

# 捷運不打烊

## 國中組應用科學科第二名

台北市立天母國民中學

作者：朱承啓、林祝吉、劉秉睿、張書榜

指導教師：賴泰宏

### 一、研究動機

- (一)電與磁是什麼？
- (二)它們從那裡來的？
- (三)它們之間有什麼關係？
- (四)日常生活裡電磁的應用有那些？
- (五)捷運系統的電車是如何運行的？

### 二、研究目的

將深奧不易理解且極為抽象的電磁原理，經由模型實物的解剖，使其呈現出淺顯而具體的概念，並結合實際的應用構成一完整的系統。

### 三、文獻探討

- (一)電是一種能量，它可以從某一形式變換成另一形式。（註一）
- (二)永久磁性是由於磁性物質中的軌道電子隱藏運動所形成。（註二）
- (三)在一閉合的電路裡，若導體中有電流流動，則會產生磁場，此為磁場的安培定律，亦即電生磁的電磁效應。（註三）
- (四)在一個改變的磁場裡，任何閉合的電路上會感到一個電動勢，此為法拉第一—亨利定律，亦即磁生電的電磁效應。（註三）

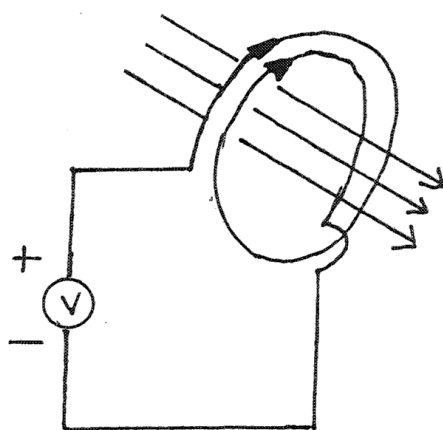
### 四、研究設備器材

- (一)永久磁石
- (二)漆包線繞製線圈
- (三)數位式交流、直流電壓計
- (四)類比式直流電壓表頭
- (五)類比式直流電流表頭

- (六)馬達
- (七)變壓器
- (八)整流器
- (九)電容器
- (十)發光二極體
- (十一)可變電阻器
- (十二)兩極雙投開關
- (十三)12V電源供應器
- (十四)電燈泡
- (十五)磁針
- (十六)電車組
- (十七)電阻器
- (十八)二極體

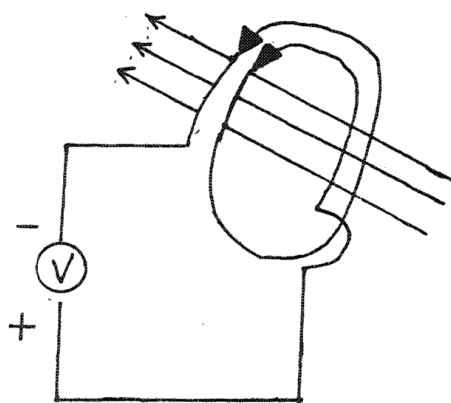
## 五、研究過程或方法

(一)由磁產生的磁場和磁力線是抽象無形而無法用眼看見的，本實驗利用磁同性相斥的特性，將兩個磁環互斥，使其中之一懸浮於空中，因此懸浮的空間即可顯示出磁場，其推斥的距離即為其磁力的強弱。（樣本A）



( ■ 1a)

接近線圈，磁通增加



( ■ 1b)

離開線圈，磁通減少

(二)磁除了磁性物質如磁鐵、磁石等，係由於該物質中之軌道電子隱藏運動所產生外，依據磁場安培定律：在一閉合的電路中通以電流後會產生磁力，本實驗利用一只套環，在其上繞以30圈的漆包線，並施以電壓使產生電流，此時經由磁針（指南針）可觀察出磁力，若切換電流方向，則磁力方向亦改變。

(樣本B)

(三)依照法拉第——亨利定律：當一個磁場產生變化時，在閉合的電路上則會感應出電動勢。(樣本C1及C2)

- 1.在一圓筒上繞以80圈的漆包線，並接上高阻抗的電壓計，使其構成一回路，當永久磁鐵或磁石接近線圈時，會在線圈兩端感應出負電壓值(-DVC)，當離開線圈時會感應出正電壓值(-DCV)，其感應電壓的方向由楞次定律：感應電流的方向是反抗正在發生中的磁道變化。
- 2.若磁場交替變化，即交替的接近和離筋u，則會感應出交變的電壓即交流電壓值(ACV)。

(四)電動機(俗稱馬達)是利用電流產生磁與固定的磁場發生吸引與推斥的作用力以產生轉動，這種機械就是電生磁的應用。本實驗係利用解剖方式以觀看其運作原理，在此實驗中，由於固定磁場的磁通量不足，當接上電源並無法使其轉動，必須施以外力磁(較多的磁通量)方能運轉，藉此可了解出磁通量的重要。(樣本D)

(五)發電機是依據磁場變化產生電流原理做出的機器，這種機器就是磁生電的應用，發電機有交流與直流兩類：

- 1.本實驗是交流電發電機的架構，當轉軸藉外力旋轉時，由於磁極的交變，因此在線圈上感應出交變的電流，發電機線圈上的電壓與轉軸轉動的快慢成正比，轉軸轉動愈快則電壓愈高，反之則低。轉軸的動力可靠水力帶動水輪機，火力或核能推動汽渦輪機，這些就是我們日常生活裡電的來源——水力、火力、核能發電，本例中的轉軸動力是藉馬達傳動示意。(樣本E)
- 2.直流發電機與交流發電機不同的地方是其電流有方向性，在本實驗中可藉電壓表和發光二極體(LED)來顯示，當旋轉輪順時針轉動時，電壓表會向右偏移且紅色的LED發光，反時針時電壓表則向左偏移而由綠色LED發光。

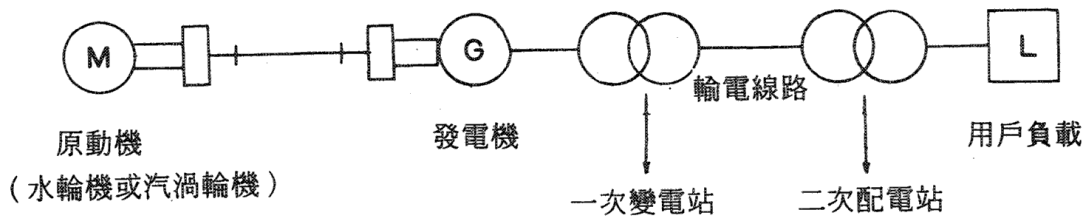
(樣本F)

(六)變壓器也是一種利用電磁感應原理做出的一種換能機器，它是利用變壓器兩側線圈圈數的比例來升壓或降壓，升壓的目的係為了減少輸送時的電力損失，而降壓是為配合設備電壓所需，變壓器的升、降壓只能應用在交流電力上。

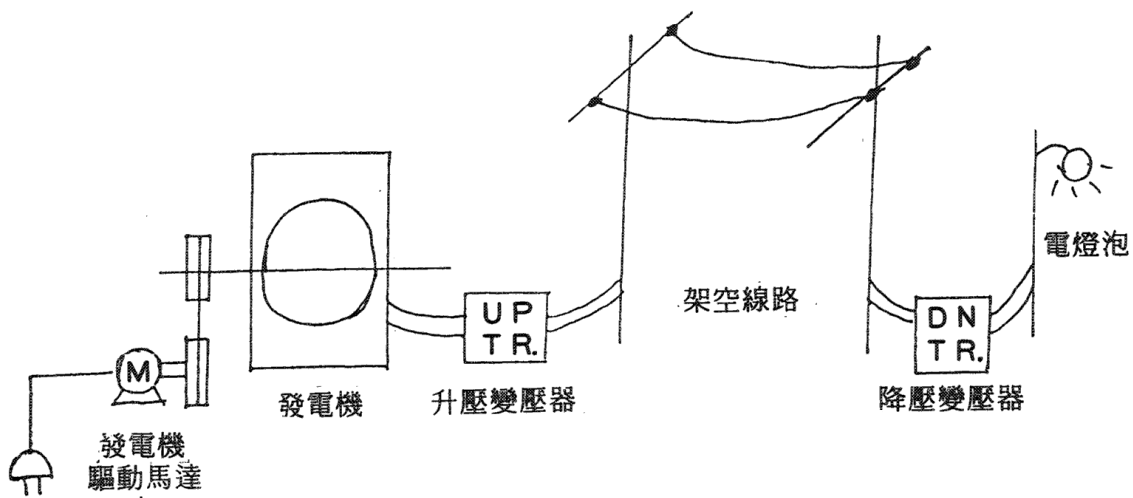
## 六、研究結果

(一)由前述各項單一的研究，再配合實務上的應用，將電力系統由發電經傳輸至用戶端，構成一套完整的系統架構，並驅動電燈泡發光，其示意圖如下：

(樣本G)



(圖2a)實際電力系統示意圖

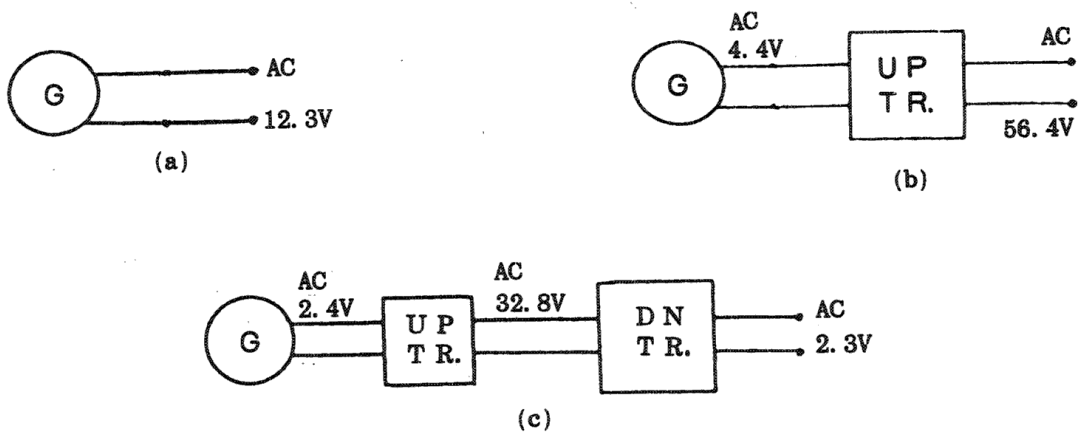


(圖2b)組裝圖

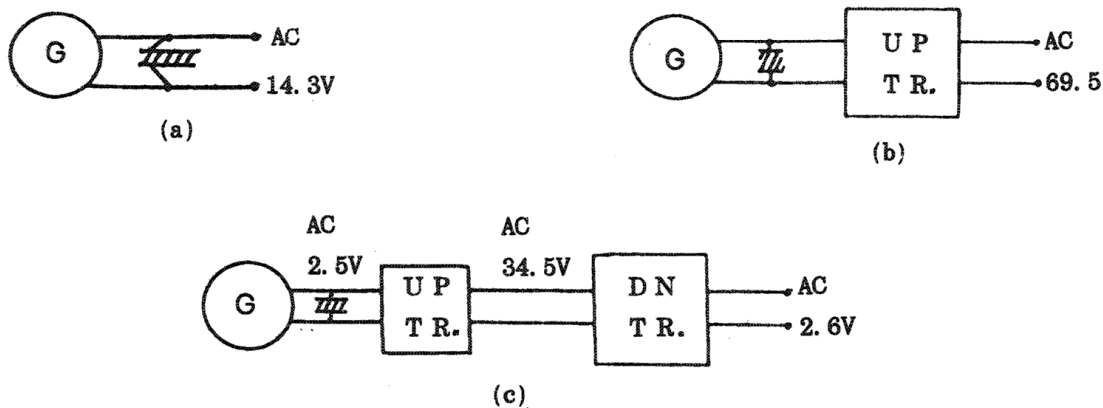
(二)系統實測數據

1. 無載情況

(1) 未加上補償電容器時：

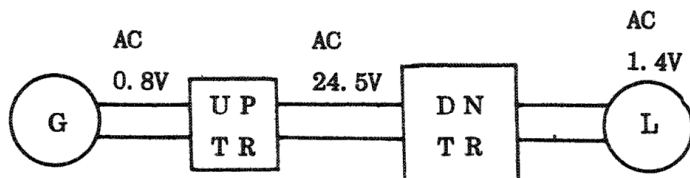


(2)加上補償電容器時：

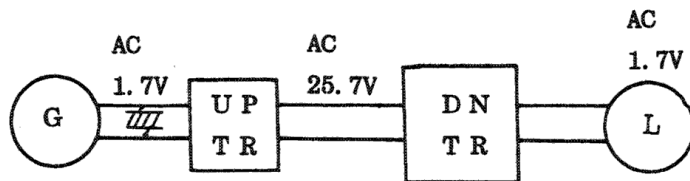


2.有載情況

(1)未加上補償電容器時：



(2)加上補償電容器時



(三)捷運系統是一種舒適便捷的交通工具，它是利用電力驅動電聯車上的傳動機構以使車輛運行，台北捷運的電聯車動力是由動力變電站將交流的電力經過整流變成直流的電力。由第三軌供給正電，運行軌供給負電，其基本架構如下：

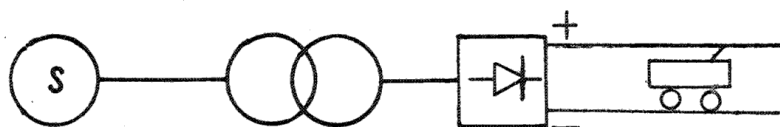
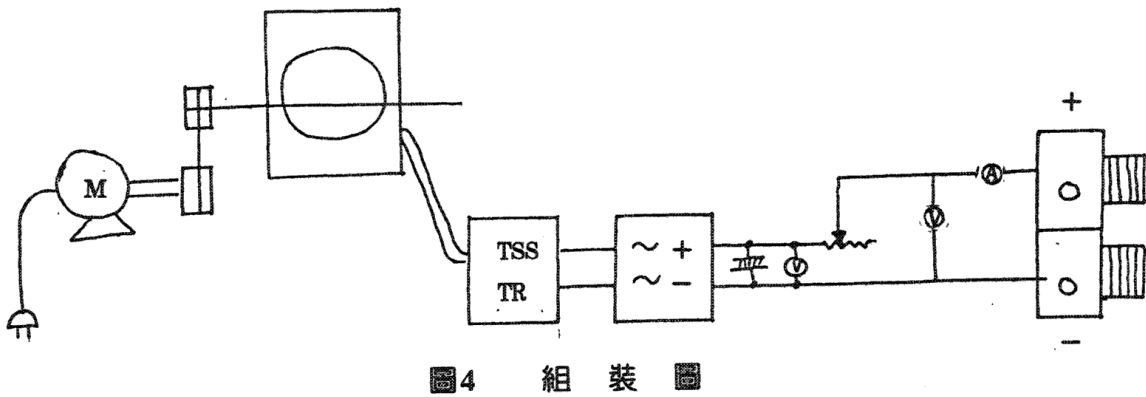


圖3 捷運系統電聯車動力示意

(四)本次實作電車驅動馬達的特性

電車驅動馬達性能	
供應電車電壓	消耗電流A (安培)
3.14V~3.34V	0.15A
3.36V~3.46V	0.16A
3.90V~4.04V	0.17A
4.49V~4.70V	0.18A
5.41V~5.58V	0.19A
6.83V~6.94V	0.20A
8.71V~8.83V	0.21A
9.63V~9.74V	0.22A
10.25V~10.81V	0.23A
11.43V~11.94V	0.24A

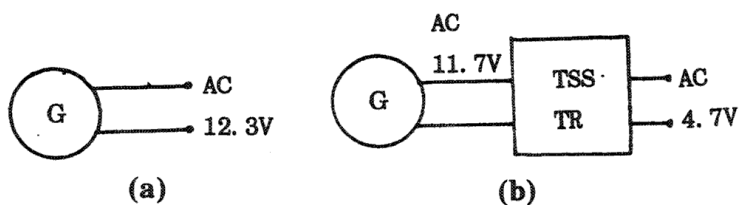
(五)本次實作係以最低運轉要求3.5V 0.15A為設計條件，其組裝示意如下：（樣本H）

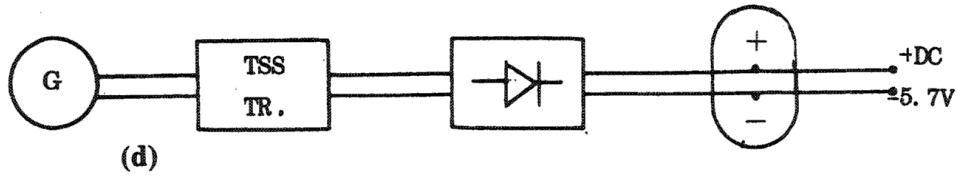
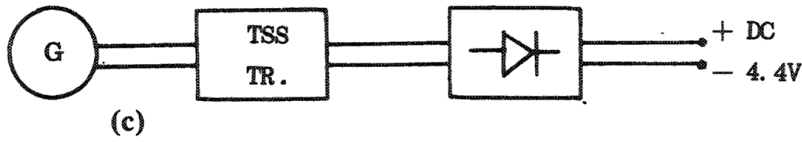


(六)系統實側數據：

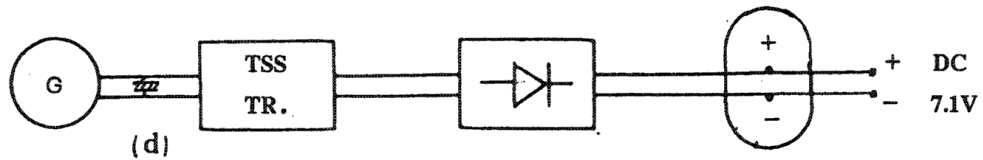
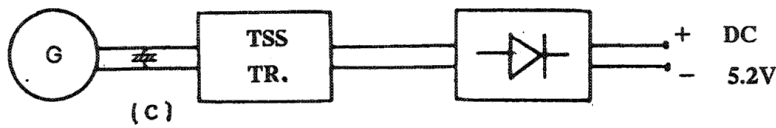
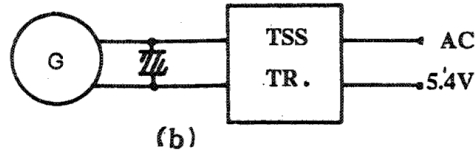
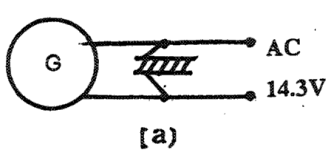
1. 無載情況：

(1)未加上補償電容器時



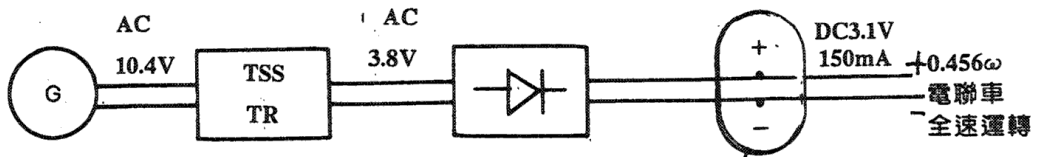


(2) 加上補償電容器時：

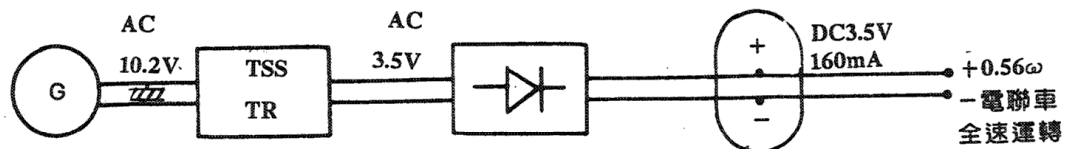


(七) 電聯車全速運轉情況：

1. 未加上補償電容器時：



2. 加上補償電容器時：



## 七、討 論

在電車系統的實作中，由於發電機供電的電力不足，無法使電車在最低要求下行車，經檢討發電機在本實作中已為固定條件無法再予改良，但由於本系統裡使用了變壓器等之電感性之件，會消耗無效電流，使得總電力不足，因此可藉電容器予以改善以提高總電流量，經加入補償電容器後則系統明顯改善，增加20%之效能，並使得電車可如期通車。

## 八、結 論

這次的參展作品和實驗能順利的完成，非常感謝老師們的熱心指導，同學們的分工合作，以及家長們的協助，雖然在過程中我們遭遇不少的困難，例如作品中的器材大多要靠自製，經常發生失敗，但我們仍堅持一試再試不斷研究改善，最後終能嚐到成功的果實。最後也是最重要的是我們利用了最基本的電磁理論，配合了最簡單的器材，完成了與現實生活裡相同的應用，並使得我們對電與磁有了非常深入的了解與學習，希望這些作品也能帶給其他朋友們見習的機會。

## 九、參考資料及其他

- 一、註一：1957 Corcoran And Reed所著  
Introductory Electrical Engineering (電機工程學)
- 二、註二：1980 Slemon And Stranghen所著 Electric Machines (電機機械)
- 三、註三、四：1969 Marcelo Alonso And Edward J. Finn所著  
Physics (物理學)
- 四、電力系統分析 (陸仁傑，全華圖書)
- 五、S. B. Dewan And A. Stranghen所著  
Power Semiconductor Circuits (電力電子電路)

## 評 語

1. 本作品主要是探研電磁原理之相關性，作者將平常不易由教科書上了解之電生磁，磁生電之現象，以自行設計與研製的電路及儀表去顯示電磁原理，而且作品之表示及操作，深具特色，不失優良之教學器材。
2. 作者之電磁原理之解釋及現象之說明，頗為深入而條理分明且生動。
3. 作品之探討結果呈現完整性，而且展示之作品在現場操作也顯示相當可靠，在國中生而言，更殊屬難得。