樣品D	樣品E	樣品F
有無電流	○	○	○	○	○	○
電流量	.010	.009	.013	.016	.002	.012

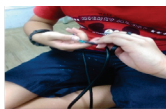
樣品名稱	樣品G	樣品H	樣品I	樣品J	樣品K	樣品L
有無電流	○	○	×	×	×	○
電流量	.008	.013	0	0	0	.002

註：拔掉電器電源輸入端，只供電給變壓器時；打○者為有電流通過，打X者為無通過電流。樣品A、B、C、D、E、F、G、H、L都有電流通過；樣品I、J、K則沒有電流通過(實測值皆為0)，本實驗旨在推定：在未供電的狀態下，無電流通過的變壓器較為穩定。

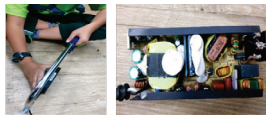
電流單位：安培(A)

(二)實驗二:研究不同溫度下的變壓器電流量變化

1. 實驗步驟



(1)將電器樣品變壓器的電源線剝開



(2)將變壓器拆開並檢視內部構造



(3)插入電源，使變壓器逐漸升溫，使用紅外線測溫槍，測量每5分鐘變壓器的內、外部溫度變化



(4)同時，將電流鉤表夾在剝開的電線分別測得變壓器內、外部的溫度以及的電流量



樣品A



樣品B



樣品C

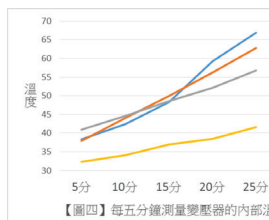


樣品D

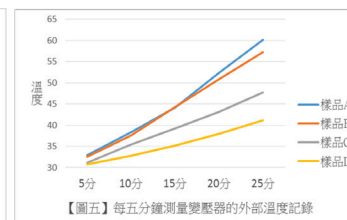
3. 數據及結果分析

【表三】每五分鐘測量變壓器的內、外溫度記錄

樣品名稱	溫度及電流	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘
樣品 A	內部溫度	38.4	42.4	48.4	59.2	66.9
	外部溫度	32.9	38.4	44.2	52.5	60.2
	電流量	.773-	.733-	.730-	.800-	.826-
樣品 B	內部溫度	38.0	44.1	49.9	56.2	62.8
	外部溫度	32.8	37.6	44.3	50.9	57.2
	電流量	.811-	.823-	.828-	.832-	.839-
樣品 C	內部溫度	40.9	44.6	48.6	52.2	56.8
	外部溫度	31.1	35.4	39.2	43.2	47.7
	電流量	.769-	.763-	.773-	.753-	.740-
樣品 D	內部溫度	32.3	34.1	37	38.5	41.6
	外部溫度	30.8	32.8	35.2	38.0	41.1
	電流量	.249-	.250-	.250-	.256-	.263-



【圖四】每五分鐘測量變壓器的內部溫度記錄



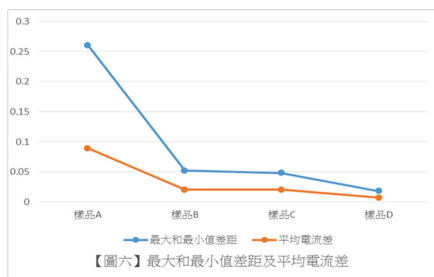
【圖五】每五分鐘測量變壓器的外部溫度記錄

溫度單位：攝氏/度(°C) 電流單位：安培(A)

註：輸入電源後，每五分鐘測量一次溫度(包含不同的內、外部溫度)及電流變化。從圖表可得知：(1)持續供電25分鐘後，樣品A的內、外溫最高，內溫達66.9°C、外溫60.2°C，樣品D的內、外溫最低，分別是41.6°C、41.1°C。(2)樣品A為某副廠的變壓器，根據使用者提供的使用狀況及心得，樣品A的溫度經常在高溫狀態，可以推測其溫度的隔絕控制較差；而樣品D為知名廠牌的正廠變壓器，使用時溫度在中高溫左右，對溫度的隔絕控制較其他樣品佳。

【表四】最大和最小值差距及平均電流差

樣品名稱	最大和最小值差距	平均電流差
樣品A	.260	.089
樣品B	.052	.020
樣品C	.048	.020
樣品D	.018	.007



【圖六】最大和最小值差距及平均電流差

註(1)樣品A的平均電流差最大(.089)，樣品D的平均電流差最小(.007)。(2)樣品A的最大和最小電流量差距值最大(.260)，樣品D差距值最小(.018)。(3)綜合上述結果，推測樣品A變壓器穩定性較低，樣品D變壓器的穩定性則相對為高。

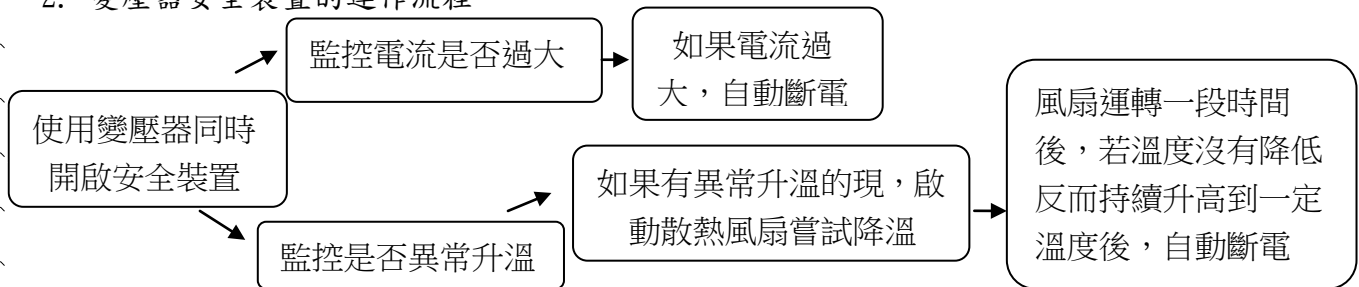
### (三) 實驗三：設計監控異常變壓器的安全裝置

#### 1. 變壓器安全裝置的設計概念

因為學習開放原始碼的單晶片微控制器 Arduino 課程的關係，讓我對電子電路和電子零件有了基礎的認識。Arduino 控制板相當於中央控制，能簡單地與感測器、各式各樣的電子元件，如 紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達…等件連接，我將撰寫完的程式輸入並儲存在控制板內。

我設計的 Arduino 變壓器裝置的設定是：「當變壓器異常升溫時，會先啟動散熱風扇，如果風扇運轉一段時間後，變壓器溫度沒有降低反而持續升高的話，裝置將透過繼電器直接將開關斷開」。另一設置是檢測異常電流，「充電時若變壓器電流超過 0.8 安培，繼電器也會自動斷電」。







#### 2. 變壓器安全裝置的運作流程



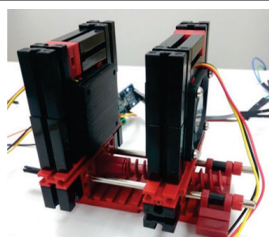
#### 3. 變壓器安全裝置的硬體功能

以 Arduino 控制板為主，擴充設置散熱風扇及溫度顯示 LCD，變壓器的溫度及電流會顯示在 LCD 上，由此可直接測得變壓器的溫度和電流變化；繼電器模組則是當溫度或電流異常時的斷電設置。

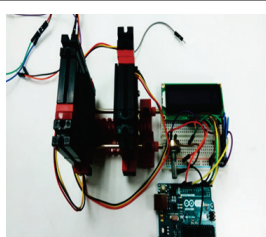
【表五】主要裝置簡介

裝置名稱	功能簡介	圖片
Arduino 控制板	Arduino 控制板相當於中央控制，可將撰寫好的程式輸入並儲存於控制板內。	
散熱風扇	於變壓器溫度過高時，啟動的散熱風扇。風扇設置兩個，提升有效降溫的功能。	
LCD 顯示器	用來顯示變壓器的溫度及電流，可以隨時監控兩者的變化狀況。	
溫度感應器	用來偵測溫度，且於變壓器發生異常升溫(大於 65°C)時傳送警告	
檢流模組	用來偵測電流，且於發生電流超量(大於 0.8 安培)時傳送警告。	
繼電器模組	發生異常升溫或電流超量時，控制自動斷電的裝置。	

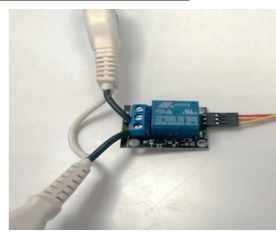
### (四) 實驗四：實測變壓器安全裝置-溫度及散熱風扇效率檢測



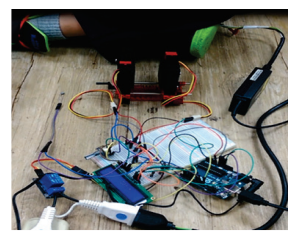
【圖七】風扇裝置設計



【圖八】風扇與 LCD

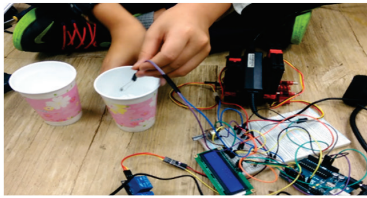


【圖九】繼電器模組設計

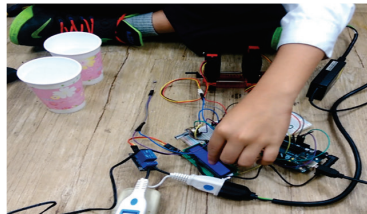


【圖十】成品實測

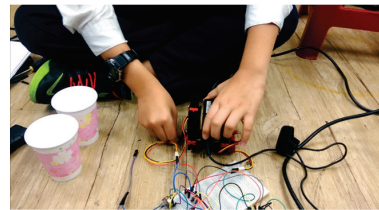
## 1. 實驗步驟：



(1) 先以溫度感應器(熱敏電阻)測試裝置是否可行



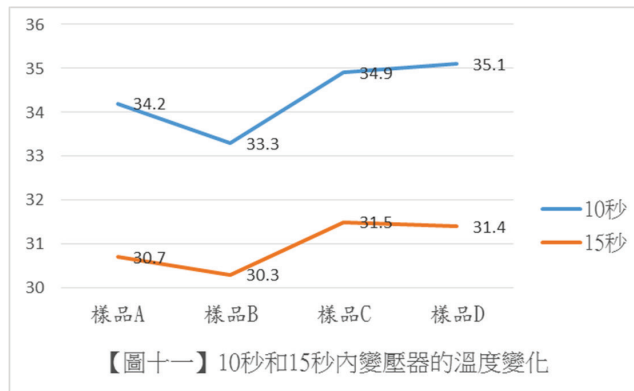
(2) 將變壓器插上電源，等待變壓器升溫到40°C



(3) 變壓器升溫到40°C後，啟動風扇分別等待10秒、15秒，記錄下兩個時間內的溫度

【表六】10秒和15秒內變壓器的溫度變化

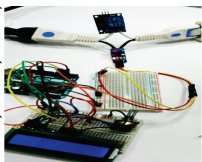
時間	樣品A	樣品B	樣品C	樣品D
10秒	34.2	33.3	34.9	35.1
15秒	30.7	30.3	31.5	31.4



註：

- (1) 透過散熱風扇裝置，可於15秒內有效降低至少6°C。
- (2) 變壓器溫度過高時，繼電器準確控制開關自動斷電。

## 實驗五：實測變壓器安全裝置-電流檢測實驗



安全裝置除了可以檢測溫度外，另一功能是檢測電流。除了溫度有可能造成異常外，不穩定的電流也會產生異常，因此使用檢流模組檢測變壓器每10秒鐘的電流變化，持續檢測1分鐘。

【表七】每10秒鐘變壓器的電流變化

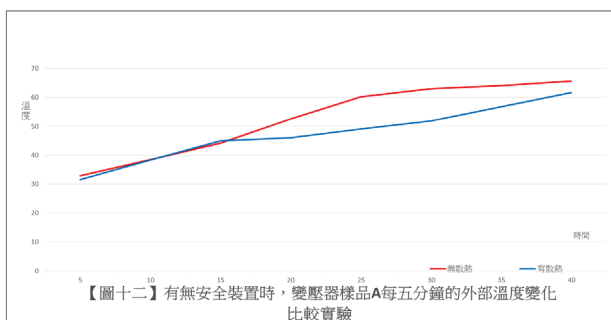
電流單位：安培(A)

時間	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
電流量	.586~	.659~	.595~	.235~	.052~	.665~
	.670	.771	.649	.345	.058	.716

## (六) 實驗六：每隔 5 分鐘變壓器 A 的溫度變化

【表八】每隔5分鐘變壓器A的溫度變化

時間	5	10	15	20	25	30	35	40
無散熱	32.9	38.4	44.2	52.5	60.2	63	64.1	65.7
有散熱	31.5	38.3	44.9	46	49.1	51.8	56.7	61.6



註：由檢流表測得的數據得知，筆電變壓器充電時.5安培左右進行充電，假設變壓器內部老舊，導致電流量過大，此時檢流模組偵測到的電流，如果超過0.8安培，就會自動斷電，保護電線因電流異常而導致電線燃燒造成的危險。

註：我們以所有變壓器樣品中，外部溫度最高的樣品A來進行安全裝置的降溫實驗當變壓器外部溫度達到45°C時，安全裝置啟動風扇提供輔助散熱的功能，並於每間隔五分鐘進行溫度記錄

## 陸、討論

- 一、根據文獻以及實際檢測結果，發現市面上不同款式或廠牌的變壓器雖然效能尚稱穩定，但在實驗中仍檢證得知：山寨版或副廠變壓器的穩定性相對原廠為差，在使用上需要考量較多安全性的問題。而原廠變壓器會擁有較佳的材質使用、絕緣設計，和較細緻的處理技術以提升輸出品質，過濾掉不必要的電流雜訊，安全性較高。
- 二、實驗一的變壓器耗電量而言，實驗結果顯示不管是原廠還是副廠的變壓器，部分變壓器在拔掉電器電源輸入端時，還是會有電流通過，如果能使用變壓器安全裝置系統，就可以非常放心地使用變壓器了。
- 三、實驗過程中，研究者遇到了很多因變壓器內部構造或相關原料使用、製作技術而無法解決的問題。例如某些知名品牌的變壓器，充電時的電流都非常穩定，且通電後也不會有電流竄出的現象，因此我推斷此品牌的變壓器及其周邊設備都做了非常優異的設計和保護裝置，是一般大眾無法輕易獲知的商業機密。
- 四、因市面上的變壓器價格不低，且有品牌的變壓器價格又普遍偏高，導致高價精良變壓器取得不易、樣品數量受限，如果後續的研究者和實驗能夠採樣更多樣品，結果或許將更精確。

## 柒、結論

- 一、從變壓器構造與運作原理的認識，理解變壓器可能引發的用電問題與危險，進而發想、創造出多功能的變壓器安全裝置，希望能成為此類災險的解決之道。
- 二、人體皮膚無法在  $45^{\circ}\text{C}$  的溫度下承受超過一小時；而在更短時間內，如果皮膚暴露或接觸  $50^{\circ}\text{C}$  至  $70^{\circ}\text{C}$  的溫度，則可能很快且不自覺的就造成了低溫燒燙傷的危險；因此，變壓器安全裝置有很大的產品優勢。
- 三、在正常供電狀況下，變壓器電流差距越小、耗電越少，變壓器就較穩定；而拔掉電器電源輸入端、供電給變壓器時，若無電流通過的變壓器也是相對穩定的。
- 四、在正常供電狀況下，變壓器會持續升溫，溫度越高所需的電流越大。因此電流越低、最大/最小電流差距越小，變壓器的溫度也較低、較穩定。
- 五、我的 Arduino 變壓器安全裝置的最重要設計主體是「溫度與電流的偵測模組」，可以在 LCD 上顯示目前的溫度與電流，並達到分別偵測、監控變壓器異常溫度與電流狀態的功能；除了設定啟動降溫的散熱風扇外，更進一步地可在發生異常升溫或電流過大的狀況時，透過繼電器模組完成自動控制斷電的功能。

## 捌、參考資料

- 一、拔插頭真的會省電嗎？(2016年2月2日) · 台北市 · 經濟部：經濟部能源局網站 · 取自 [http://web3.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/Content.aspx?menu\\_id=462](http://web3.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/Content.aspx?menu_id=462)
- 二、火災爆炸篇 認識火災 (1999) · 台北市 · 內政部：中華民國內政部消防署全球資訊網 · 取自 <http://www.nfa.gov.tw/main/Unit.aspx?ID&MenuID=378&ListID=129>
- 三、刂议家用电器火灾原因及预防技术 (2011年5月15日) · 星论文网 · 取自 <http://www.starlunwen.net/dianzidianlixitonglilun/103285.html>
- 四、張雅雯 (2012年10月23日) · 醫院火災 98 件，電器意外最多 · 華人健康網 · 取自 <https://www.toplhealth.com/Article/8872>
- 五、陳梅賜 (2007年12月13日) · 變壓器故障引起火災探討 · 內政部消防署消防影音新聞台 · 取自 <http://enews.nfa.gov.tw/issue/961213/images/case.htm>
- 六、孙姗姗 (2014年10月2日) · 危險根源 揪出家用电器火灾罪魁祸首 · 万维家电网 · 取自 <http://ac.ea3w.com/145/1455617.html>
- 七、孫一峰 (2015年6月29日) · 燒燙傷治療(六)傷口評估：溫度與時間的關係 · 愛美 · 醫學院 孫一峰醫師網誌 · 取自 [http://sunifeng.blogspot.tw/2015/06/blog-post\\_45.html](http://sunifeng.blogspot.tw/2015/06/blog-post_45.html)
- 八、文兆麟、司徒韋同、劉柏麟 (2015年7月5日) · 港首宗 iPhone6 Plus 爆炸 果迷用 iPad 充電器又電被巨響嚇醒救火 · 香港蘋果日報 · 取自 <http://hk.apple.nextmedia.com/news/art/20150705/19209078>

# 得獎感言

這次的科展，我花了將近整整一年的時間籌畫，原本連我總共有3個同學要共同做研究，但是，在一開始尚未選定題目時，就有一位同學自動退出，好景不常，正要開始真正研究題目時僅存的另一位夥伴也放棄做研究選擇退出。



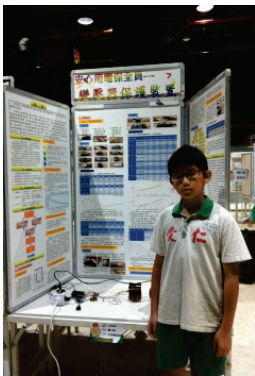
這時媽媽很慎重地問我：你要選擇繼續完成你的科展研究嗎？我毅然決然地說：要。之後，一路上有媽媽的鼓勵、潘滢方老師和我的電腦程式



設計老師的協助，幾乎有半年多的時間，我每周都戰戰兢兢，只要完成我的課業所餘的時間，我幾乎都是沉浸在電腦教室內鑽研我研發的組裝作品跟程式研究，變壓器控溫裝置組裝完成後就要擔心研究數據報告方向是否正確，寫出來的程式是否可以符合研究內容，還有網路搜尋的資料是否屬實，可以合理解釋我要完成的這份科展的實驗研究是否值得探討。整個過程中因為是獨立研究，雖然非常辛苦。但是，也因為



是獨立研究，任何事情沒有退路，只能硬著頭皮往前衝，該學的要自己學，該動手的要自己來，以往要上台獨立演說12分鐘對我來說真是一大難事，可是在這次參加校內科展比賽時我做到了，也因為有前面的經驗，讓我在這次參加北市賽時可以獨自從容的面對多位評審教授而不驚慌且可以侃侃而談我的作品。經過這一年來的研究過程，著實讓我獲益良多。且經過這次的研究我不但了解到各種不同感應器的電路，也讓我知道了各種感應器的程式寫法。最重要的是，這次的研究讓我更知道如何製作報告、如何整理分析資料等。另外，這次的研究也讓我怎麼應對評審的各種挑剔磨難的問題、怎麼在報告時表現的自然大方等等。



在此，我最感謝我的指導老師潘滢方老師在我的所有報告過程中，給了我非常多的助益以及在我所有的比賽過程中全程陪伴我，給我加油打氣。也非常感謝我的電腦程式指導老師在程式上以及所有實驗上給了我非常有用的建議，也很感謝丹丹老師在我要去參加比賽時都會給我愛的小鼓勵，當然，最最感謝的是我的媽媽，有她在背後默默的支持我，容忍我，我



才能完成這次的科展作品～安心用電保全員—變壓器保護裝置，且得到優等的滿意成績。