

2023 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100028

參展科別 工程學

作品名稱 無線你的無限--無線電力傳輸效能的改善

得獎獎項

就讀學校 彰化縣立陽明國民中學

指導教師 蔡名峯、陳炳彰

作者姓名 黃柏翰、蔡奉均

關鍵詞 電磁感應、諧振線圈、軟鐵

作者簡介



大家好,我們就讀陽明國中，在學校科展社中，我們是抱持著好奇心跟不斷探究的精神，來做出本次的研究。我們很高興能在此遇到那麼好的老師，還有那麼好的實驗器材讓我們能夠做出相當好的研究報告及數據。藉由這次的科展，讓我們知道了探究的方法還有做實驗的研究精神，我們的創作還有再繼續延續下去，接受許多教授的建議及指導，我們將再接再厲，繼續精進，一直持續改善讓作品更完善，也成功的做出了許多的創意成果。

摘要

無線傳電是非常新穎的創舉，但卻沒有人用簡單且便宜的方法來改善傳輸效率不佳的問題。在主線圈加入軟鐵後，輸入和輸出的功率比從 52% 增加到 70%，大大減少無線傳輸能量損耗，且若次線圈再加入諧振線圈，則功率比可從 52% 再增加到 80%，這是一個重大發現。在主線圈加入軟鐵實際無線充電之效果是：充電到 10mAh 時間從 9 分 32 秒縮短到 5 分 23 秒，減少 3 分 51 秒，效率提升 40%。在次線圈加入諧振電路對實際無線充電之效果是：大大提升次線圈原本輸出功率約 3.8 倍，且主線圈加入軟鐵後，充電時間又再縮短 20%。由實驗最佳數據，本組設計了無電池風扇並結合 3d 列印及雷射切割技術，使研究結果商品化，只需插上電源就可以使用。

Abstract

Wireless transmission is a very novel invention, but no one uses simple and inexpensive methods to improve the problem of poor transmission efficiency. When we place manganese zinc inside the main coil, the input and output of the power can be increased from 52% to 70%, which can be decreased the waste of power considerably. Besides, if we add another resonance coil on the second coil, the power ratio can even be elevated from 52% to 80%, and this is a major breakthrough. When we place a manganese zinc inside the main coil, the concrete effect of charging is that the time to charge until 10mAh can be shortened from 9 minutes 32 seconds to 5 mins 23seconds. This way, the time can be reduced 3 minutes 51 seconds, and the power ratio can be increased about 40%. And when we add a resonance coil on the second, it can significantly be increased about 3.8 times of the original output power. Last but not last, if we put both together, the charging time can be shortened by 20%. By using our best experimental data, we design a fan without batteries and combine with 3D printing and laser cutting technology. By plugging in the power, the fan can be used and can make our research result commodificated.

壹、研究動機

生活中的許多小型可攜式電子產品，帶給人們使用上的實用性與方便性，然而，電子產品若要充電時，各式充電器便散布在電源的插座或擴充式插座上，電線雜亂且接頭規格沒有統一的麻煩。記得在國小的自然課本中就曾學過“**電磁感應**、**電流**與**磁場**的交互作用”的原理，為了探索這魔法般的電與磁的應用，本組先參考網路影片及參考既存的研究文獻，來探究無線傳輸的方法及效率為何，並找尋提升**效率**的方法。

無線傳輸的工作原理，即是利用**法拉第定律**的**電磁感應**，當電流通過線圈便會產生磁場，磁場變化通過主線圈和次線圈而感應產生電流，就能將電力從發射端轉移到接收端，但是本組在研究無線傳輸的時候，發現好像一直人沒有去了解及改善傳輸**效率**有多少，反而一直去加大發射端的電壓及電流，於是本組在實驗中**主線圈**加入**軟鐵**後，功率比從**52%**增加到**70%**，大大減少無線傳輸能量損耗，且若**次線圈**再加入**諧振線圈**，則輸入及輸出的**功率比**可從**52%**再增加到**80%**，非常有效的減少能量損耗，這是一個**重大發現**。對於地球能源愈來愈少的情況下，於是本組就以研究能減少能量損失的方法，相對這樣節能的方法是一種對地球的環保盡一份心力。

貳、研究目的

本研究目的在於改善無線電力傳輸**效率不佳**的問題，針對這個問題，本組先參考既存的研究文獻，瞭解和蒐集既有的研究成果，分析無線傳輸的架構及影響效率的因素，再設計改善之方法，經由實驗證明本組所改善的效果。以下為本組的研究流程：

一、探討 MOSFET 振盪電路中主線圈線徑對磁力輸出及次線圈匝數對輸出電壓之影響

- (一) 探討 MOSFET 振盪電路主線圈線徑對磁力輸出影響及次線圈匝數對輸出電壓之影響
- (二) 測試主線圈輸入不同**頻率**對**次線圈**匝數感應輸出電壓之影響，並找出最適合的本電路線圈之**頻率**及**次線圈匝數**。

二、探討次線圈匝數對輸出電壓及電流之影響。

三、研究增加無線傳輸效率之方法。

- (一) 主線圈不同軟鐵排列方式對無線傳輸效率之影響
- (二) 主線圈或次線圈加入軟鐵對無線傳輸效率(輸出功率/輸入功率)功率比之影響
- (三) 主線圈加入不同直徑軟鐵對無線傳輸磁力及輸出電壓之影響
- (四) 主線圈加入軟鐵對實際無線充電之影響
- (五) 主線圈加入軟鐵及次線圈加入諧振電容對無線傳輸效率之影響
- (六) 主線圈加入軟鐵及次線圈加入一組諧振線圈對無線傳輸效率之影響
- (七) 主線圈加入軟鐵和次線圈加入一組諧振線圈及軟鐵對無線傳輸效率之影響
- (八) 探討漆包線線圈材質改為利茲線對無線傳輸效率之影響
- (九) 探討平面軟鐵個數對無線傳輸效率之影響

四、應用於直接無線供電風扇系統及其它應用

參、研究設備及器材

一、材料及設備

			
圖3-1 訊號產生器	圖3-2 數位示波器	圖3-3 各式電子零件	圖3-4 軟鐵

			
圖3-5 電源供應器	圖3-6 LCR表	圖3-7 漆包線	圖3-8 三用電表
			
圖3-9 高斯計	圖3-10 紙管	圖3-11 小風扇	圖3-12 無線喇叭

二、感應線圈之製作

			
圖 3-13 利用紙管繞成線圈	圖 3-14 分別平均在四個用膠帶固定，並用自粘標寫上匝數以免拿錯。	圖 3-15 主線圈匝:10 線徑:0.6、0.9、1.2、1.4mm 直徑:9cm	圖 3-16 感應線圈 匝數: 4~20 匝 線徑:0.6mm 直徑:9cm

肆、研究流程及方法與文獻探討

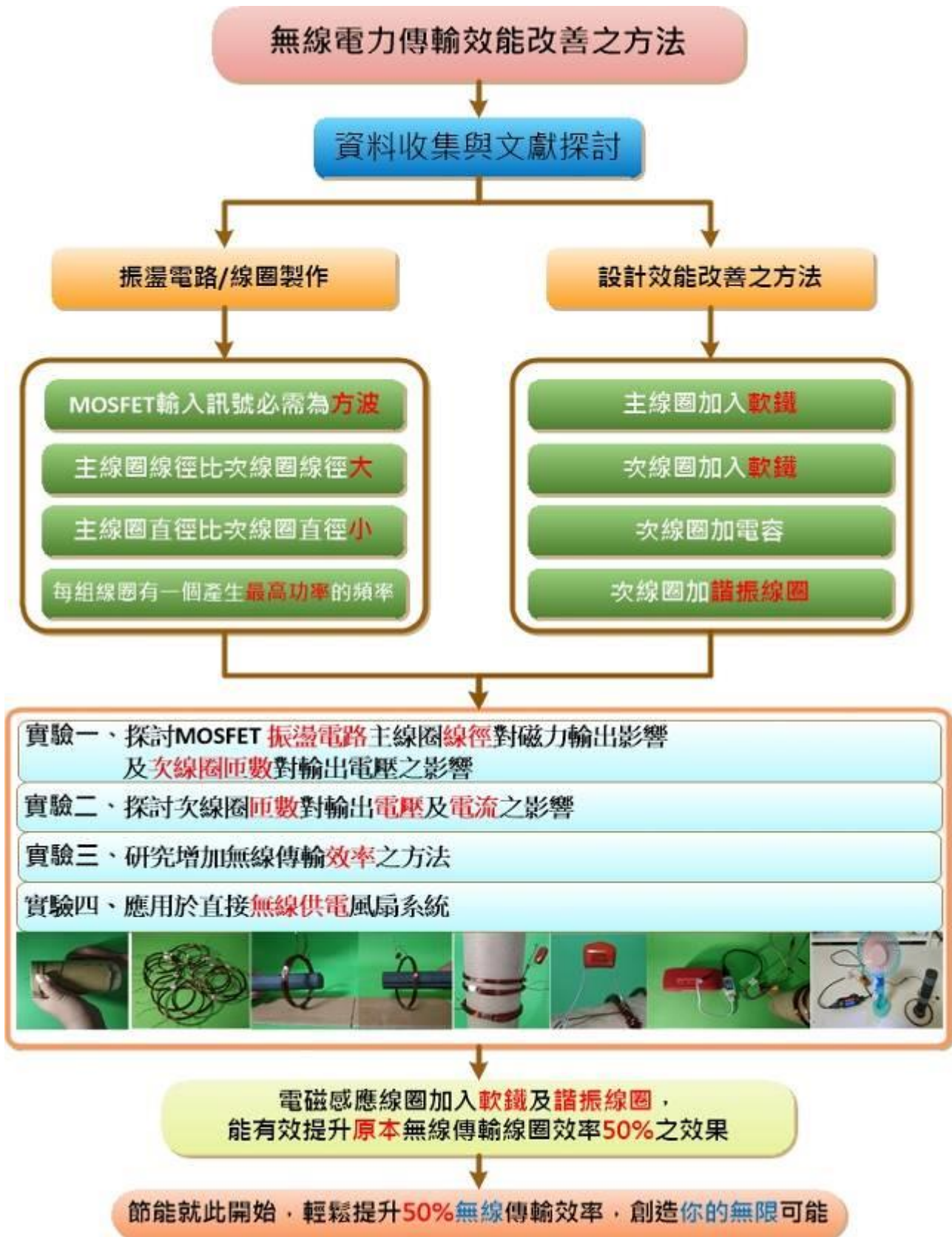


圖4-1 實驗研究流程圖

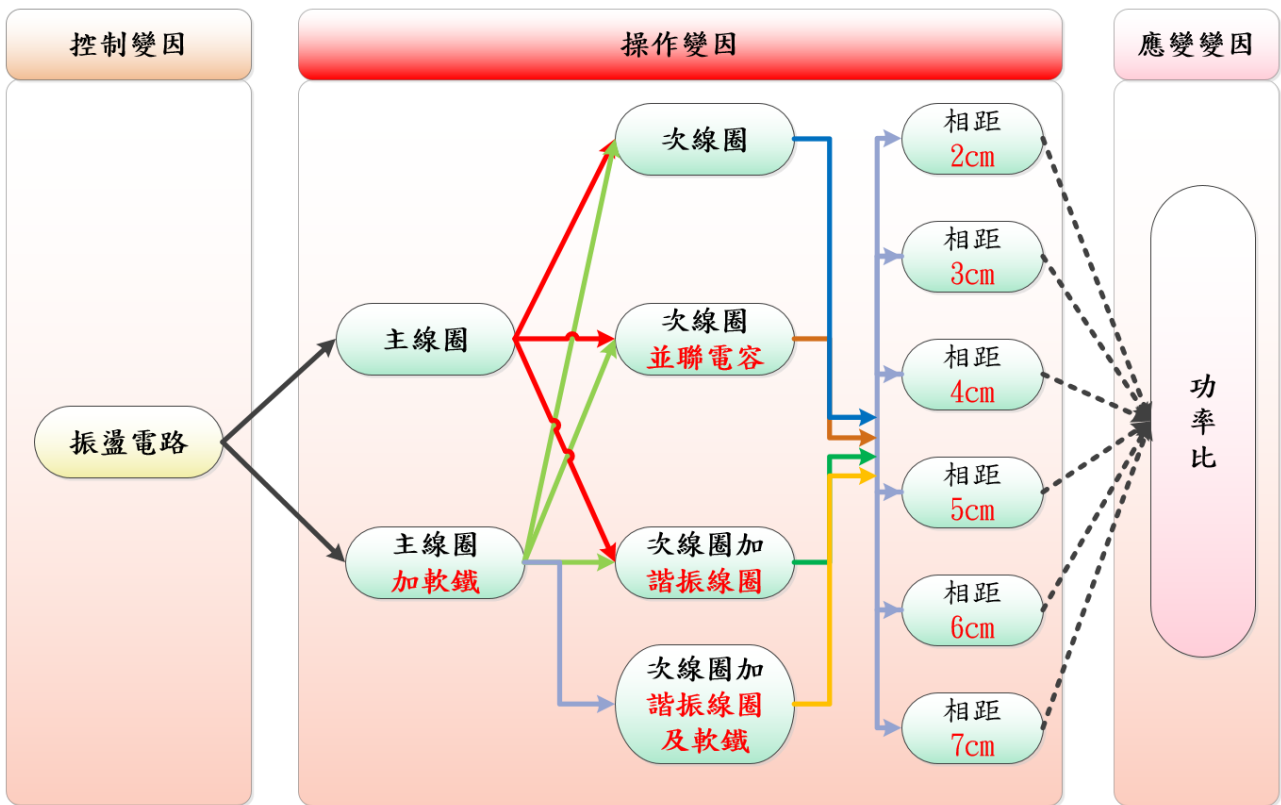


圖4-2 增加無線電力傳輸效率操作變因參數示意圖

在文獻探討及資料收集的過程中，發現所有研究中沒有人用簡單及便宜的方法去做無線傳輸效率改善，本組就在探討無線傳輸了解其工作原理後，發現其實就跟變壓器一樣，本組就試比較兩者的差異點只是在沒有軟鐵心的束縛。首先本組根據”第57屆低調也行-應用電磁感應原理探討低頻無線傳輸及無線充電之效能”[1]中的結論有以下幾點重點：

- 一、 MOSFET 振盪電路輸入訊號必需為方波，方波平均功率為正弦波的5.85倍。
- 二、 主線圈線徑比次線圈線徑大時接收端功率最高。
- 三、 主線圈直徑比次線圈直徑小時接收端功率最高。
- 四、 隨著每組線圈不同的電感，而使每一組線圈產生最高功率的頻率改變，因此在每一個實驗的每一組數據均有一個明顯的峰值。

無線傳輸電力其實相當於一個損耗較大的變壓器，圖 4-3 變壓器為了減少磁損耗，在兩

個線圈之間加了鐵芯(軟鐵)，其實互感並不需要鐵芯，只是鐵芯可以減少磁損耗。當沒有鐵芯時，兩線圈同樣可以發生互感，就像是無線充電一樣。

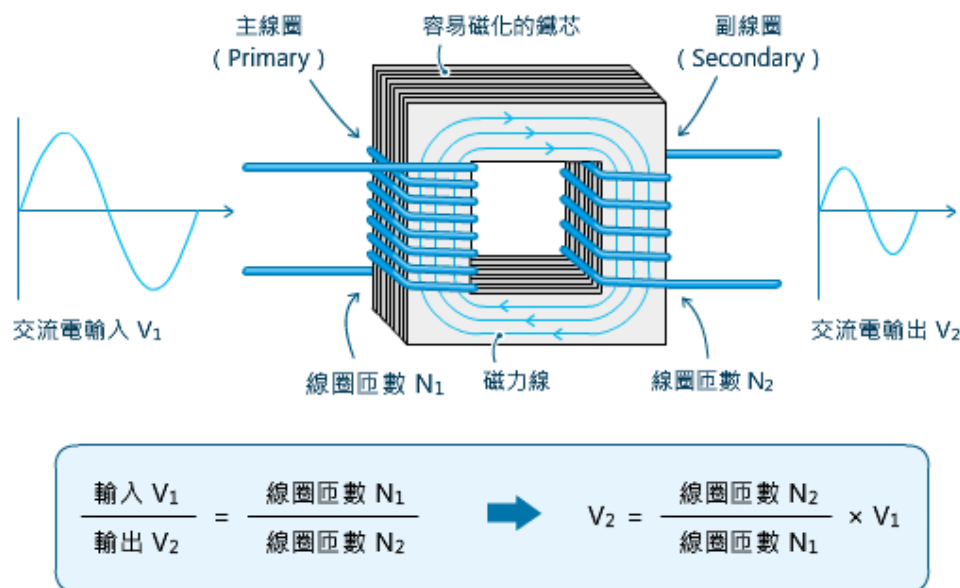


圖 4-3 變壓器的原理(取自 <https://swf.com.tw/>官網)

如果在線圈內插入一軟鐵心便成電磁鐵，當圖4-4(a)線圈未通以電流時無磁性，但若通以電流，圖4-4(b)則軟鐵心被磁化後使線圈內磁性大為強，遠較單純線圈或天然磁石的磁性大得多。

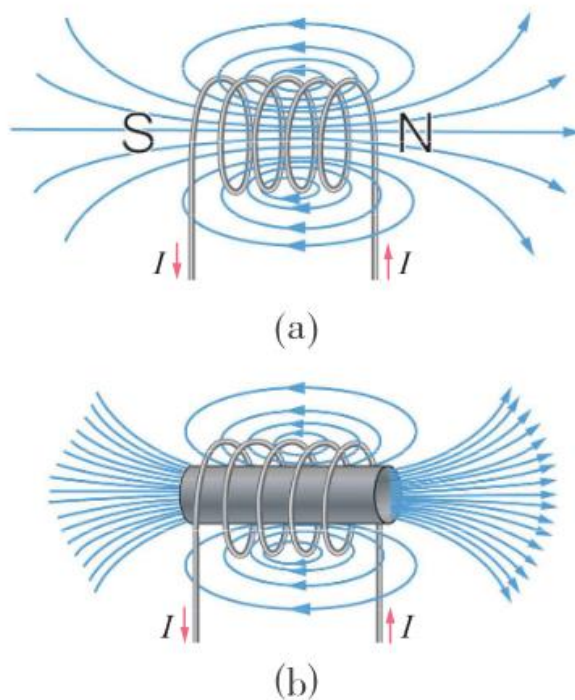


圖4-4(a)空心的線圈，圖 (b)插有軟鐵心的線圈

(取自翰林出版社高三物理(下)51頁)[2]

(電磁磁場 + 軟鐵磁場 = 磁場強度增強)

軟鐵是一種在磁場作用下非常容易磁化，同時取消磁場後又很容易退磁化的材料，本組

所使用的軟鐵是**錳鋅鐵氧體**，錳鋅鐵氧體是主要由鐵(Fe)，錳(Mn)，和鋅(Zn)3種金屬元素組成，是一種陶瓷材料，具有較高的**磁導率**、較高的飽和**磁感應強度**、較小的**矯頑力**，**磁滯損耗**小。一般在1千赫至10兆赫的頻率範圍內使用，相比於其他類型的磁性材料，鐵氧體的優點是高磁導率、良好的溫度特性、低衰減率及成本低等優勢。

表一、本組所用的錳鋅鐵氧體參數

起始導磁率	飽和磁感應強度	剩磁	矯頑力
800-1000 (H/m)	3200-4500 (A/m)	39 (mT)	26 (A/m)

在找尋資料的時候有看過這樣的一段話，美國化學學會(American Chemical Society, ACS)的研究就指出，手機無線充電盤運作時會持續發熱，耗損電池壽命。「效率**越高**，越**不會產生熱**。」[3]

2017年南臺科技大學副教授李宗勳在科技大觀園文章[4]有提到：“有研究建議於感應線圈兩端分別**串聯**或**並聯**電容器做為共振補償電路，以提升整體**傳輸功率**與**轉換效率**”。於是本組就再去找尋資料時，發現諧振電路中的LC串聯諧振是可以用來提升功率的。

高中基本電學下冊(全華)228頁[5]中有寫到：任何物體本身存有一**共振**頻率，當物體遇週期性的外力碰撞時，若外力的頻率與物體共振頻率相等，則物體本身會產生振動，稱此種現象為**諧振**。在此一觀念應用在LC串聯諧振電路中(圖4-5)，可利用電感器(L)及電容器(C)來完成**諧振**，當電容器與電感器儲存的能量相同時，其中一元件將能量釋放，而另一元件可以進行儲存(圖4-7)，反之儲存完成的元件再對另一元件釋放(圖4-8)，而理想的L及C **並不會消耗能量**。

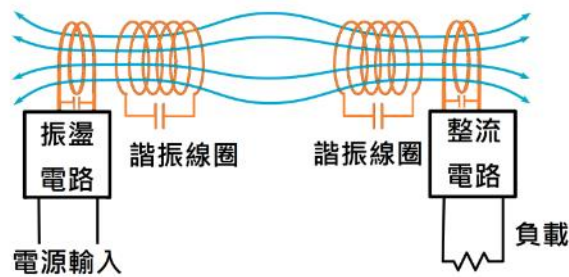


圖4-5 諧振電路(取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/諧振感應耦合>)

LC 串聯諧振電路

- (1) 總阻抗 $\bar{Z}_0 = 0$
- (2) 諧振電流 $I_0 = \infty$
- (3) 諧振頻率 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

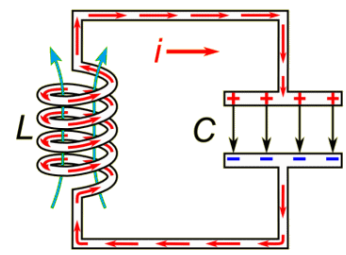
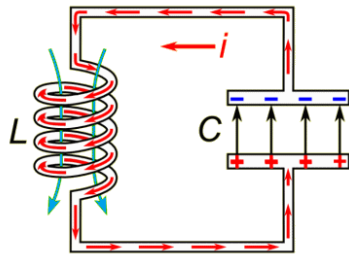


圖4-6串聯諧振電路特性

圖4-7電容放電、電感儲電

圖4-8電感放電、電容儲電

(取自全華出版社基本
電學下冊267頁)

(取自<https://zh.wikipedia.org/zh-hant/RLC電路>)

LC 諧振線圈是由短路電感和諧振電容組合。以次線圈的諧振頻率驅動主線圈時，使主與次線圈的磁場達到相位同步。結果因互磁通增加，在次線圈得以產生最高電壓，並且主線圈的銅損降低，發熱減少，效率相對提高。本組所使用的是**串聯諧振**電路，它的好處是”**有效距離長、效率高、精準調整匹配**”，適用於高功率無線充電系統。電容有一定的誤差值，本組使用**並聯**電容的方式調整**諧振**線圈可以很方便的修改匹配的電容值，達到最高的效率。

本組利用常見的電子零件MOSFET，使用一個IRFZ44N產生**振盪電路**如圖4-9所示，藉由一些參數(**頻率、次線圈的匝數**)改變觀察其對結果的影響，進而瞭解**振盪電路**的運作原理及驗證變壓器的理論。根據比較兩者的**差異點**在於**軟鐵**，為了探討線圈加入**軟鐵**對無線電力傳輸之影響，本組在分別在**主線圈**及**次線圈**加入**軟鐵**觀察其功率比之變化。為了實證改善的效果，本組進行了實際充電10mAh所需時間之比較，接下來在次線圈加入了諧振線圈或諧振電容，提升原本次線圈輸出功率，再一次測試充電10mAh所需時間之比較。

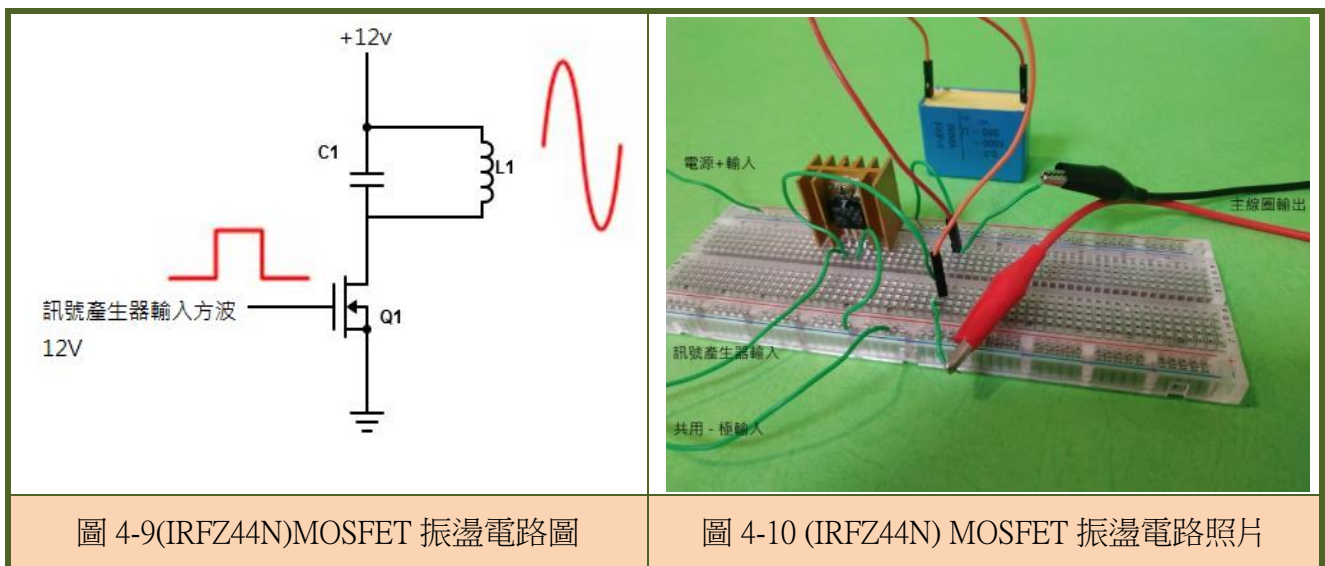


圖 4-9(IRFZ44N)MOSFET 振盪電路圖

圖 4-10 (IRFZ44N) MOSFET 振盪電路照片

一、探討 MOSFET 振盪電路主線圈線徑對磁力輸出影響及次線圈匝數對輸出電壓之影響

(一)、 測試主線圈線徑對磁力輸出之效果

材 料：電子元件、漆包線。

設 備：電源供應器、訊號產生器、高斯計。

實驗步驟如圖 4-11 所示,並將實驗數據(磁力值)紀錄下來。

主線圈線徑 0.6mm 10 匝直徑 9 cm 寬完成後，依序更換主線圈線徑為 0.9、1.2、1.4mm，分別測試訊號產生器頻率從 27 到 43 kHz 改變時主線圈產生的磁場變化情形。

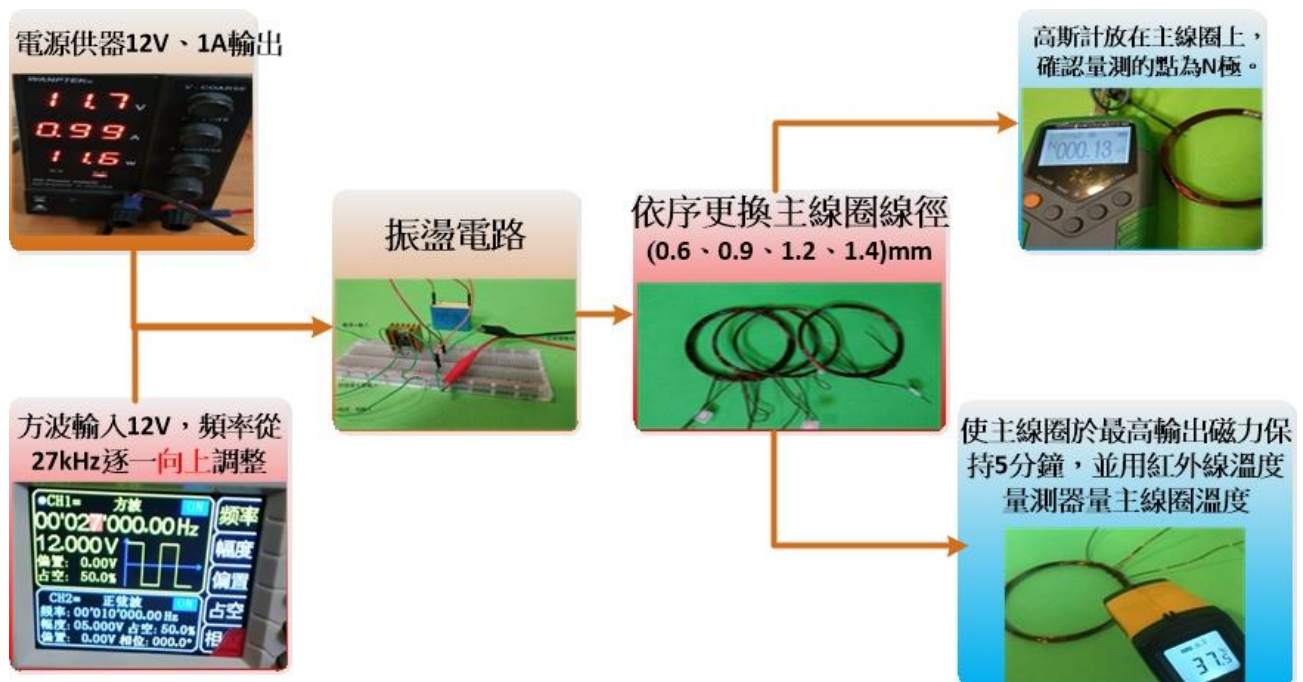


圖 4-11 主線圈線徑對磁力輸出之效果實驗流程圖

(二)、測試主線不同頻率對次線圈匝數電壓之影響

材 料：電子元件、漆包線。

設 備：電源供應器、訊號產生器、數位示波器。

實驗步驟如圖 4-12 所示,並將實驗數據(均方根值)有效電壓紀錄下來。

次線圈線徑 0.6mm 直徑 9cm 寬，依序更換次線圈匝數 (10、15、20)匝，分別測試訊號產生器頻率從 20 到 42 kHz 改變時次線圈輸出電壓的變化。

註明：主線圈為線徑 1.2mm 匝數 10 匝直徑 9cm 寬。

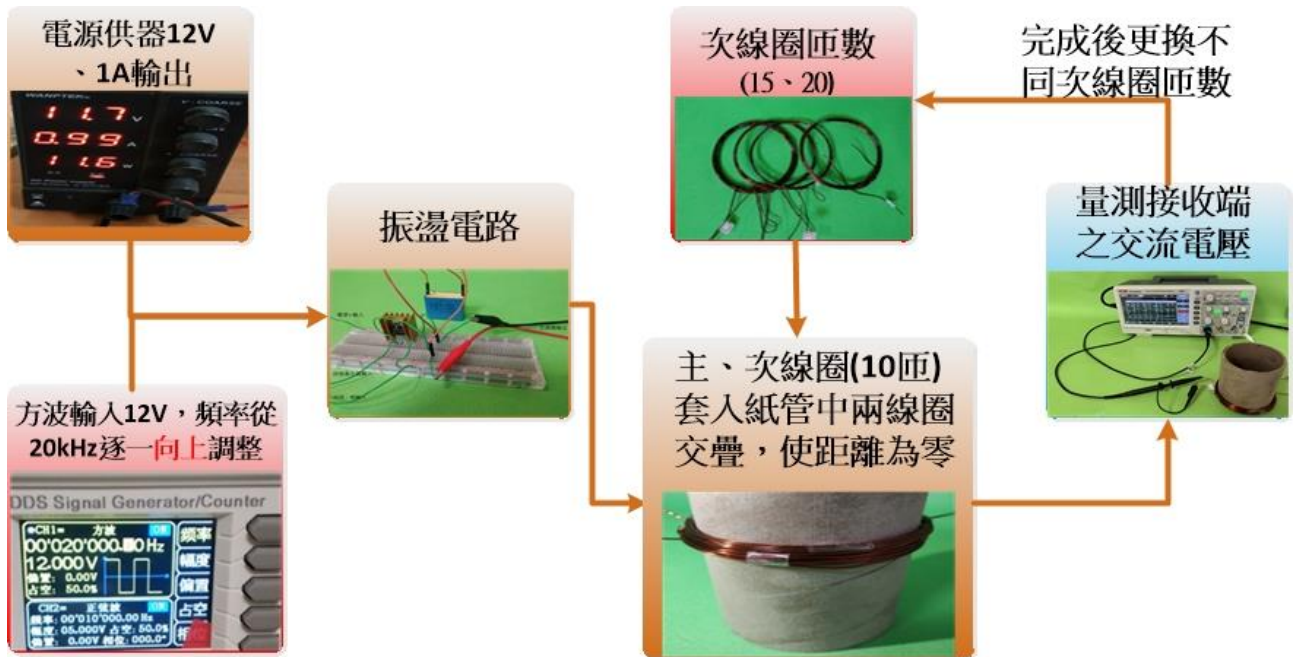


圖 4-12 主線不同頻率對次線圈匝數電壓之影響實驗流程圖

二、探討次線圈匝數對輸出電壓及電流之影響

材 料：電子元件、漆包線。

設 備：電源供應器、數位示波器。

實驗步驟如圖 4-14 所示,並將實驗數據(輸出電壓及電流)紀錄下來。

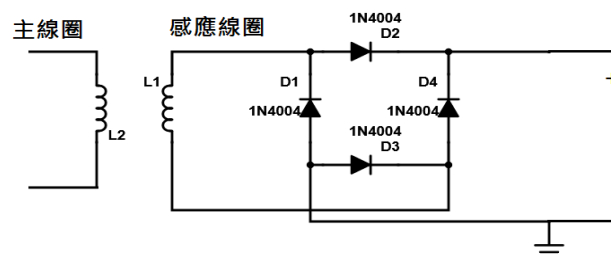


圖4-13 感應線圈轉橋式整流充電系統電路圖



圖 4-14 次線圈匝數對輸出電壓及電流之影響實驗流程圖

註明：此處量測電流是沒有負載的短路電流。

原理說明：

圖 4-15 輸入功率=輸出功率，匝

數比 $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$ ，所以匝數比

和電壓比成正比，匝數比和電流比成

反比。

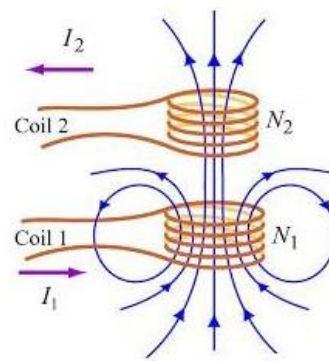


圖4-15 線圈感應關係圖 取自王茅復興(2019-02-05)。

寫在每日頭條。原文網址<https://reurl.cc/3oMy7X> [6]

三、研究增加無線傳輸效率之方法

(一)、主線圈不同軟鐵排列方式對無線傳輸效率之影響

將不同軟鐵的排列方式如圖4-16，依圖4-16實驗流程測量其磁力輸出及電壓變化。

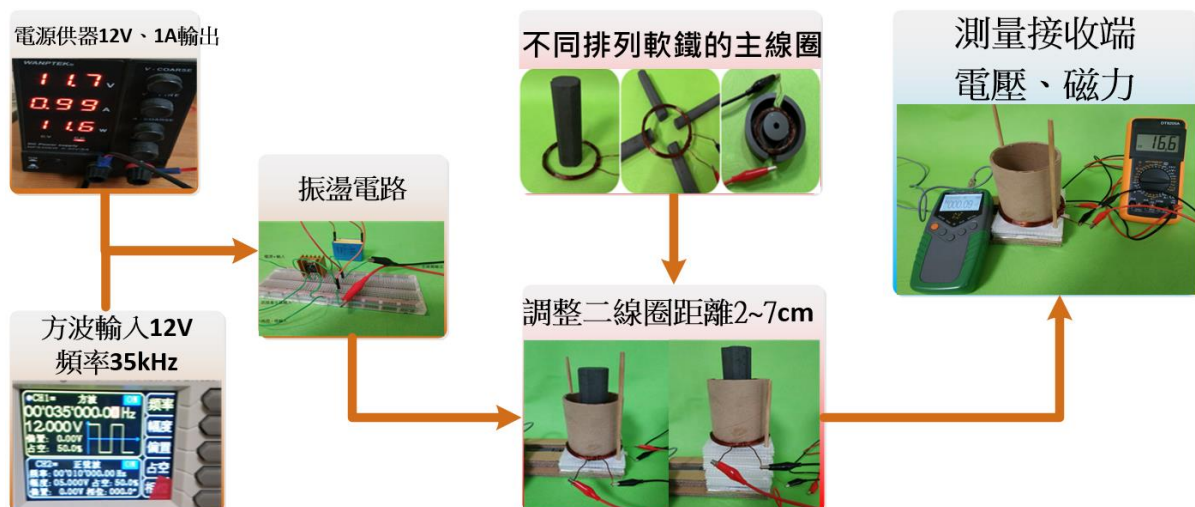


圖4-16 不同軟鐵排列方式對磁力影響實驗流程圖

註明：主線圈為線徑1.2mm 匝數10匝直徑9cm寬，次線圈為線徑0.6mm 匝數20匝直徑9cm寬。

(二)、主線圈或次線圈加入軟鐵對無線傳輸效率(輸出功率/輸入功率)功率比之影響

材 料：電子元件、漆包線、橋式整流電路、直徑 28mm 軟鐵。

設 備：電源供應器、三用電表、訊號產生器。

實驗步驟如圖 4-17 所示,並將實驗數據(感應電壓及電流)紀錄下來。

註明：此處量測電流是沒有負載的短路電流。

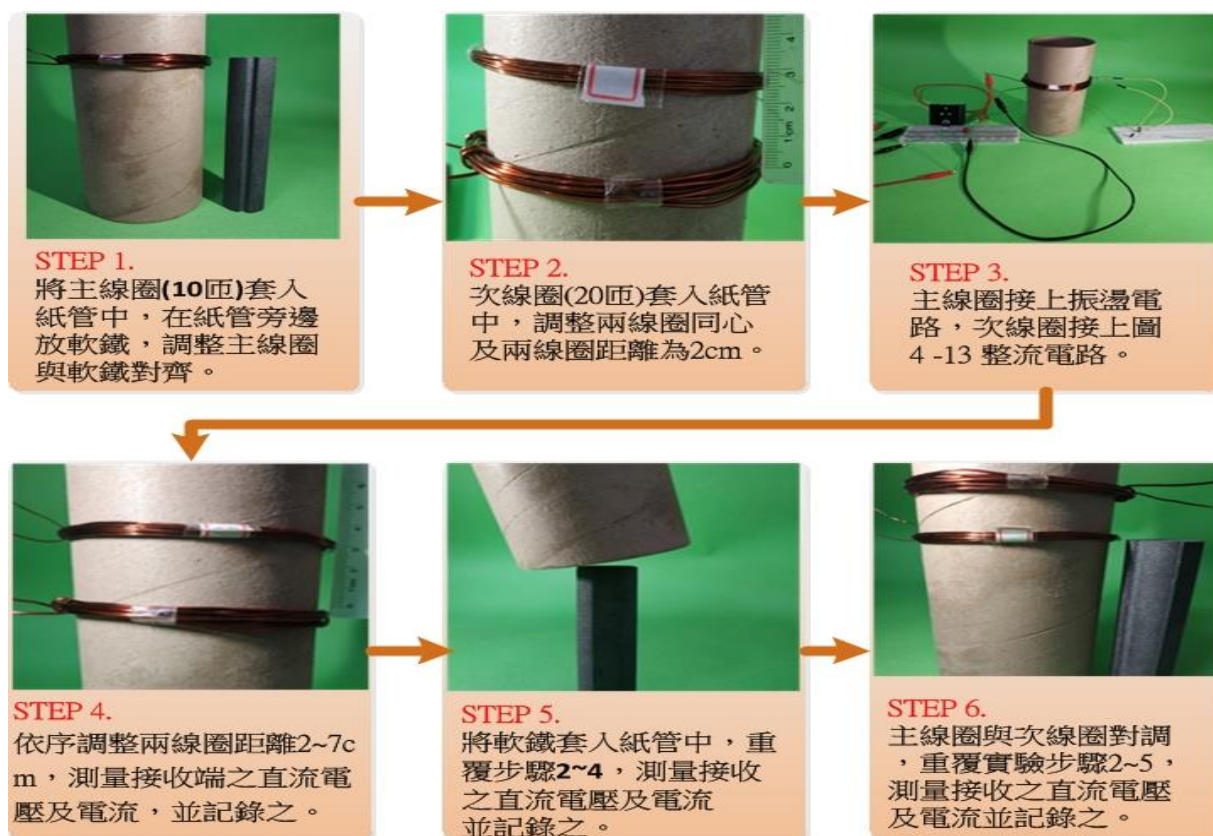


圖 4-17 主線圈、次線圈加入軟鐵之功率比實驗流程圖

(三)、主線圈加入不同直徑軟鐵對無線傳輸磁力及輸出電壓之影響

材 料：電子元件、漆包線、軟鐵。

設 備：電源供應器、三用電表、訊號產生器、高斯計。

實驗步驟如圖4-18所示,並將實驗數據(輸出電壓及磁力)紀錄下來。

註明：此處的次線圈是位於主線圈的正下方，而高斯計探針放置處為次線圈的下方。

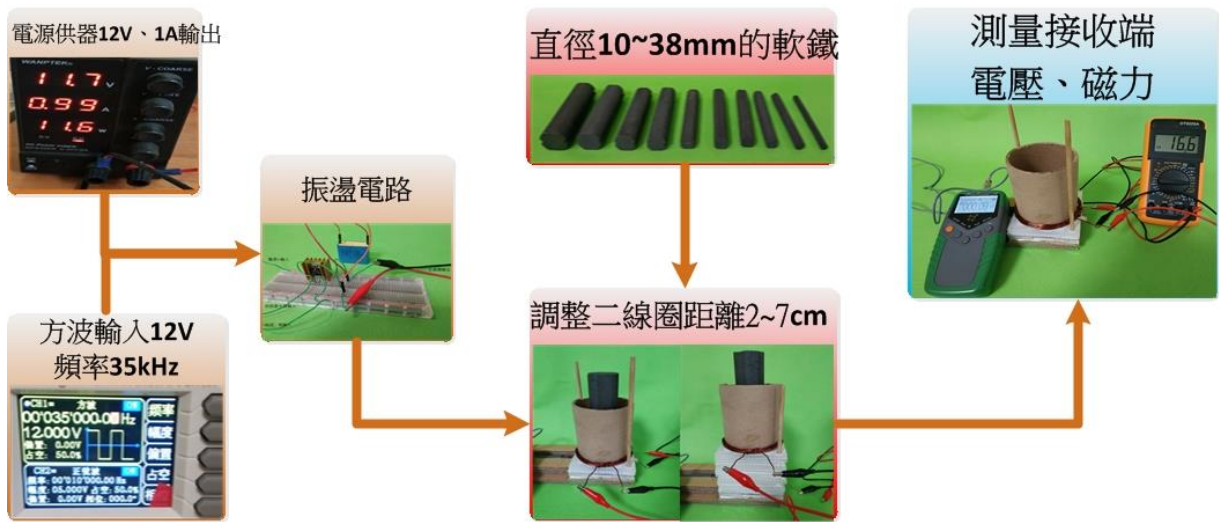


圖4-18 主線圈加入軟鐵磁力及輸出電壓之影響實驗流程圖

(四)、主線圈加入軟鐵對充電時間之影響

材 料：電子元件、漆包線、直徑28mm軟鐵。

設 備：電源供應器、電流計、無線喇叭、訊號產生器、計時器。

實驗步驟如圖4-20所示,並將實驗數據(充電10mAh所需的時間)紀錄下來。

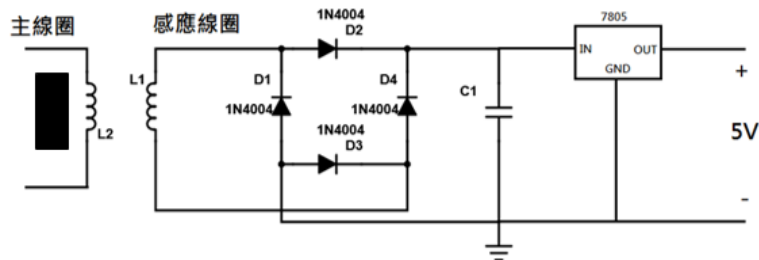


圖 4-19 次線圈轉橋式整流充電系統電路圖(C1 為 1000uF)



圖4-20 主線圈加入軟鐵對充電時間之影響實驗步驟

(五)、主線圈加入軟鐵及次線圈加入諧振電容對無線傳輸效率之影響

對於改善前的充電時間，真的不是很滿意，於是本組想到文獻探討時發現”有研究建議於感應線圈兩端分別串聯或並聯電容器做為共振補償電路，以提升整體傳輸功率與轉換效率”，本組就選擇次線圈並聯電容如圖4-21，再重覆實驗(二)、(三)、(四)，並比較改善後的效果。

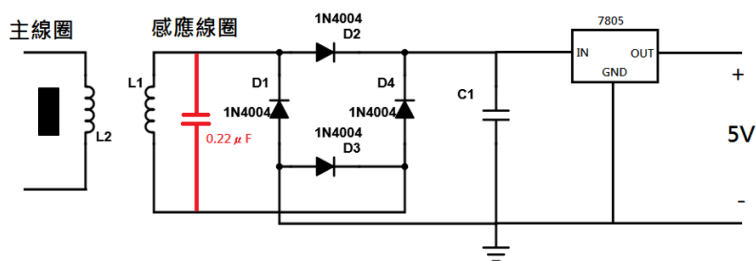


圖4-21 次線圈並聯電容做為共振補償電路電路圖(C1為1000uF)

(六)、主線圈加入軟鐵及次線圈加入一組諧振線圈對無線傳輸效率之影響

實驗(四)的改善效果帶給本組持續改進的動力，文獻探討有寫到”LC串聯諧振電路中，可利用電感器(L)及電容器(C)來完成諧振。而本身中L及C並不會消耗能量”於是本組在次線圈加入了一組諧振線圈如圖4-23，再重覆實驗實驗(二)、(三)、(四)，並比較改善後的效果。

	<p>用 LCR 表量測線圈的電感值，量測的結果是 92.546 μH。</p>		<p>依照振盪頻率的公式為 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 計算後，選擇 0.22μF 的電容，最為接近本實驗電路的頻率 35kHz。</p>
<p>圖 4-22 諧振線圈制作方法</p>			

註明：諧振線圈(線徑0.6mm 匝數為20匝 直徑9cm寬)。

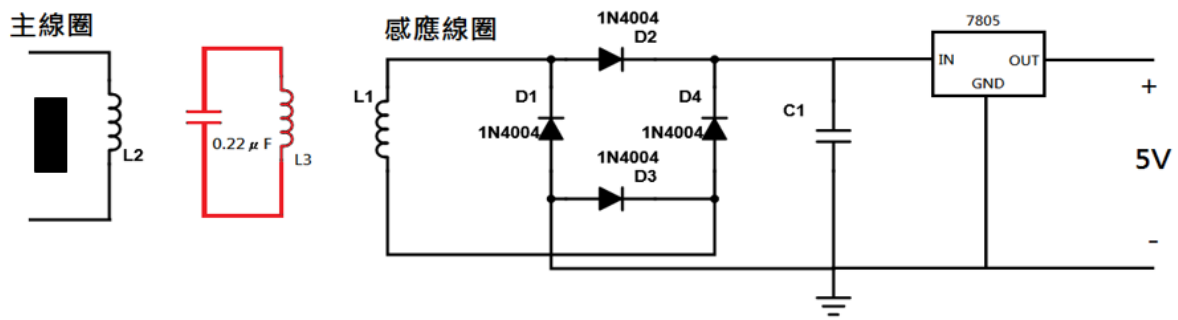


圖4-23 次線圈加一組諧振線圈電路電路圖(C1為1000uF)

(七)、主線圈加入軟鐵和次線圈加入一組諧振線圈及軟鐵對無線傳輸效率之影響

實驗(六)確實有明顯的改善效果，於是本組在實驗六中的次線圈加入了軟鐵如圖4-24，再重覆實驗實驗(二)、(三)、(四)，並比較改善後的效果。

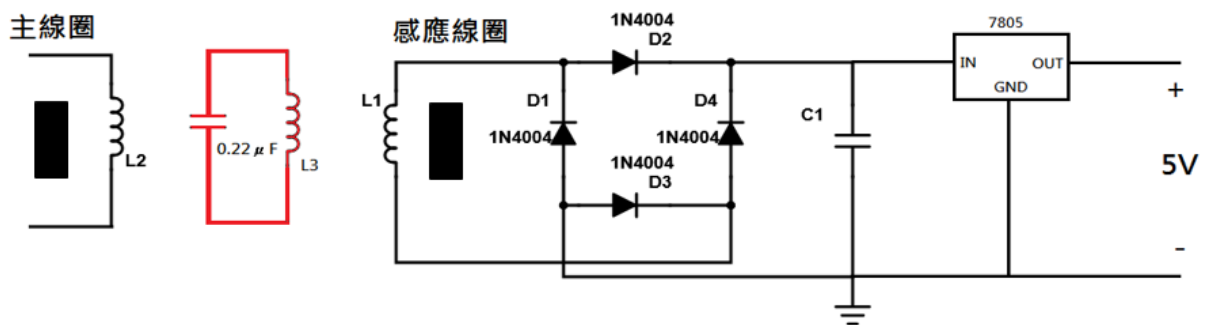


圖4-24 次線圈同時加一組諧振線圈及軟鐵電路電路圖(C1為1000uF)

(八)、探討漆包線線圈材質改為利茲線對無線傳輸效率之影響

由於一般市面上商品中有使用利茲線當做線圈使用，於是本組也採用跟漆包線一樣的外徑約8公分的設計，電路採用實驗七的設計。只將原本實驗漆包線線圈部份改成利茲線線圈，並比較兩者的差異。

實驗步驟如圖4-25所示,並將實驗數據(輸出電壓及電流)紀錄下來。



圖4-25 漆包線線圈材質改為利茲線對無線傳輸效率之影響實驗流程圖

(九)、探討平面軟鐵個數對無線傳輸效率之影響

實驗八中，發現這樣的組合體積過大並不方便攜帶，在本組實驗一中有另一四根平行的軟鐵排列方式雖不比柱狀軟鐵效果強，但也效果也是不錯，於是本組就設計了以下的實驗流程來找出最佳效果的組合。

實驗步驟如圖4-26所示，並將實驗數據(輸出電壓及電流)紀錄下來。首先是先主線圈的軟鐵個數為二根，而次線圈的從二根、四根、六根，實驗完畢後，再將主線圈的增為四根，再重覆次線圈的從二根、四根、六根，依此類推等主線圈六根實驗完畢後，再由次線圈固定2根去變化主線圈的個數直到次線圈根數為六根實驗完畢並記錄其電壓及電流的變化。

註明：此處的線圈是實驗八中利茲線線圈。

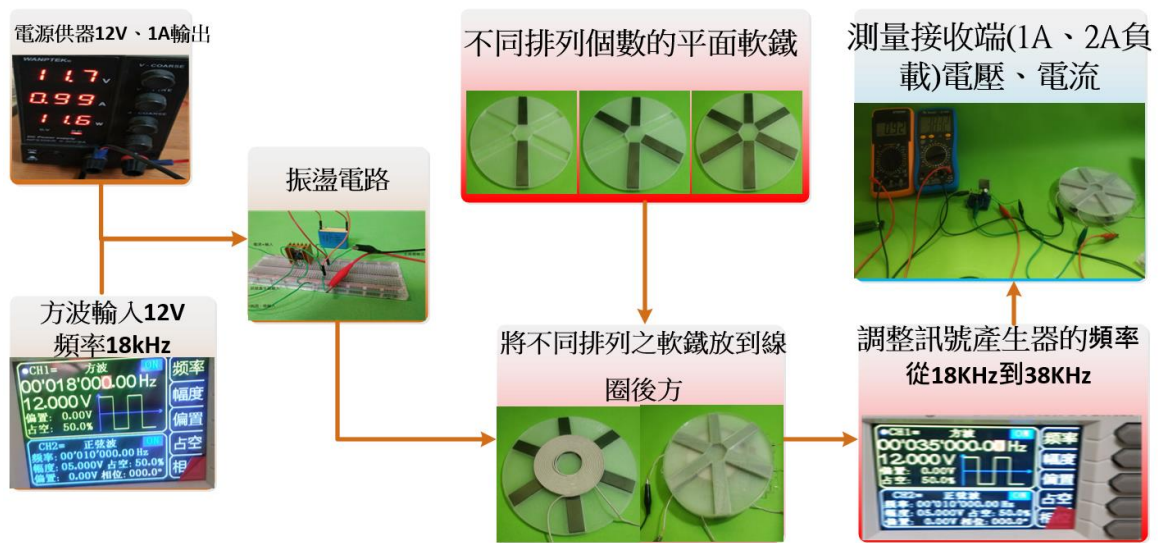


圖4-26 平面軟鐵個數對無線傳輸效率之影響實驗流程圖

四、應用於直接無線供電風扇系統及其它應用

實驗開始之前，本組先測量原本手持風扇18650電池供電風速3檔的電壓及電流資料。再測量本組所設計的電路是否能夠供電給風扇足夠的電力。

由實驗一~三結果，本組採用了以下的設計條件：

- (一)、主線圈的設計採用實驗一的设计(主線圈為線徑1.2mm 匝數10匝直徑9cm寬)，輸入電壓為12V，訊號產生器輸入方波12V、35KHz。
- (二)、次線圈為一組線徑0.6mm直徑4cm寬次線圈 20 匝，加上一組線徑0.6mm直徑9cm寬次線圈20 匝LC串聯諧振電路。
- (三)、整流電路採用實驗三、圖4-24的次線圈加一組諧振線圈電路電路圖。

實驗步驟：

- 1.測試設計的電路的輸出是否可以供應手持風扇的功率。
- 2.測試在諧振線圈加入不同的電容值，對供電電壓及電流之影響
- 3.實驗步驟如圖4-27所示,並將實驗數據(並聯電容值)紀錄之。



STEP 1.
打開手持小風扇外殼，移除電池重新接線測試小風扇所需3檔的電壓及電流並記錄。



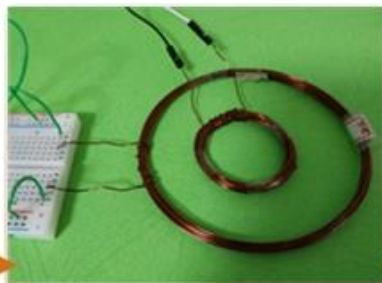
STEP 2.
使用實驗中的決定的主線圈及輸入電壓12V1A及信號產生器為方波輸入12V，頻率35kHz做為輸入來源



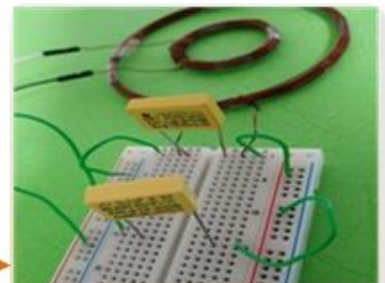
STEP 3.
將主線圈及直徑38mm軟鐵粘貼於3CM厚的桌面底部



STEP 4.
重新制做新的線圈為直徑為4CM的20匝線徑0.6mm，做為輸出並接上實驗四的整流電路，輸出先接上電流計再接到小風扇的輸入



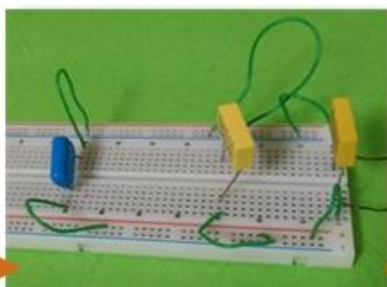
STEP 5.
使用一個次線圈線徑0.6mm直徑9cm寬次線圈20匝接上麵包板。



STEP 6.
依照振盪頻率的公式為計算後，接上一個比0.22小的電容，做為諧振次線圈使用。



STEP 7.
於次線圈的中間放入一個直徑28mm的軟鐵。



STEP 8.
依序再並聯0.01的電容，測試輸出電壓及電流變化並記錄。



STEP 9.
最後比較出最佳的參數做成小電路接上小風扇，完成改裝直接供電的成品。

圖4-27 增加無線傳輸效率方法對實際無線充電效果之影響實驗流程圖

伍、研究結果與討論

一、探討 MOSFET 振盪電路主線圈線徑對磁力輸出影響及次線圈匝數對輸出電壓之影響

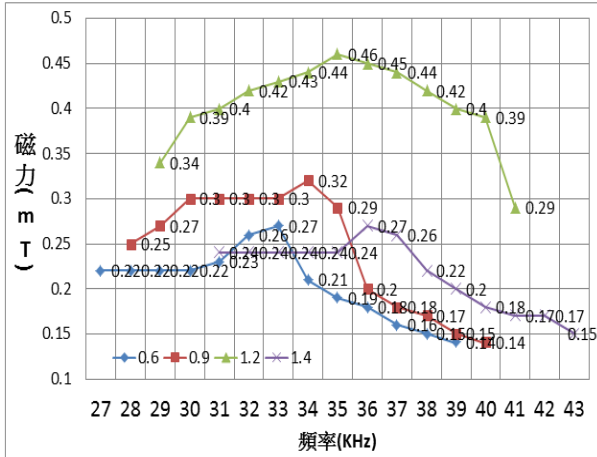


圖 5-1 不同主線圈線徑之輸出磁力對輸入頻率關係圖

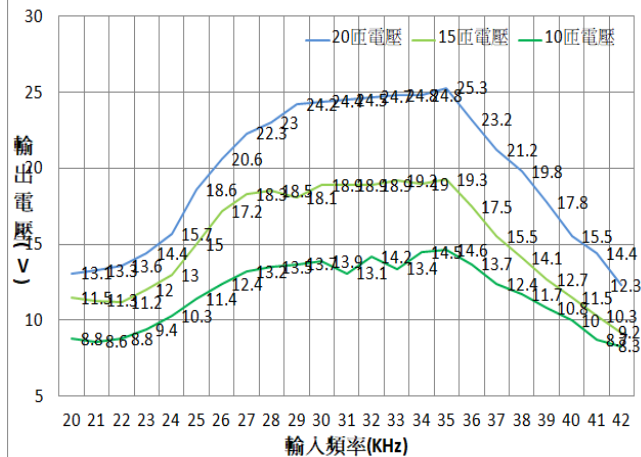


圖 5-2 主線圈輸入不同頻率對輸出電壓關係圖

表二、主線圈通電5分鐘表面溫度表(室溫26°C)

主線圈線徑(mm)	0.6mm	0.9mm	1.2mm	1.4mm
線圈溫度(°C)	42°C	37.5°C	33.2°C	32°C

討論：

在第一個線徑的實驗中，只要頻率調到最大的磁力輸出的時候，電源供應器的輸出會自動最大的瓦數顯示，這個發現可以使用本組往後的實驗可以快速的找出線圈的最高峰值的頻率。由圖5-1中本組可以很清楚的看出最高的磁力為線徑1.2mm的0.46mT，因此本組往後主線圈的線徑為1.2mm。第二個不同的次線圈匝數實驗中，當接收的電壓愈大時愈容易看出往後實驗改善的效果，於是本組依最高感應電壓為基準，由圖5-2 找出最適合本組的電路的頻率是29~35kHz之間，最高點匝數(20)的為35kHz感應電壓為25.3V，匝數(15)的為35kHz感應電壓為19.3V，匝數(10)的為35kHz感應電壓為14.6V。因此本組之後的實驗確定輸入信號源為35kHz 方波。接著本組讓主線圈在最高峰值的頻率保持通電5分鐘，使用紅外線量測線圈的溫度，由圖5-1及表二可以看出線徑1.2mm的主線圈是最適合做為本組實驗的主線圈。

二、探討次線圈匝數對輸出電壓及電流之影響

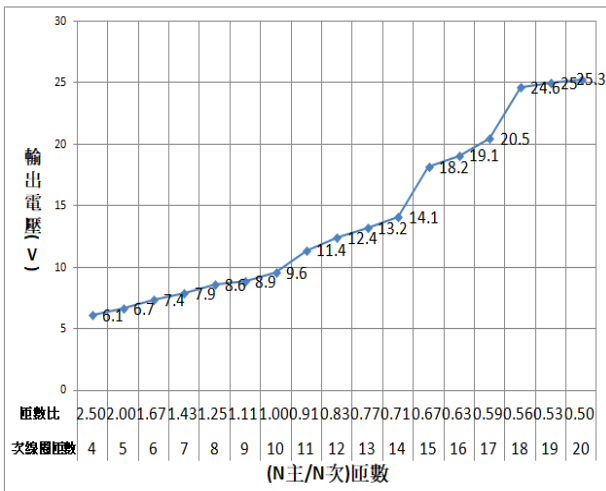


圖 5-3 不同匝數次線圈對輸出電壓關係圖

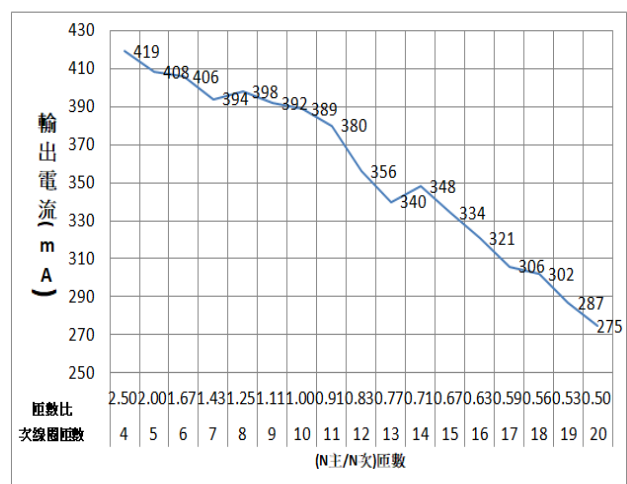


圖 5-4 不同匝數次線圈對輸出電流關係圖

討論：

由圖 5-3 的線圈匝數顯示：匝數 4 圈時，感應電壓只有 6.1V 的輸出，隨線圈匝數的逐步增加感應電壓也呈現上升趨勢，當到匝數 18 時呈現飽和狀況，推測可能是到達次線圈所能感應的最大電壓了。圖 5-4 的輸出電流呈現逐步下降的趨勢，在匝數 4 圈時所感應輸出的電流為 419mA，後在匝數 20 圈時，輸出的電流為 275mA。匝數比公式 $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$ ，當次側線圈匝數愈來愈多時，所感應的電壓會愈來愈大，電流會變得愈來愈小，符合變壓器理論。

三、研究增加無線傳輸效率之方法

(一)、主線圈不同軟鐵排列方式對無線傳輸效率之影響

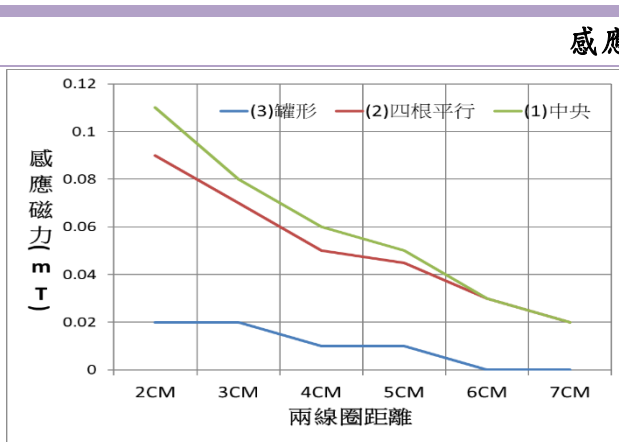


圖 5-5 主線圈不同排列軟鐵輸出磁力對線圈距離關係圖

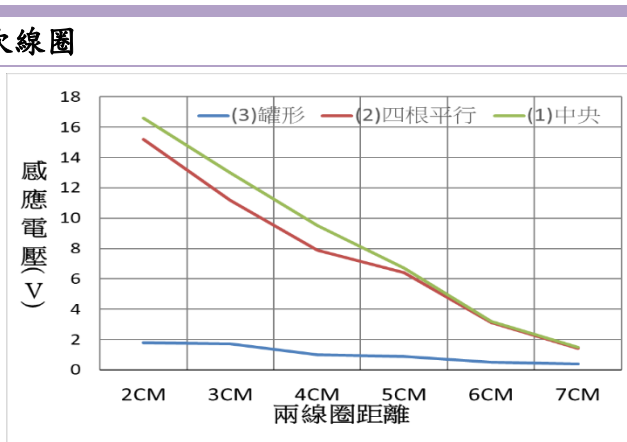


圖 5-6 主線圈不同排列軟鐵對輸出電壓對線圈距離關係圖

討論：

由圖5-5可以看出主線圈軟鐵不同排列之磁力大小為中央>>四根平行>>罐形，電壓亦是相同。接下來的實驗將採用軟鐵放置線圈中央進行相關測試。

(二)、主線圈或次線圈加入軟鐵對無線傳輸效率(輸出功率/輸入功率)功率比之影響

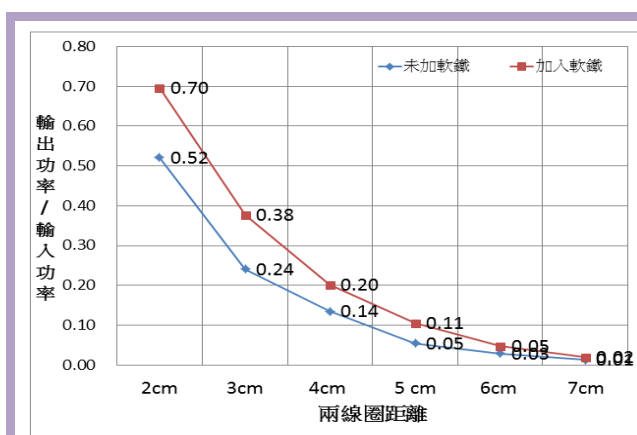


圖 5-7 主線圈加入軟鐵後
輸出/輸入功率比對線圈距離關係圖

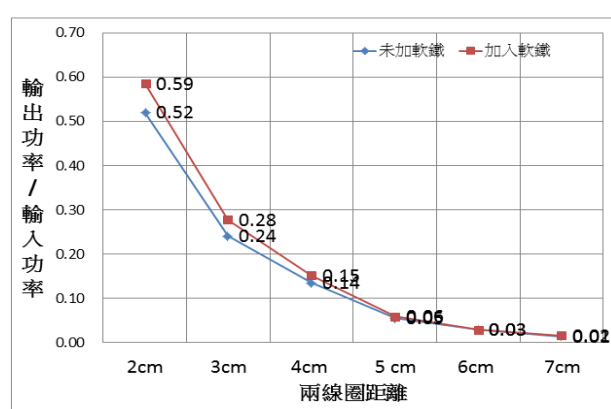


圖 5-8 次線圈加入軟鐵後
輸出/輸入功率比對線圈距離關係圖

討論：

由圖5-7本組可以很清楚看出，當次線圈匝數20匝及主線圈加入軟鐵後，功率比從0.52提升到0.7，在兩線圈距離超過6cm後，加入軟鐵就沒有任何提升功率的效果。當兩線圈距離為2cm時，主線圈加入軟鐵後，約提升原本功率比的35% $=((70-52)/52)$ 。

圖 5-8 在次線圈未加入軟鐵時，兩線圈距離為 2cm 所感應功率比 0.52，當次線圈加入軟鐵後，功率比從 0.52 提升到 0.59，在距離超過 5cm 後加入軟鐵也沒有任何提升功率的效果。當兩線圈距離為 2cm 時，次線圈加入軟鐵後，約提升原本功率比的 13% $=((59-52)/52)$ 。

(三)、主線圈加入不同直徑軟鐵對無線傳輸磁力及輸出電壓之影響

感應次線圈

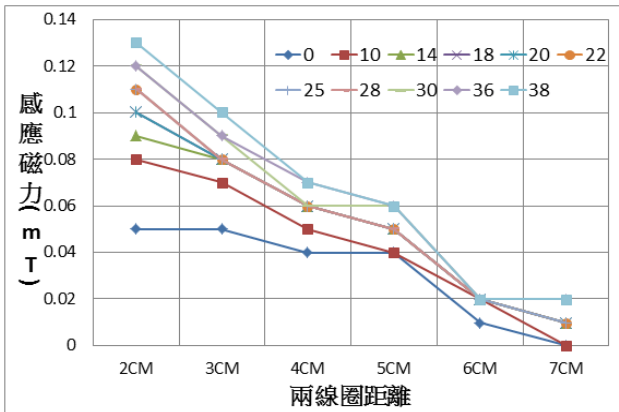


圖 5-9 不同直徑軟鐵輸出磁力對線圈距離關係圖

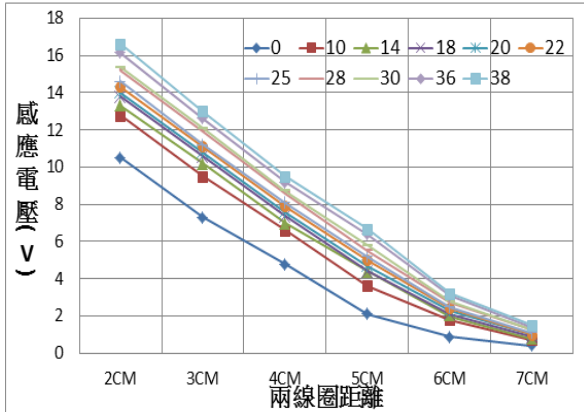


圖 5-10 不同直徑軟鐵對輸出電壓對線圈距離關係圖

討論：

由圖 5-9 的磁力顯示可以看出當軟鐵的直徑愈大，愈能夠增加磁力的輸出，圖 5-10 軟鐵直徑愈大對出電壓的部份也是呈現上升的趨勢。以鐵心直徑 38mm 為例，由 10.5V 增加到 16.5V。

(四)、主線圈有無加入軟鐵對充電時間之影響

表三、主線圈有無加入軟鐵充電10mAh所需時間

主線圈	兩線圈距離	
	2cm	3cm
主線圈未加軟鐵	9分32秒	不能充電
主線圈加軟鐵	5分23秒	10分8秒

討論：

1. 由表三可知，兩線圈距離2cm，無線喇叭充電到10mAh時間為9分32秒，在加入軟鐵後縮短到5分23秒減少了3分51秒(效率約提升40%)。
2. 在兩線圈距離增為3cm時，感應電壓過低不能為設備充電(直流電壓不到4.5V以上)，不過在主線圈加入軟鐵後，感應電壓有上升到達4.5V又可以為設備充電，且充電速度跟原本(主線圈未加入軟鐵)兩線圈距離2cm的速度只增加36秒。

(五)、主線圈加入軟鐵及次線圈加入諧振電容對無線傳輸效率之影響

感應次線圈並聯諧振電容

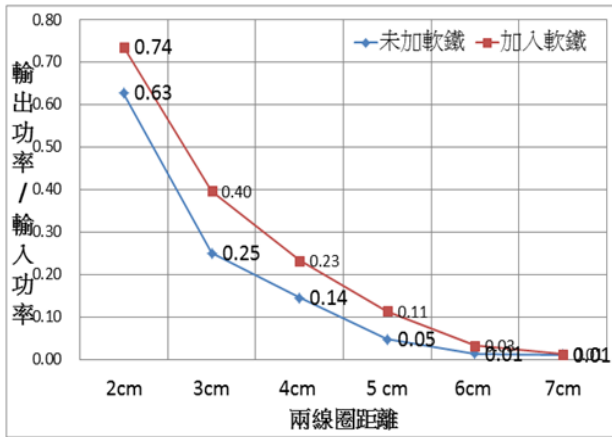


圖 5-11 主線圈加入軟鐵且次線圈加並電容下輸出/輸入功率比對線圈距離關係圖

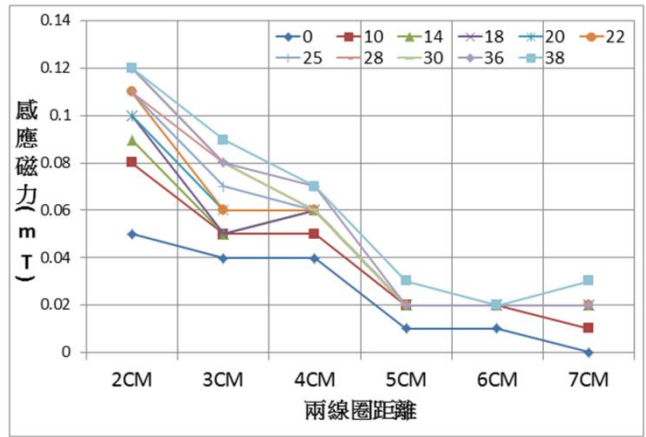


圖 5-12 次線圈加並電容下不同直徑軟鐵下輸出磁力對線圈距離關係圖

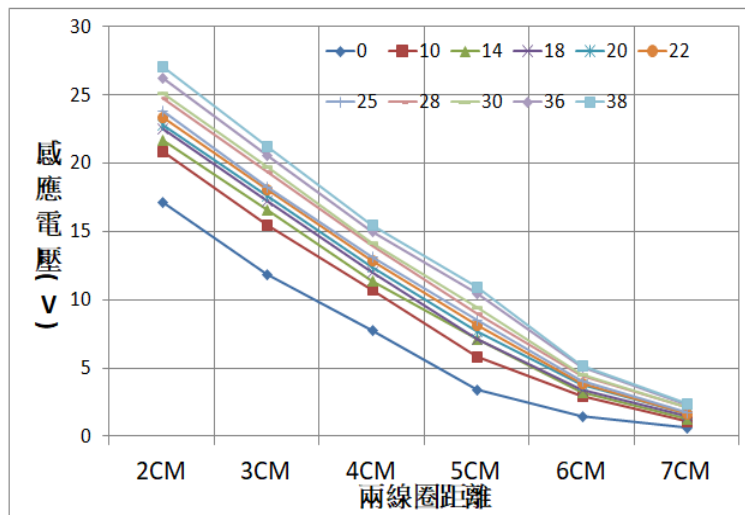


圖 5-31 次線圈加並電容下不同直徑軟鐵下輸出電壓對線圈距離關係圖

表四、次線圈加電容充電 10mAh 所需時間

次線圈並聯電容	2cm	3cm
次線圈並聯電容	2 分 41 秒	3 分 42 秒
次線圈並聯電容(主線圈加軟鐵)	2 分 10 秒	2 分 49 秒

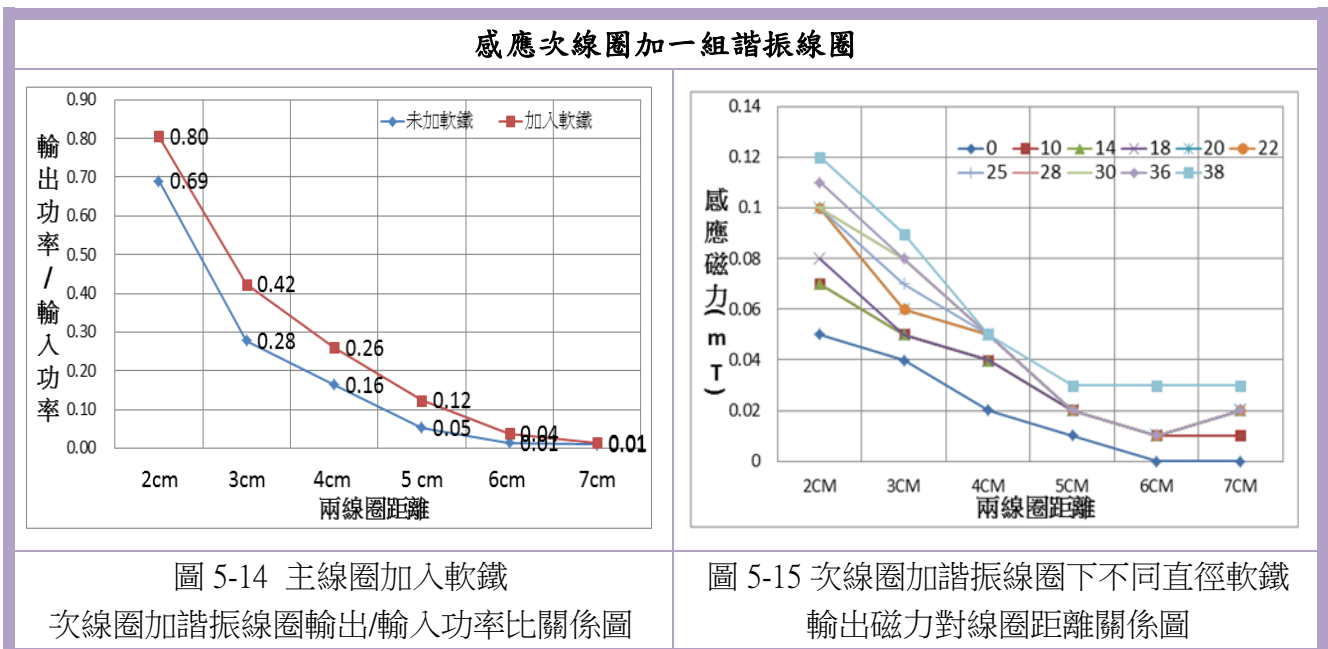
討論：

由圖 5-11 得知當次線圈匝數 20 匝加上 $0.22 \mu F$ 的電容及主線圈加入軟鐵後，跟圖 5-5 比較功率比從 0.52 提升到 0.74，當兩線圈距離為 2cm 時，主線圈加入軟鐵及次線圈加電容後，約提升原本只有次線圈功率比的 $42\% = ((0.74 - 0.52) / 0.52)$ 。跟僅加主線圈軟鐵的圖 5-7 比較，加入電容後獲得額外 $8\% = ((0.74 - 0.7) / 0.52)$ 的功率比提升。

由圖 5-12 的磁力變化來看當軟鐵的直徑愈大，所能增強磁力的愈強，跟圖 5-9 做比較，發現有磁力被拉下來的趨勢，推測磁力可能是被次線圈加諧振電容所吸引而有所減少，圖 5-13 的電壓變化上跟圖 5-10 比較後，有明顯的提升輸出電壓的效果。以鐵心直徑 38mm 為例，輸出電壓由 17V 增加到 27V。

在實際充電上，表四最快的時間跟表三中去做比對，充電時間縮短了 7 分 22 秒，大約是 4.4 倍左右。

(六)、主線圈加入軟鐵及次線圈加入一組諧振線圈對無線傳輸效率之影響



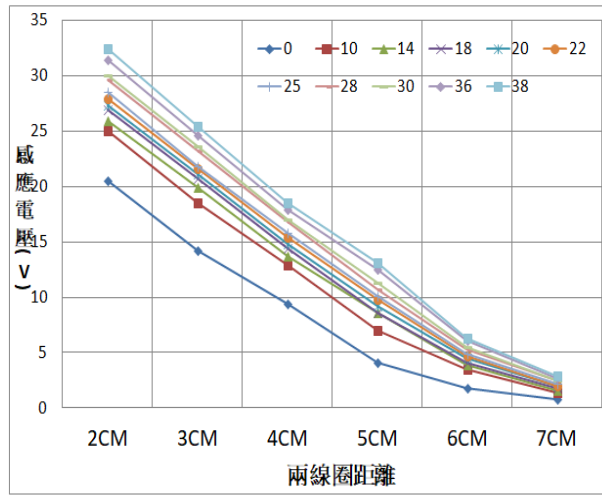


圖 5-16 次線圈加諧振線圈下不同直徑軟鐵輸出電壓對線圈距離關係圖

表五、加一組諧振線圈充電 10mAh 所需時間

充 電 時 間	兩 線 圈 距 離	
	2cm	3cm
加一組諧振線圈	2 分 28 秒	4 分 46 秒
加一組諧振線圈(主線圈加軟鐵)	1 分 56 秒	3 分 10 秒

討論：

由圖5-14跟圖5-7比較後，發現在未加入軟鐵時及諧振線圈，兩線圈距離為2cm所感應功率比0.52，當次線圈先加入一組諧振線圈，功率比從0.52提升到0.68，在主線圈加入軟鐵後，功率比從0.69再提升到0.8，功率比共提升53% $=((80-52)/52)$ 。

由圖 5-15 次線圈的磁力跟圖 5-9 比較有變小 0.01 mT 左右，跟實驗(四)一樣推測可能是被諧振線圈所吸收了，感應電壓圖 5-16 相對的有提昇到目前所量測到的最大值 32V，接著本組接著進行實際充電的測試，表五的結果去跟表三做比較，充電到 10mAh 所需時間從原先的 9 分 32 秒縮短到 1 分 56 秒，大約是 4.9 倍的改善效果。

(七)、主線圈加入軟鐵和次線圈加入一組諧振線圈及軟鐵對無線傳輸效率之影響

感應次線圈同時加諧振線圈及軟鐵

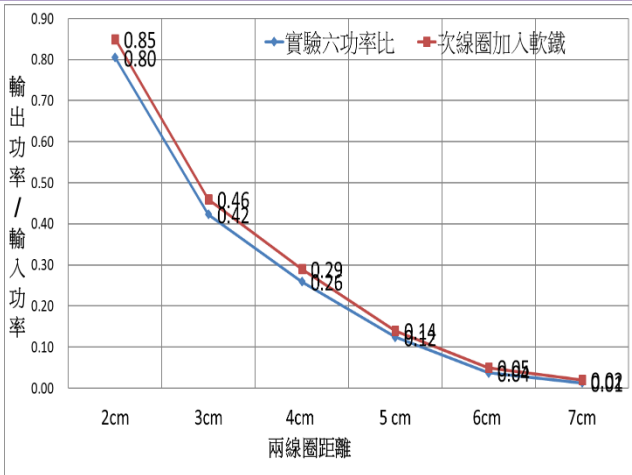


圖 5-17 主線圈加入軟鐵及次線圈加諧振線圈及軟鐵輸出/輸入功率比關係圖

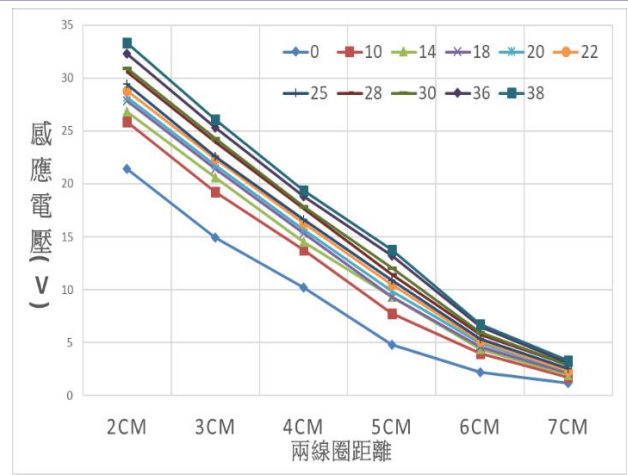


圖 5-18 主線圈加入軟鐵及次線圈加諧振線圈及軟鐵出電壓對線圈距離關係圖

表六、次線圈同時加諧振線圈及軟鐵充電10mAh所需時間

充 電 時 間	兩線圈距離	
	2cm	3cm
加一組諧振線圈(主線圈加軟鐵)	1 分 56 秒	3 分 10 秒
加一組諧振線圈及軟鐵(主線圈加軟鐵)	1 分 49 秒	2 分 58 秒

討論：

由於磁力關係圖跟實驗六相似所以不再討論，本組比較電壓及充電時間上的差異去做比較。只圖5-17跟圖5-14比較後，發現次線圈再加入軟鐵後，功率比從0.8提升到0.85，功率比共提昇 $63\% = ((85-52)/52)$ 。

由圖 5-18 次線圈的感應電壓圖 5-14 相對的有提昇到目前所量測到的最大值 33.3V，又再提昇 1.3V，接著本組接著進行實際充電的測試，表六結果去跟表三做比較，充電到 10mAh 所需時間從最原先的 9 分 32 秒縮短到 1 分 49 秒，大約是 5.2 倍的改善效果。

(八)、探討漆包線線圈材質改為利茲線對無線傳輸效率之影響

表七、線圈材質由漆包線改為利茲線之功率比較表

	漆包線組			利茲線組		
	電壓(V)	電流(A)	功率(W)	電壓(V)	電流(A)	功率(W)
0.5cm 1A	3.61	0.99	3.58	3.93	0.97	3.81
0.5cm 2A	2.28	1.08	2.46	2.68	1.19	3.19
1.5cm 1A	3.67	1.01	3.71	3.31	0.8	2.65
1.5cm 2A	2.38	1.07	2.54	1.97	0.88	1.73
2.5cm 1A	3.03	0.8	2.42	2.23	0.59	1.32
2.5cm 2A	1.9	0.86	1.63	1.44	0.63	0.9

討論：

從上表可以看出，當二線圈距離為0.5cm時，最高功率為利茲線所能感應3.81W為高，隨距離增加到1.5cm及2.5cm時，變成漆包線分別感應到的3.71W及2.42W為最高功率。

(九)、探討平面軟鐵個數對無線傳輸效率之影響

討論：

從圖 5-19、5-21、5-23，可以看出負載端的軟鐵數量愈多，接收的功率最大，但是原本發射的最高功率的頻率會下降，當負載軟鐵固定時，發射端的軟鐵數量改變，接收最大功率的頻率不會改變。比較圖 5-20、5-22、5-24 發射端的軟鐵多，接收的功率不一定會最高，而從圖 5-19~5-24 中可以發現最好的組合是發射及接收的軟鐵數量一樣多及負載端的軟鐵數量多是最穩定的，由圖 5-25、5-26 中當負載的阻抗加大時，最大接收功率的頻率會下降。

由表八中可以結合出實驗八及九不同線圈材質及軟鐵差異，當想要最高功率的輸出時可以選用利茲線+6片式軟鐵組體積較小，但如果是想要距離傳的遠一點，就可以選用漆包線+柱狀軟鐵組，但相對的體積就會比較大。

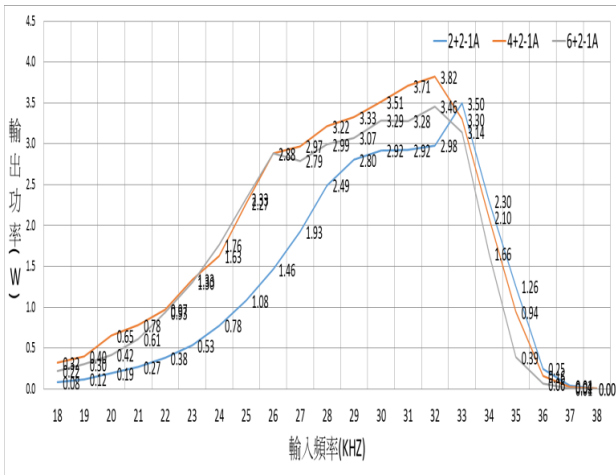


圖 5-19 主線圈軟鐵 N 根+次線圈軟鐵 2 根
輸出功率對線圈頻率關係圖

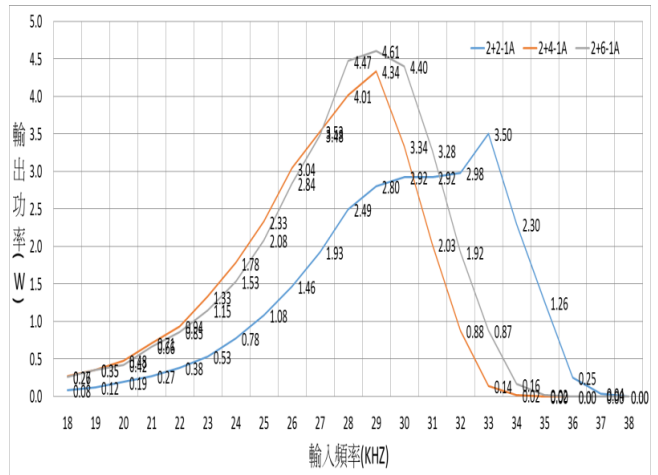


圖 5-20 主線圈軟鐵 2 根+次線圈軟鐵 N 根
輸出功率對線圈頻率關係圖

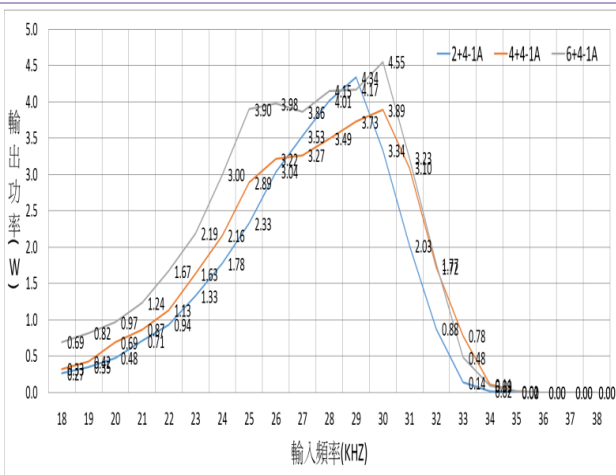


圖 5-21 主線圈軟鐵 N 根+次線圈軟鐵 4 根
輸出功率對線圈頻率關係圖

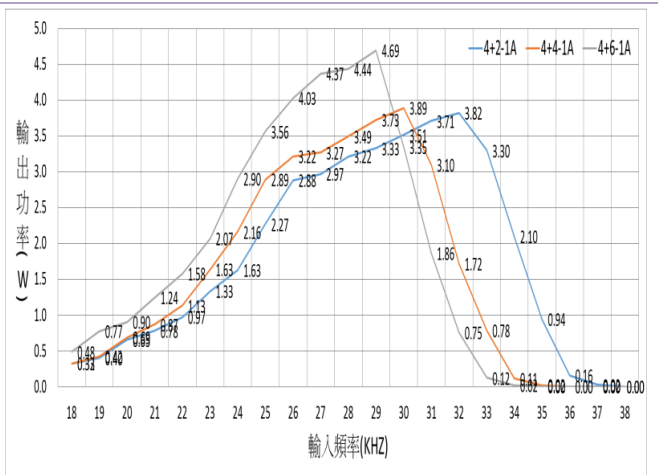


圖 5-22 主線圈軟鐵 4 根+次線圈軟鐵 N 根
輸出功率對線圈頻率關係圖

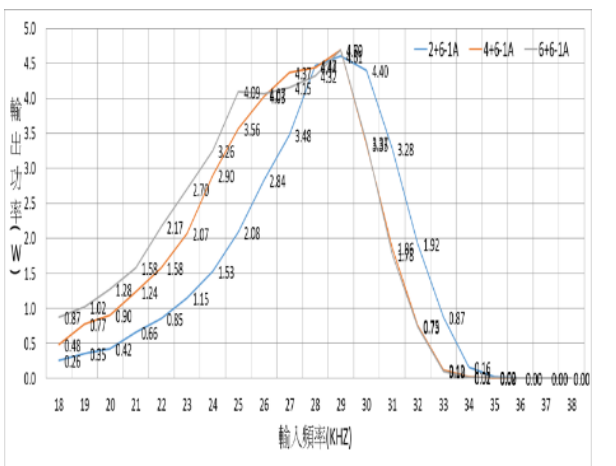


圖 5-23 主線圈軟鐵 N 根+次線圈軟鐵 6 根
輸出功率對線圈頻率關係圖

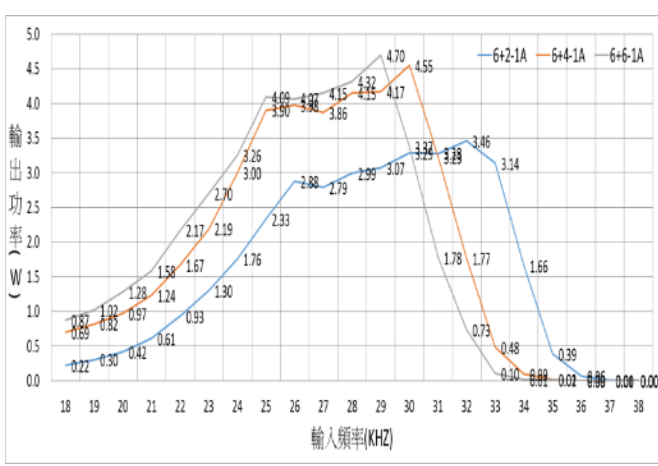


圖 5-24 主線圈軟鐵 6 根+次線圈軟鐵 N 根
輸出功率對線圈頻率關係圖

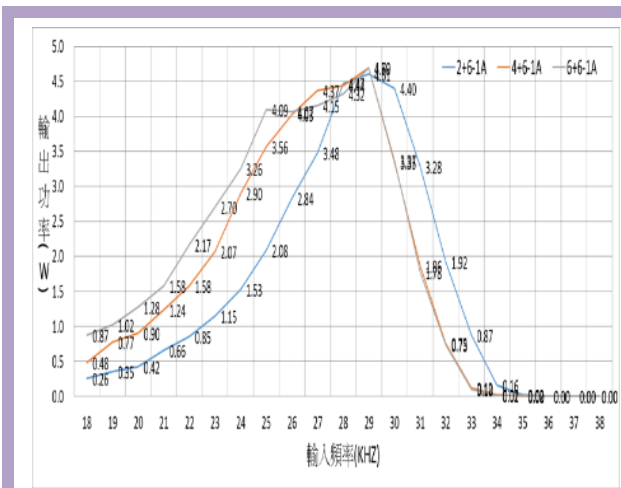


圖 5-25 主線圈軟鐵 N 根+次線圈軟鐵 6 根 (1A 負載)輸出功率對線圈頻率關係圖

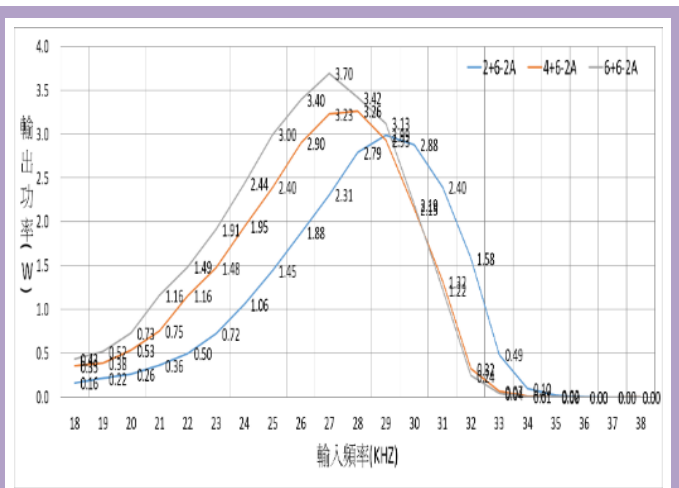


圖 5-26 主線圈軟鐵 N 根+次線圈軟鐵 6 根 (2A 負載)輸出功率對線圈頻率關係圖

表八、線圈材質及軟鐵排列方式比較表

	漆包線+柱狀軟鐵組			利茲線+柱狀軟鐵組			利茲線+6 片式軟鐵組		
	電壓 (V)	電流 (A)	功率 (W)	電壓 (V)	電流 (A)	功率 (W)	電壓 (V)	電流 (A)	功率 (W)
0.5cm 1A	3.61	0.99	3.58	3.93	0.97	3.81	4.05	1.16	4.7
0.5cm 2A	2.28	1.08	2.46	2.68	1.19	3.19	2.5	1.25	3.13
1.5cm 1A	3.67	1.01	3.71	3.31	0.8	2.65	3.13	0.78	2.44
1.5cm 2A	2.38	1.07	2.54	1.97	0.88	1.73	2.17	0.94	1.7
2.5cm 1A	3.03	0.8	2.42	2.23	0.59	1.32	2.25	0.55	1.24
2.5cm 2A	1.9	0.86	1.63	1.44	0.63	0.9	1.5	0.6	0.9

四、應用於直接無線供電風扇系統及其它應用

表九、手持風扇 18650 電池供應電力資料

	1 檔	2 檔	3 檔
電壓(V)	4.57V	4.54V	3.8V
電流(A)	0.242A	0.388A	0.62A
功率(W)	1.1W	1.68W	2.356W

註明：手持風扇風速順序為 1 檔(弱) < 2 檔(中) < 3 檔(強)。

本組所設計的電路中，所選用的軟鐵直徑是 28mm 跟原本風扇的握柄，是差不多大小的，當然軟鐵的截面積愈大所改善的效果也是最好的，不過考慮到重量及手感的問題，最終是選擇 28mm 的軟鐵，做為本次實驗的元件。



圖 5-27、本組所設計的電路，兩線圈距離 3 公分所感應的電壓及電流

由圖 5-27 的電流顯示可以算出約 $3.69 \times 0.66 = 2.44\text{W}$ ，符合三檔所需的瓦數。

表十、更換不同的諧振電容值線圈輸出功率表

	電容(μF)	0.2	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27
1 檔	電壓(V)	4.46	5.1	5.1	5.1	5.09	5.1	4.52	4.58
	電流(A)	0.247	0.28	0.281	0.278	0.274	0.271	0.255	0.262
	功率(W)	1.10	1.43	1.43	1.42	1.39	1.38	1.15	1.20
2 檔	電壓(V)	4.46	3.93	4.76	4.4	4.52	4.4	3.92	3.97
	電流(A)	0.247	0.343	0.428	0.415	0.404	0.362	0.347	0.347
	功率(W)	1.10	1.35	2.04	1.83	1.83	1.59	1.36	1.38
3 檔	電壓(V)	風扇	風扇	3.84	3.87	3.84	3.79	風扇	風扇
	電流(A)	不動	不動	0.62	0.594	0.59	0.571	不動	不動
	功率(W)			2.38	2.30	2.27	2.16		

討論：

(一)由表九可以得知，手持電風扇最強風力所需要的瓦數為 2.356W 。

(二)經由本組所設計的電路在主線圈桌面底下 3cm 處所感應的瓦數可以到達 2.44W ，所以是可以直接供電給手持電風扇。

(三)由表七得知，本組所選用的電容 $0.22 \mu\text{F}$ 是最接近的 LC 諧振電路最佳組合，符合

計算公式 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 的結果。

(四)一旦中間的軟鐵拿掉，風扇只能開到 2 檔，再按一下開關就風扇就直接停止不動了。

陸、結論

一、探討 MOSFET 振盪電路主線圈線徑對磁力輸出影響及次線圈匝數對輸出電壓之影響

在不同線徑的主線圈磁力測試中，本組發現一個可以快速的找出線圈的最高峰值的頻率，只要頻率調到最大的**磁力輸出**的時候，電源供應器的輸出會自動調整到**最大的瓦數**顯示，也就是當設定電源供應為12V1A的時候，當頻率調到最大的**磁力輸出**，會顯示約12W的輸出，相當的方便。在主線圈(電感)中，電阻隨著頻率的提高而呈線性增加，線圈(電感)到諧振頻率之前呈現上升，一旦過了諧振頻率就會逐步下降，本組電路依據這個理論找到最適合的頻率為**35KHz**。而且線徑1.2mm的主線圈發射功率是本組實驗中最好的，溫度也不會很燙。

二、探討次線圈匝數對輸出電壓及電流之影響

實驗證明線圈**匝數比**和**輸出電壓**比成**正比**，線圈**匝數比**和**電流**大小成**反比**，與變壓器理論相符。

三、研究增加無線傳輸效率之方法

- (一)、證實**主線圈次線圈**同時加**軟鐵**效果是最好的。
- (二)、無線電力傳輸的原理跟變壓器是相符。
- (三)、**主線圈**加**軟鐵**及**次線圈**同時加一組**諧振線圈**及**軟鐵**，改善的效果是最好的。
- (四)、**發射端**的**軟鐵**多，接收的**功率**不一定會**最高**，但是**負載端**的**軟鐵**數量愈**多**，接收端的**功率**最大，但是原本發射的最高功率的**頻率**會**下降**，當負載**軟鐵**固定時，發射端的**軟鐵**數量改變，而接收最大功率的**頻率**不會**改變**。
- (五)、**最好的組合**是**發射**及**接收**的**軟鐵**數量一樣多或**負載端**的**軟鐵**數量多是最穩定的。
- (六)、想要**最高功率**的輸出時 可以選用**利茲線**+**多片式軟鐵**體積較小，如果是想要**距離**的**更遠**，就可以選用**漆包線**+**柱狀軟鐵**。
- (七)、當負載的**阻抗**加大時，原本**最大接收功率**的**頻率**會**下降**。



圖6-1、漆包線+柱狀軟鐵組合圖

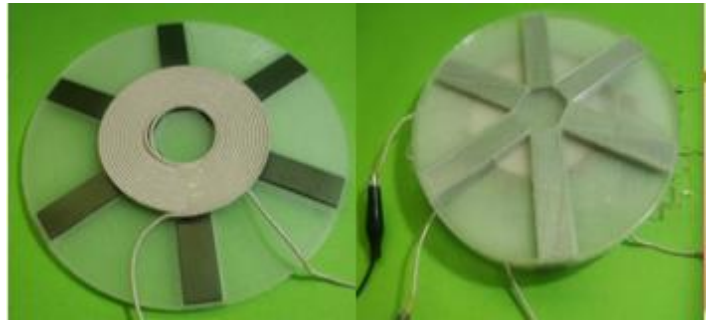


圖6-2、利茲線+多片式軟鐵組合圖

五、用於直接無線供電風扇系統及其它應用

本組所設計的電路，在線圈沒有加入軟鐵前，只能開到 2 檔，一開 3 檔風扇就停止轉動，且經由更換不同的諧振電容值也可以證明跟諧振頻率公式 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 所算出來的結果是相符的。

為了使本組所設計電路在一般環境中使用，於是參考了第 57 屆科展中 555 計時器可以產生 35KHZ 方波去驅動本組的振盪電路，以下是本組使用的材料費用：

表十一、使用的電子材料明細表

	IRFZ44N	555IC	1.2 漆包線	0.6 漆包線	1N4004	電容	7805	電阻	
個數	1	1	1	1	4	5	1	2	
價格	25	7	32	32	2	6	10	2	
總計	25	7	32	32	8	30	10	4	149 元



圖6-3、555 計時器頻率計算機

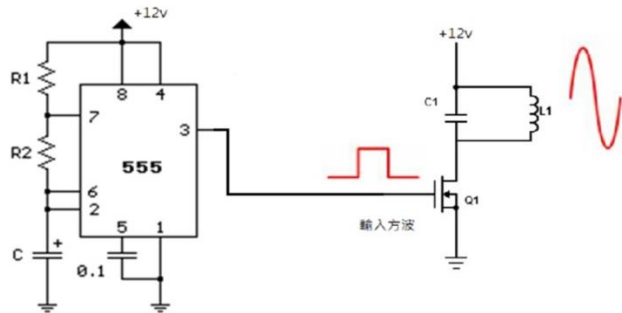


圖6-4、555 計時器及振盪電路組合圖

於是本組買了一組 12V 1A 變壓器約 48 元，本組的電路在家用的插頭就可以很方便使用了。

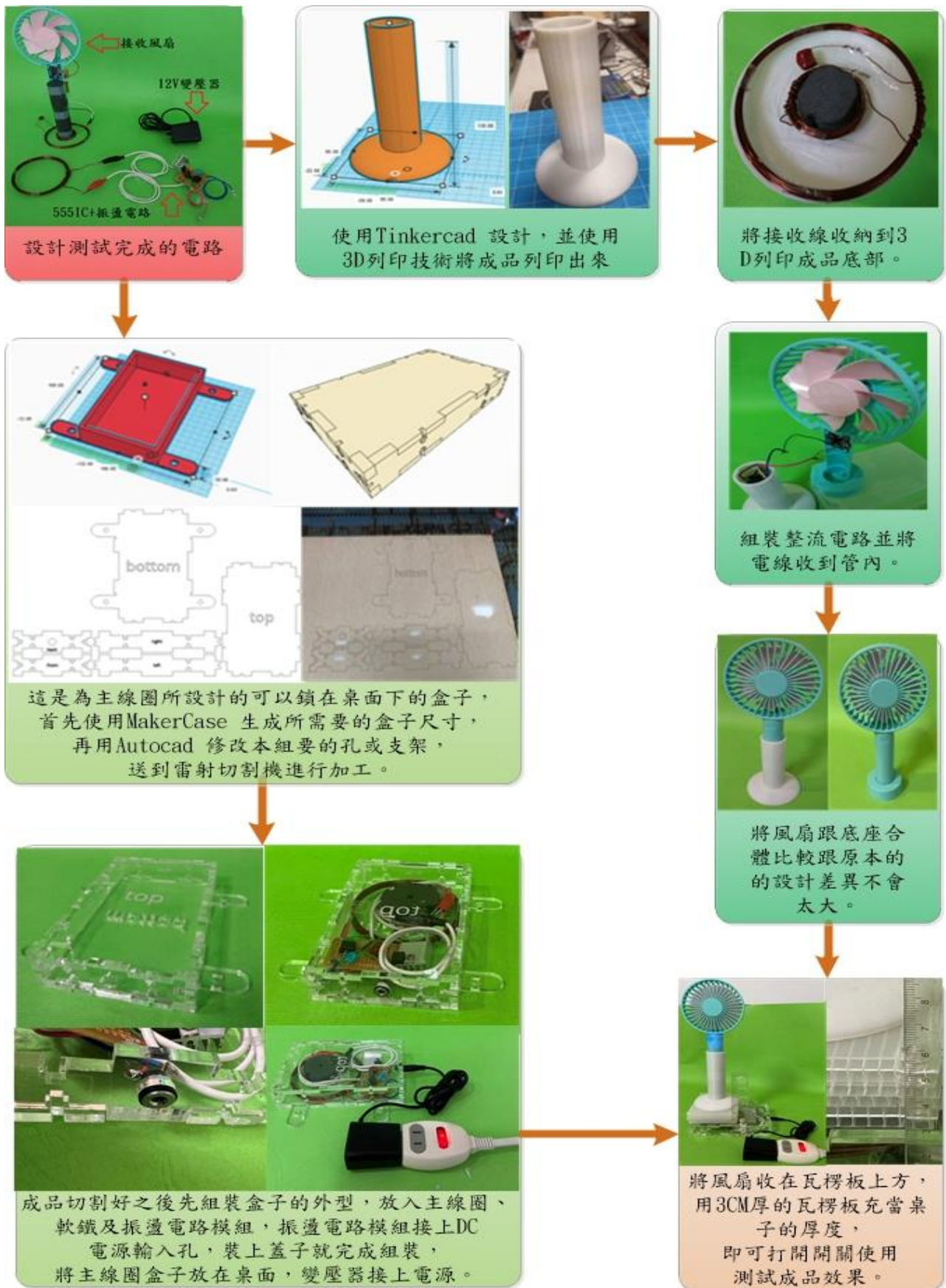


圖 6-5 本組依電磁感應所設計無電池風扇成品流程圖



圖 6-6 本組無電池風扇成品組裝前後照片

其他無線供電延伸應用



首先用3D列印機印出一個2號AA電池組裝看是不是尺寸OK



將次線圈、整流電路及諧振線圈焊接好，先測試完成後就可以放到3D列印好的模型中。



從2號電池上拆開外包裝取得正負極的金屬片跟整流電路焊接好。



將上蓋組合，用保利龍膠粘合，即可使用。

圖 6-7、2 號 AA 無線電池



將振盪電路、線圈、DC插頭焊接好。



再將線將振盪電路、線圈放到自轉盤的內部。



採用3D列印外扇外殼及底座，再將整流電路、諧振電路、軟鐵放入。



組合完成後，接上電源就可以360度的使用。

圖 6-8、360 度自轉風扇


五、總結

本組從一開始的無線電力傳輸的方式，一直收集相關感應式電力無線傳輸的發展，文章中常被提及反饋的問題，不外乎需要準確對位、傳輸效率不佳、傳輸速度慢與溫度較高、傳輸距離受限等因素。目前市售的大功率的無線充電器，為了加大傳輸功率，一直去加大發射端的電壓或電流，相對的結果也容易導致線圈發燙，更是浪費能源。無線充電的原理類似於變壓器耦合傳輸電能，不同的是兩感應線圈間距較遠，導致磁場漏感較大與低耦合係數。於是本組以傳輸效率不佳的因素進行改善，在**主線圈**及**次線圈**加入**軟鐵**使**無線傳輸**損耗減到最少，這是一個之前文獻所沒有注意到的**重大發現**。在實驗的過程中發現**主線圈**加入**軟鐵**後，原本線圈功率比52%可以提升到**4.70%**，再加入一組諧振線圈，又再提升輸出功率比到**80%**，最終在次線圈再加入軟鐵輸出功率比到**85%**，這樣便宜又簡單的方法可以提供給大家參考。也希望日後會有其它材質來代替軟鐵，將電磁感應的磁力線變成具有指向性且像是有線傳輸一樣，減少能量損耗的效果。二端採用**柱狀**的**軟鐵**接收的**距離較遠**，**平面軟鐵**的接收的**功率較大但距離較短**，**最好的組合是發射及接收的軟鐵數量一樣多及負載端的軟鐵數量多是最穩定的**。


一般正常使用18650電池時，充電壽命可達500次~1000次，電池的充電也會隨著每次的充放電，效率會愈來愈差，當不能再使用的時候就只能回收不能再重新利用，這樣對於環境是一種污染，如果可以採用無線供電的方式就不會有這個問題，像是電動車或交通工具本身的電池變成直接供電的方式來驅動，也就不會有報廢電池的問題。

六、以下本組跟歷屆相關科展的比較表：



表十二、第54屆與本組比較表

比較	第 54 屆 國中組 物理科 飛「波」傳「電」~6V 電池直流 電源之無線電力傳輸與充電[7]	第 62 屆 國中組 生活與應用科學科(一) 無線你的無線--無線傳輸效能 的改善
比較項目	倍壓式整流電路	串聯諧振電路
實驗結果(輸出)	增加 3.9 倍	增加 3.8 倍
主線圈加軟鐵(輸出)	NO	增加 5.2 倍 

表十三、第57屆與本組比較表

比較	作品名稱 第 57 屆 國中組 生活與應用科學科 低調也行-應用電磁感應原理探討低頻無線傳輸及無線充電之效能[1]	第 62 屆 國中組 生活與應用科學科(一) 無線你的無線--無線傳輸效能的改善
比較項目	電磁感應線圈	電磁感應線圈
實驗結果(功率比)	0.42	0.52
主線圈加軟鐵(功率比)	NO	0.7 

表十一四、第58屆與本組比較表

比較	作品名稱 第 58 屆 國中組 生活與應用科學科(一) 無線傳電「遠」又「多」—利用特斯拉線圈自製無線傳電系統[8]	第 62 屆 國中組 生活與應用科學科(一) 無線你的無線--無線傳輸效能的改善
輸入電壓	15V	12V 
實驗結果(輸出)	3.78W	4.7W 
價格	200 元	149 元 
體積大小	大	小 

七、與市售的無線充電比較表：



一般市售標示10W的商品，本組實際測試結果
 $4.44 \times 0.69 = 3.06W$



本組自行設計的組合，測試結果
 $3.64 \times 1.155 = 4.2W$

柒、參考資料

- 1、邱裕仁等(2017)。低調也行-應用電磁感應原理探討低頻無線傳輸及無線充電之效能。全國第57屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 2、高三物理(下)18-2載流導線的磁場I載流圓形線圈的磁場 (43- 52頁)。臺南市。翰林出版
- 3、磁共振結合無線充電 提升功率擴大應用。取自 <https://reurl.cc/rDvqXr>
- 4、「不插電」電動車環島將成真？改變生活的無線充電技術。取自<https://reurl.cc/2Zj9jv>
- 5、基本電學下冊 第11章 諧振電路 (228-277頁)。新北市。全華出版
- 6、王茅復興(2019)。無線充電原理和簡易裝置的製作。每日頭條。取自<https://reurl.cc/3oMy7X>
- 7、許躍繭等(2014)。飛「波」傳「電」~6V 電池直流電源之無線電力傳輸與充電。全國第54屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 8、高浩鈞等(2018)。無線傳電「遠」又「多」—利用特斯拉線圈自製無線傳電系統。全國第58屆中小學科學展覽會作品說明書。

【評語】 100028

1. 本研究探討無線傳電，以簡單低成本的方法來改善傳輸效率不佳的問題。議題由生活情境出發，思考解決方式，並進行測試驗證，內容完整。
2. 研究顯示在主線圈及次線圈加入軟鐵能使無線傳輸損耗減到最少，後續加入諧振線圈進一步提生效能，是重要發現。
3. 後續或可評估測試其他材質來代替軟鐵，將電磁感應的磁力線具有向性，或可進一步減少能量損耗。
4. 無線充電的系統需求高，市面上也具有各類商品，各家廠商在設計商品時應已依據現有情境最佳化（產品間的競爭性非常高）。本研究提出不少對現有系統改善的方向，建議完整分析評估各設計間在工程面的優劣和商業可行性等，更可清楚定位未來發展方向。