

## 電動機械實驗 Lab2 報告

### (Electrical Machinery Laboratory Lab2 Report)

實驗題目 (Experiment title) : 電子式日光燈

日期 (Date) : 2022/03/09

時間 (Time) : 15:30 ~ 21:30

地點 (Place) : 台達館 218

組別 (Group number) : 第 1 組

組員 (Group member) (簽名) : 王致中、黃威誌

撰寫人 (Writer) : 108061106 王致中

## 1. 實驗目的：

節能減碳是近年來各國高度重視的一大議題。台灣自產能源少，大部分需仰賴進口，然而用電量激增及能源開發受阻，限電變成了不可避免的問題。因此，節能減碳以及開發較高效率之電器設備就顯得十分重要。台灣地區照明用電量約為總電量之 20%，提高照明燈具的轉換效率，對整體用電需求量增加將有緩和作用。目前既有電照燈具可概分為下列四大類：

- (1) 白熾燈(Incandescent lamp)及鹵素燈(Halogen lamp)。
- (2) 螢光燈管(Fluorescent lamp)。
- (3) 氣體放電燈(High-intensity discharge (HID) lamp)。
- (4) LED 燈。

在電照燈具中，日光燈之效率比白熾燈高出甚多，故其使用量相當大。日光燈的安定器可分為傳統式及電子式兩種，傳統式日光燈由燈管、安定器及啟動器等組成，其優點有：構造簡單、易於維修、價格便宜，但在省能及舒適的觀點上有幾項缺點：(1)安定器為電感性阻抗，使功率因數偏低；(2)日光燈直接使用市電，其頻率為 60Hz，日光燈每秒 120 次的低頻閃爍會使眼睛感到疲勞與不適；(3)啟動點燈的時間太久，通常需要一秒以上，有時無法一次點亮，必須重覆點到亮為止，對日光燈之壽命影響甚大。

隨著電力電子之演進，以高頻供電之電子式日光燈逐漸被開發使用。電子式安定器具有：50/60Hz 可共用、無閃爍、瞬時點燈、體積小、重量輕、低噪音、高功因及高效率省能等優點，且容易安排具有調光、功因調控及遙控等多樣化功能。因此，開發高可靠、壽命長、低成本、少電磁干擾之電子式安定器日光燈是目前熱門之研究課題。

本實驗之主要目的即在於了解傳統日光燈之操作原理，並組裝一基本電子式日光燈，以增進我們在電力電子於電照應用上之認識。

## 2. 系統組態及接線圖：

(1) 110V / 10W 按鈕式日光燈線路圖：

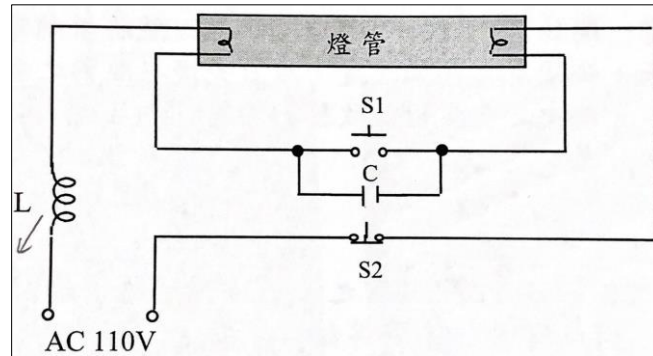


Fig. 2.1

(2) 110V / 10W 具啟動器之日光燈線路圖：

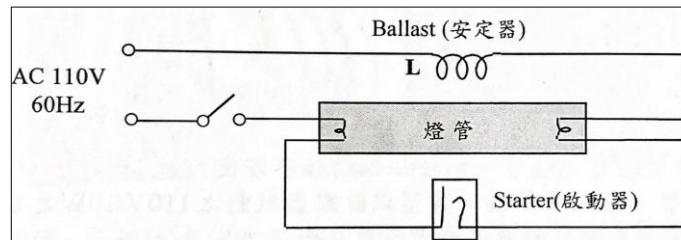


Fig. 2.2

(3) 電子式日光燈電路結構方塊圖：

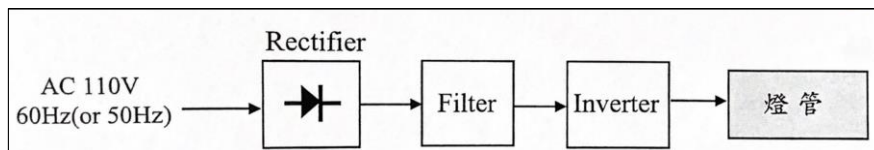


Fig. 2.3

(4) 半橋式電子式日光燈電路：

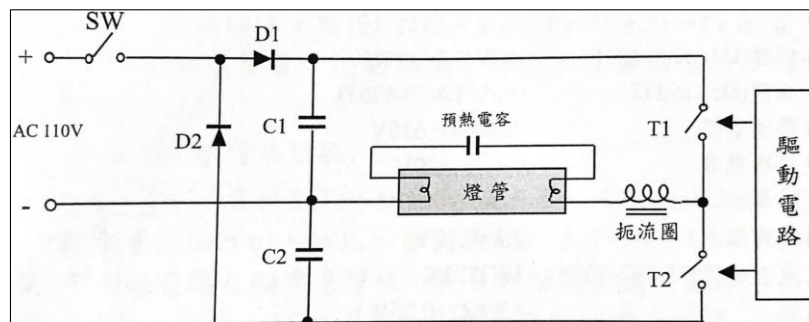


Fig. 2.4

(5) 電子安定器日光燈實驗電路接線圖：

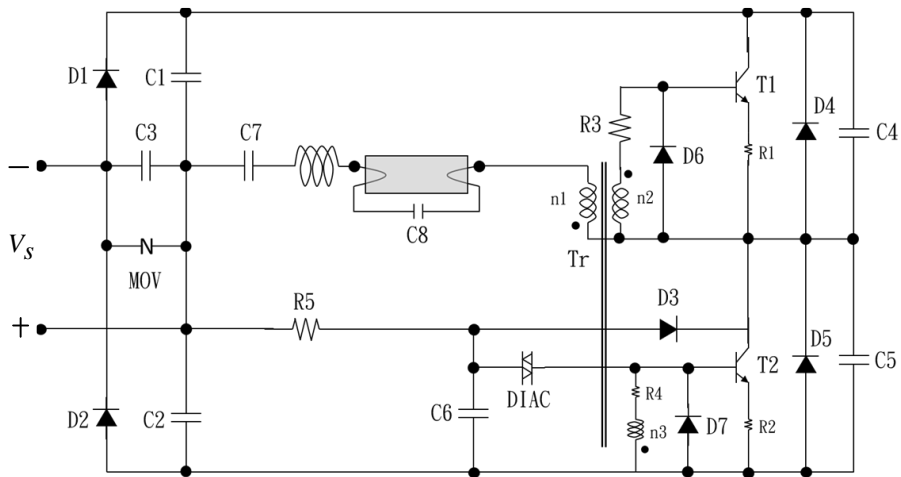


Fig. 2.5

(6) 電路元件值：

$$C_1 = C_2 = 22\mu F / 250VDC$$

$$C_3 = C_4 = 0.001\mu F / 630VAC$$

$$C_6 = C_7 = 0.1\mu F / 630V$$

$$C_8 = 2.2nF (1kVAC)$$

$$R_1 = R_2 = 2\Omega (0.5W)$$

$$R_3 = R_4 = 47\Omega (0.5W)$$

$$R_5 = 470\Omega (0.25W)$$

DIAC (DB3): Breakdown voltage = 36V

Transformer (Tr)  $n_1 : n_2 : n_3 = 8 : 4 : 4$

### 3. 實驗項目之工作原理：

#### (1) 啟動器式：

啟動器式為將小玻璃泡抽真空後，注入少量氬、氖、氫等稀有氣體，並裝上塗有氧化鋇之雙金屬片及一個固定電極而成。在日光燈未使用前，兩個電極是分開的，當按下日光燈之電源開關後，外加電壓於啟動器之兩電極間，產生輝光放電，產生的熱量很大，使雙金屬可動電極伸直與相距半毫米

的固定電極接觸。日光燈兩端之燈絲即被串聯加熱，此時約有兩倍的額定電流流過整個迴路。燈絲被加熱後即放出大量電子，此時由於輝光放電已因兩電極之接觸而消失，故 1-2 秒後可動電極即因溫度降低而與固定電極分離。在這啟動器開路的瞬間，安定器反抗電流消失，因而感應一高電壓，使得燈管放電發光。(講義圖十之工作原理)

### (2) 按鈕式：

將開關 S1 按下時，電流通過燈絲，使燈絲產生高熱，放射出電子。而當放開 S2 時，電流突然中斷，在安定器(電感)兩端產生瞬間高壓( $Ldi/dt$ )，電子被吸引而高速奔馳，進而開始放電。放電後只需較低電壓即可維持繼續放電而明亮，因燈路串接限流電感，功率因數(Power factor)低。熄燈時只需將 S2 按下，切斷電路即可。

### (3) 電子式：

三繞組脈衝變壓器 Tr 與電晶體 T1、T2 組成之半橋自激迴授多諧振盪電路產生高電壓方波  $V_i$ ，此方波  $V_i$  加於 L、 $C_8$  諧振槽路，當燈管未點燈前，燈管電阻  $R_N$  相當大，L、C 諧振槽路之 Q 很大，其產生之高電容電壓  $V_C$  提供點燈電壓。燈管發光後，其電阻  $R_N$  (燈管電阻為非線性電阻) 劇降，降低諧振電路之 Q 值，使諧振電路的電容電壓  $V_C$  減少，限制且維持日光燈管電流。

以下就電子式各組成元件功能及電路操作情形進行探討：

- A. **D1, D2, C1, C2**：作為半波整流倍壓電路，輸入為 rms 110V 的弦波訊號，峰值為 155V，故  $V_{C1} = V_{C2} \approx 155VDC$ ，作為半橋換流器之電源。
- B. **R5, C6, DIAC**：當啟動迴路，電源為 ON 時， $V_{C2}(=V_d/2) \rightarrow R_5 \rightarrow C_6$  充電。當  $V_{C6}$  充電至 DIAC 之崩潰電壓後，使 T2 導通，引發半橋自激迴授多諧振盪電路之開始振盪。
- C. **D3**：提供  $C_6$  經 T2 放電之路徑。
- D. **T1, T2, C8, L, Tr**：當啟動 T2 導通後，在諧振電路所流通的振盪電流會經由 Tr 之 n1 耦合到 n2 及 n3，如此，會使 T1, T2 交互 ON、OFF 而持續振盪，由於 L、C 諧振電路之頻率選擇性，使日光燈所流通的電流步為方波而接近正弦波波型，如此，可以減少日光燈所產生的電流諧波。
- E. **D6, R3, D7, R4**：提供 T1, T2 基極電路中變壓器線圈 n2, n3 之飛輪放電路徑。
- F. **C3**：輸入側 EMC 之濾波防制用。
- G. **MOV(Metal Oxide Varistor(變阻體))**：一種突波電壓抑制元件。
- H. **C7**：為隔直流電容。
- I. **D4, C4, D5, C5**：為 T1, T2 之減振電路。

講義圖八之工作原理：首先電路對 C6 電容充電，直到 C6 電壓突破 DIAC 之崩潰電壓，DIAC 導通使 T2(BJT)也導通，如此一來連帶半橋自激迴授多諧振盪電路開始振盪，震盪電流會經由 n1 耦合到 n2 與 n3，使 T1 與 T2 交互開關以達到持續震盪的目的。

#### 4. 實驗步驟：

- (1) 將傳統式日光燈具(T8 日光燈)打開，觀察點燈過程。
- (2) 接著卸下啟動器，用一跳線將啟動器座兩端點短路約三秒後放開，觀察此狀況下的點燈過程。
- (3) 以示波器量測燈管兩側電壓  $V_L$  以及輸入電壓  $V_S$  與電流  $i_S$  於啟動瞬間與穩態時的波形圖。
- (4) 換上 T5 日光燈，重覆步驟(1)~(3)
- (5) 再來接好電子式日光燈電路，以示波器顯示輸入電壓  $V_S$  與電流  $i_S$  於啟動瞬間與穩態時的波形圖。
- (6) 再來以示波器量測燈管兩側電壓  $V_L$  及電流  $i_L$  於啟動瞬間與穩態時的波形圖。
- (7) 換上 T8 日光燈，重覆步驟(5)~(6)

#### 5. 測試結果：

##### (1) 傳統燈座

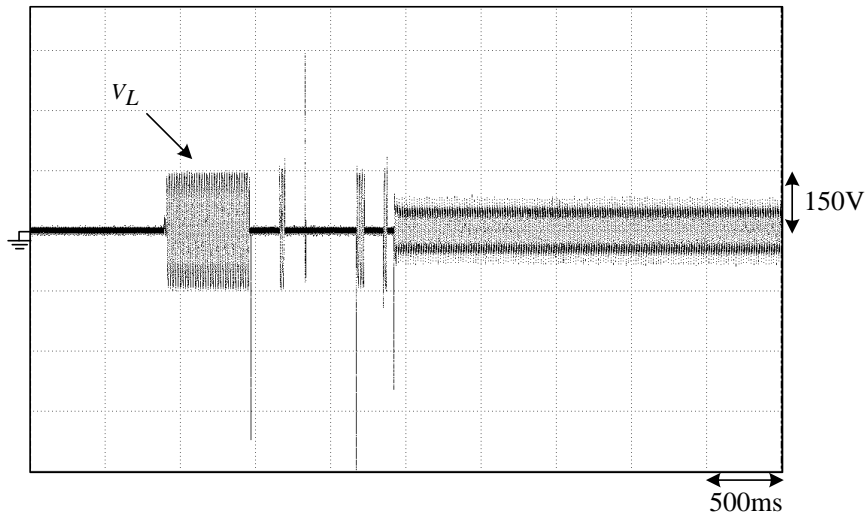


Fig. 5.1. T8 啟動瞬間燈管跨壓(啟動器式)

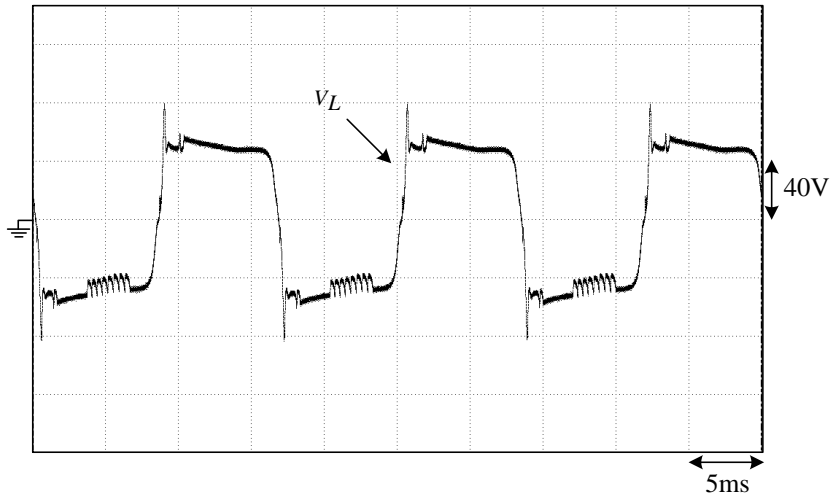


Fig. 5.2. T8 啟動穩態燈管跨壓(啟動器式)

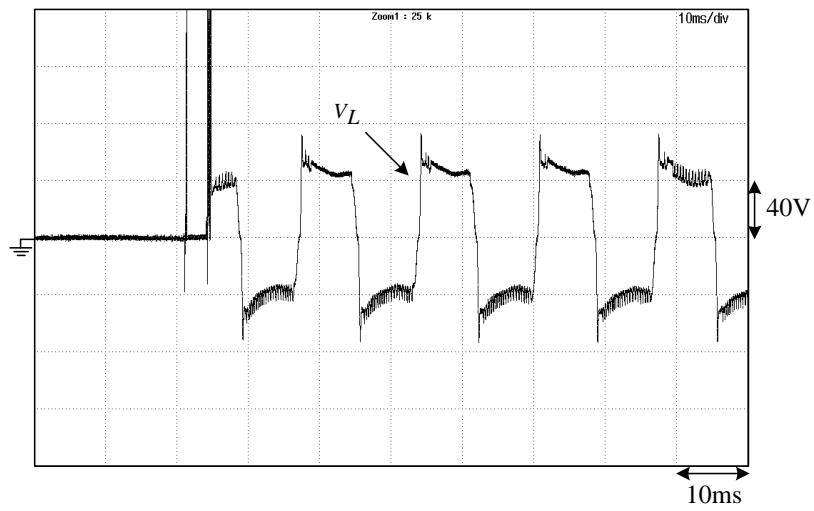


Fig. 5.3. T8 啟動瞬間燈管跨壓(跳線式)

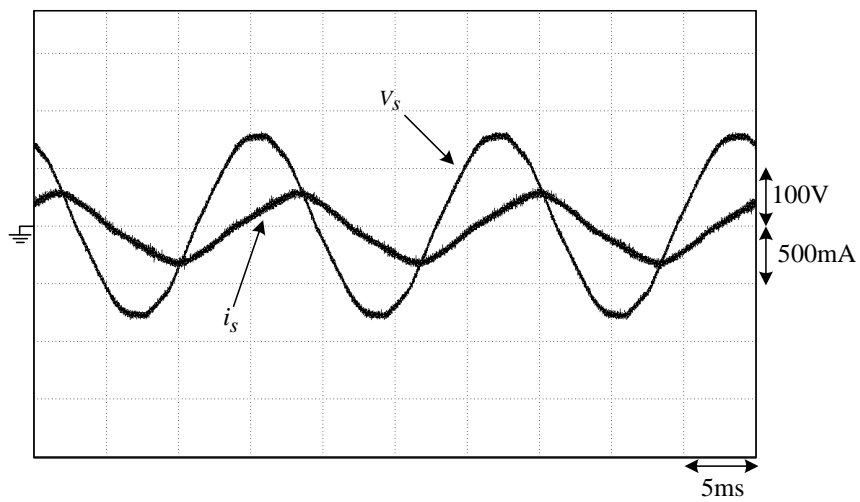


Fig. 5.4. T8 穩態時輸入電壓及電流(跳線式)

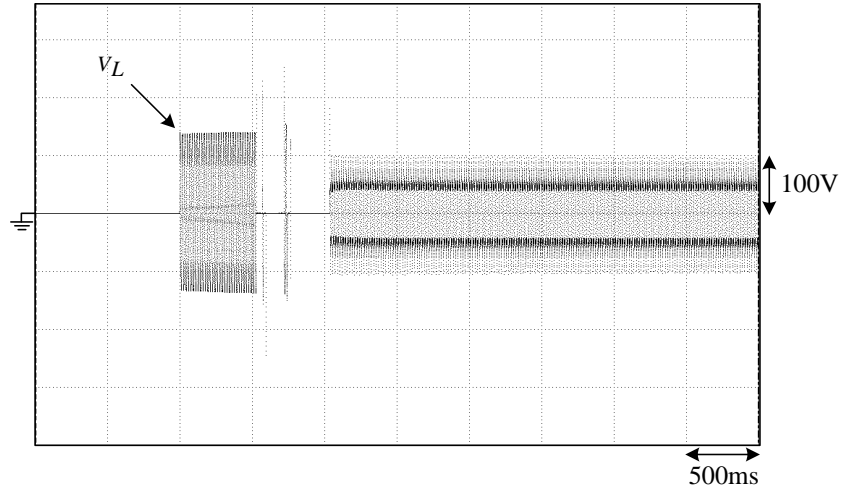


Fig. 5.5. T5 啟動瞬間燈管跨壓(啟動器式)

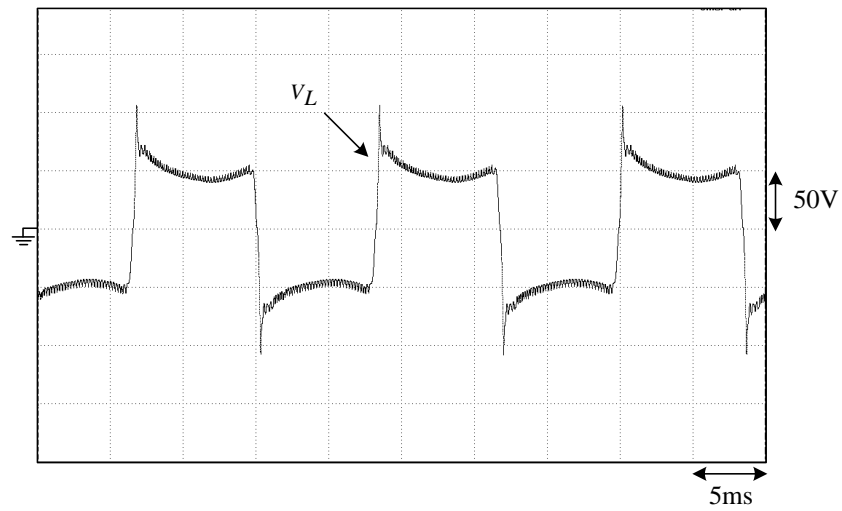


Fig. 5.6. T5 啟動穩態燈管跨壓(啟動器式)

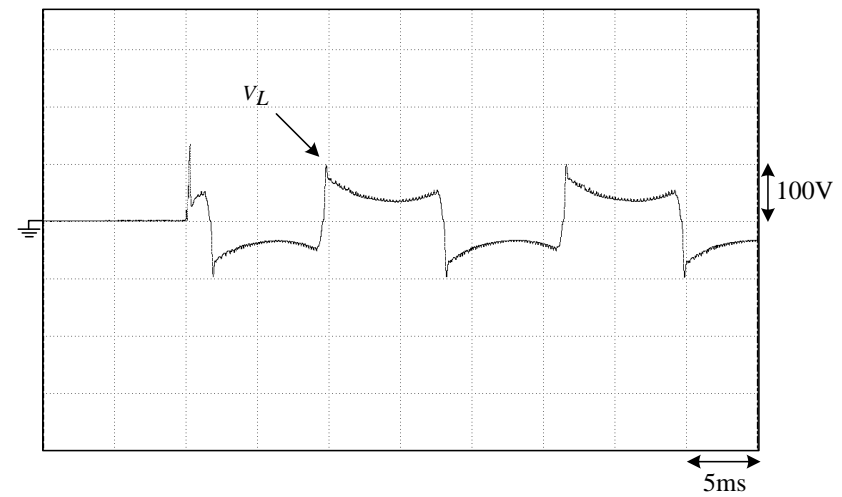


Fig. 5.7. T5 啟動瞬間燈管跨壓(跳線式)



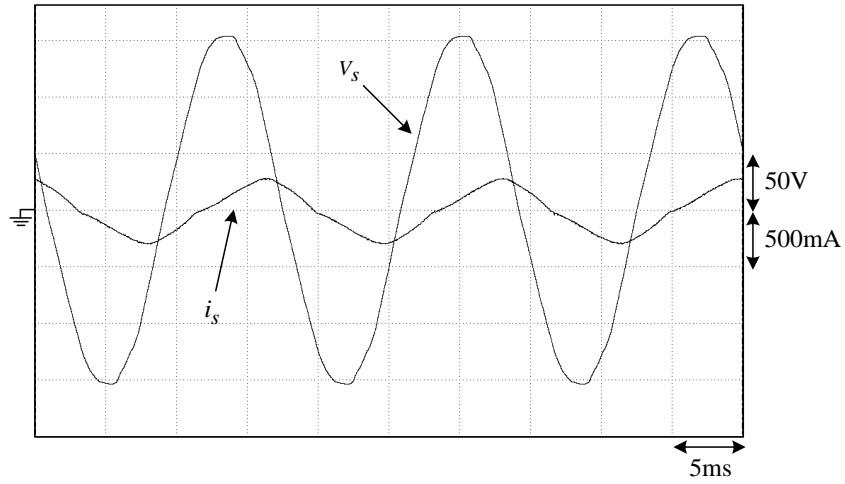


Fig. 5.8. T5 穩態時輸入電壓及電流(跳線式)

(2) 電子安定器日光燈

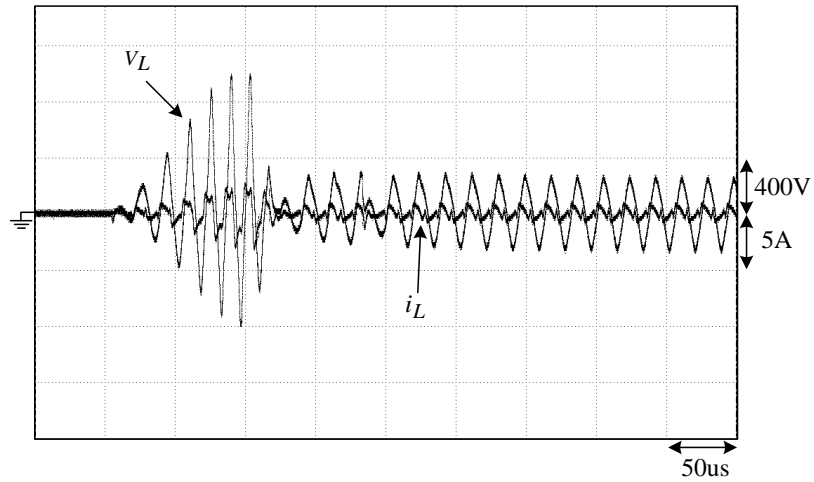


Fig. 5.9. T8 啟動瞬間燈管跨壓及電流

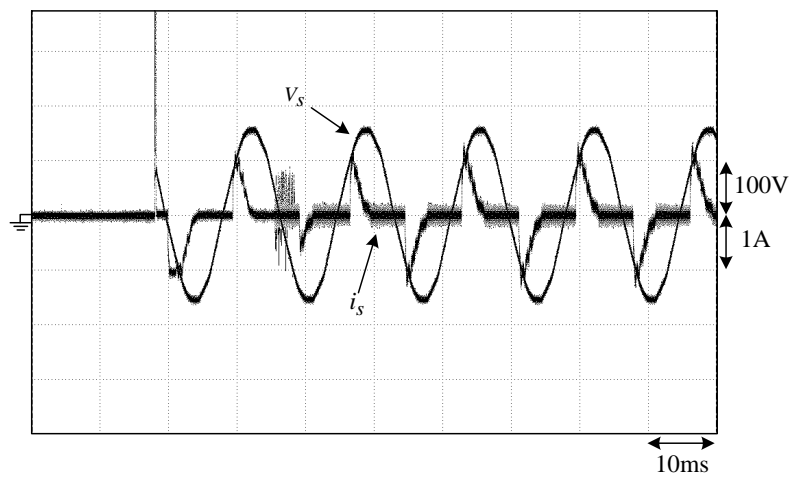


Fig. 5.10. T8 啟動瞬間輸入電壓及電流

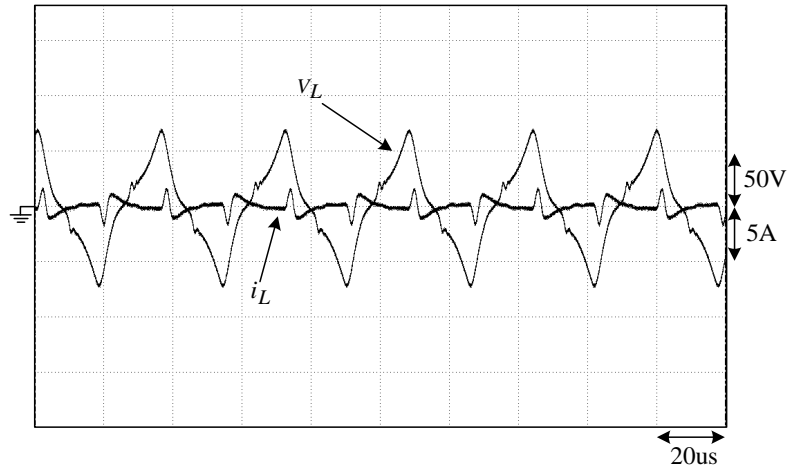


Fig. 5.11. T8 啟動穩態燈管跨壓及電流

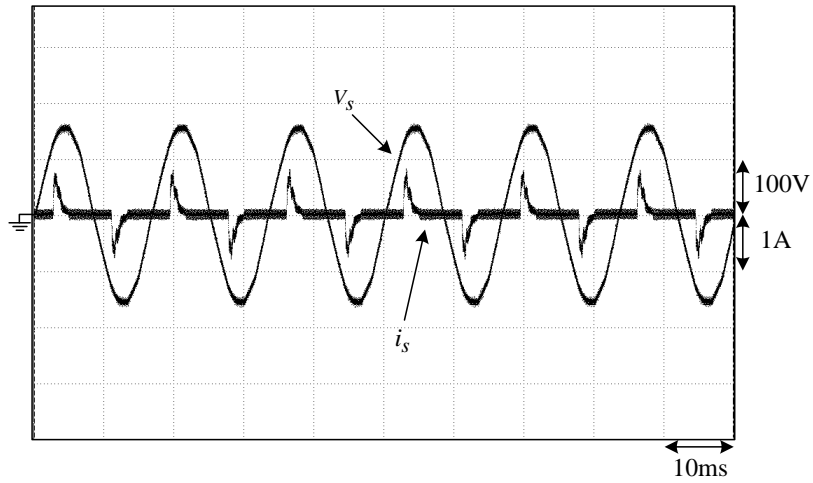


Fig. 5.12. T8 啟動穩態輸入電壓及電流

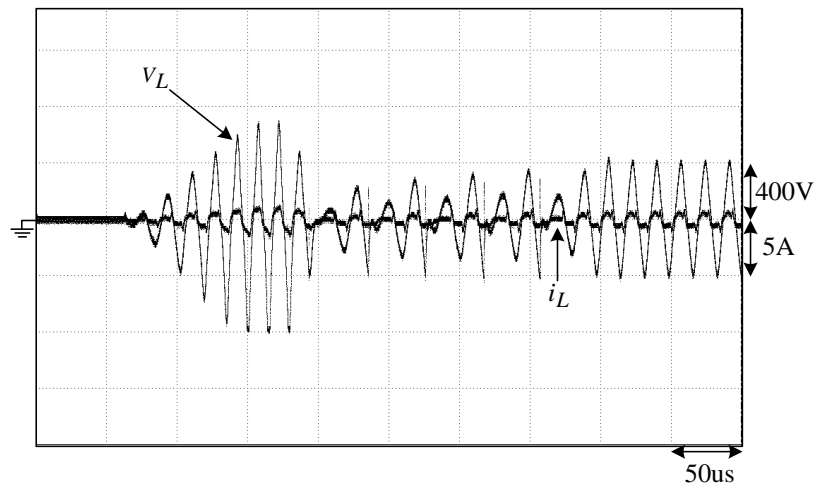


Fig. 5.13. T5 啟動瞬間燈管跨壓及電流

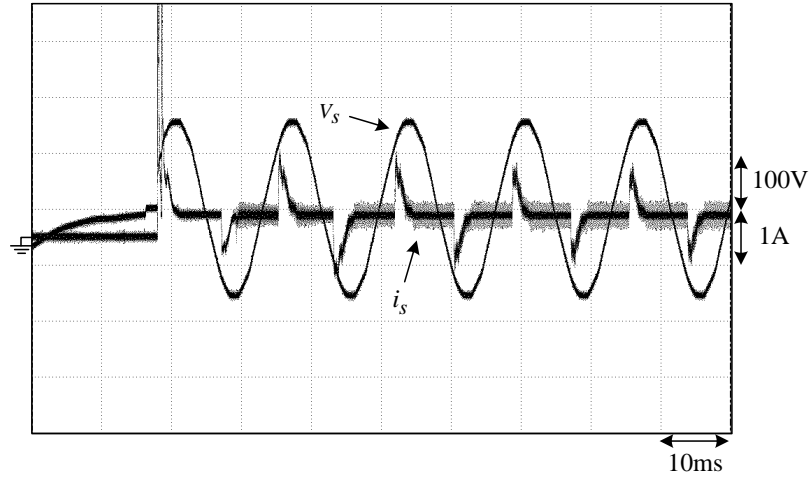


Fig. 5.14. T5 啟動瞬間輸入電壓及電流

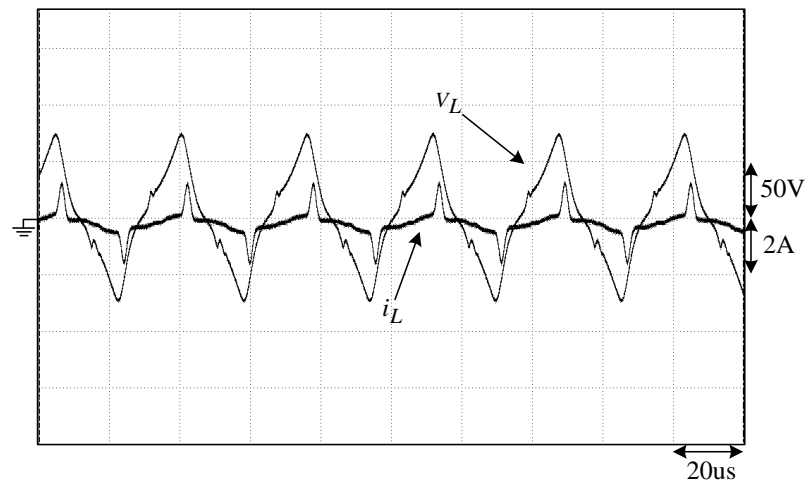


Fig. 5.15. T5 啟動穩態燈管跨壓及電流

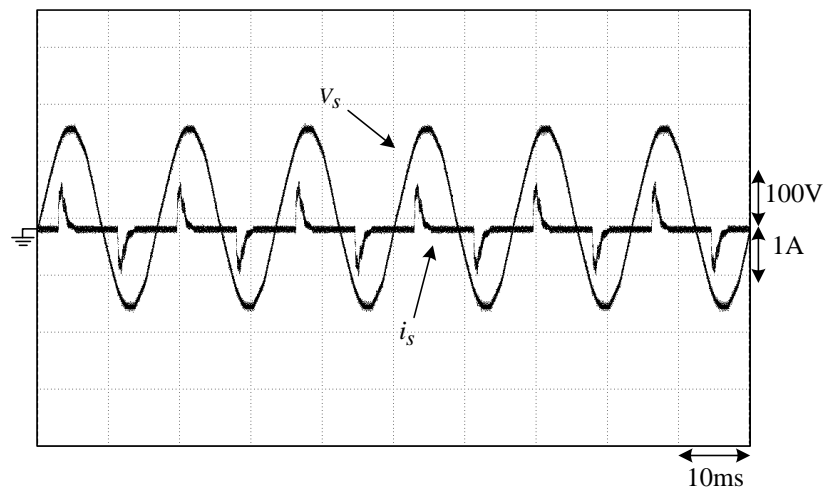


Fig. 5.16. T5 啟動穩態輸入電壓及電流

## 6. 結果分析：

### Fig. 5.1 and Fig. 5.5:

啟動器在啟動前兩端電壓較大，雙電極接觸後壓差降低；在電極放開後，燈管內阻降低，電流增大，因此日光燈僅需較小的電壓即可維持點亮的情形。

### Fig. 5.2 and Fig. 5.6:

T5 之穩態電壓較 T8 高，兩者頻率皆為 60Hz，T8 燈管照度為 800 lx，T5 燈管照度為 900 lx。

### Fig. 5.3 and Fig. 5.7:

兩圖皆可觀察到啟動瞬間有很大的電壓突波，這是因為電感  $V = L \frac{di}{dt}$  所致。

### Fig. 5.4 and Fig. 5.8:

電流並非為正弦波，且落後於電壓，功率因數低。

### Fig. 5.9 and Fig. 5.13:

啟動瞬間有很大的壓差振盪。

### Fig. 5.10 and Fig. 5.14:

啟動瞬間電壓飆升，同時也會產生極大的 EMI，電流為 pulse type 高失真波型，且有被高頻雜訊影響的狀況。

### Fig. 5.11 Fig. 5.15:

電流波形並非理想之波形，波峰與波峰之間電流不平整。我認為是因為這次組線時未規劃清處接線位置，導致電路接的相當緊密，而變壓器之漏磁影響到燈管電流。

### Fig. 5.12 and Fig. 5.16:

電流為 pulse type 高失真波型，且有些許高頻雜訊。

比較 Fig. 5.4 和 Fig. 5.12，我們可以發現 Fig. 5.12 中的電流波型失真相當嚴重，產生大量諧波，這是一般整流器之電流型式，功因也很低，而在現實的應用中我們可以透過具有功因矯正之切換式整流器來改善功因。

實驗講義圖八與圖十之電路操作情形紀錄於 3. 實驗項目之工作原理。

## 7. 問題、討論與心得：

這次實驗的過程不甚理想，雖然我們小組快速的接完線，但燈炮卻不發亮，起初我們以為是線路接錯，又重複好幾次仔細的檢查接線，也沒有查到異狀，在經過各種線材檢查後，一度以為要重新接線了，但燈炮卻在換了BJT後亮了起來，真的是讓我們鬆了一口氣。而後在測量波形時，我們發現了電子式電流的穩態波形相當奇怪，更換了許多電流探棒還是得到一樣的結果，最後推測是電路連接過於緊密導致。

不過這次最值得慶幸的，還是我們沒有因為搞錯變壓器或電容極性而炸掉電路，在實作的過程中看到旁邊小組電路爆炸而冉冉升起的白煙真的是驚心動魄。最後還是要謝謝助教們耐心的陪伴我們討論並且解決問題，總是覺得這些討論的過程才是每次我實驗的最大收穫。