

日光燈調光器研製及其電源輸入特性分析

謝煜弘 宓哲民

南台技術學院電機工程技術系副教授

一、緒論

台灣地區自產能源極度缺乏，絕大部分均仰賴進口。近來由於工商業日趨繁榮及住宅、辦公大樓等大量興建，因此用電量節節升高，但因環保意識使得電源開發受阻，限電成爲必然措施，故節約能源及提高能源傳送和使用效率實屬刻不容緩。

照明用電約佔台電總售電比例 11% [11] 左右，其它先進國家如歐美各國約 16%，日本爲 14.5%，澳洲爲 13%，而新加坡則爲 11% [1]。由於照明用電佔各國總用電量比例甚大，故歐美各國均致力於設法改善其照明燈具之使用效率，並提出數種照明節能對策 [2-4, 10]，其中包括普通電子安定器、調光式電子安定器及自動點滅調光照明系統等，而調光式電子安定器目前尚處於研發階段，且因其製造成本偏高，故至今尚未普遍推廣使用。

由於照明在電力終端消耗中所佔比例不小，照明節能的推廣與實施必能節省可觀的電力，而照明改進的潛力更被形容爲經濟上最大的金礦 [2]。故經濟部爲加強節約用電，已於 82 年 3 月 5 日公告---螢光燈管用安定器耗能標準，以『預熱啓動式安定器』及『瞬時啓動式安定器』爲適用範圍，其中規定第一階段的耗能標準值---安定器功因應達 85% 以上，自 83 年 1 月 1 日起實施，預估每年可以節省電量一億度。而第二階段的耗能標準值---安定器功因應達 90% 以上，自 85 年 1 月 1 日起實施，預估每年可以節省二億九千萬度電力，若能全面採用高效率電子安定器，則每年最大節省電力潛力爲九億度。故照明設備電源輸入特性之探討與改善，以及裝設簡易調光器，將是照明節能上的重要課題。

本文擬針對現有單相 110V 之電磁式安定器和電子式安定器日光燈以及省電燈泡等，廣爲工商業及一般家庭用戶使用之室內照明設備，自行研製日光燈調光器，並就其電源輸入特性進行量測及分析，期能經由簡易調光達到照明節能目的。

二、日光燈及調光器工作原理

2.1 日光燈發光原理及特性

日光燈是將電能轉換爲光能的器具，當加電壓於燈管時，燈絲溫度升高，放出大量電子撞擊氣體分子，導致氣體分子游離並釋放出更多的電子，這些電子再繼續撞擊其它氣體分子，如此持續不斷。其燈管電壓與電

流的關係呈負電阻特性，亦即燈管的電壓隨燈管的電流之增加而減少 [5]，爲了維持安全的電流，必須要有限制電流的裝置，此一裝置便稱爲安定器或限流器。

由上述發光原理可知，日光燈的照明線路包括燈管、安定器及起動器等三大部份，其中又以安定器爲核心，一般依其電路結構可分爲下列二種 [6,8-9]：

1. 電磁式安定器：以漆包線繞製於矽鋼片鐵心磁路上，構成一鐵心抗流線圈，當電流通過線圈時因阻抗關係，會使線圈二端產生一壓降，電流愈大，壓降便愈大，因此安定器與燈管串聯時，便可限制通過燈管的電流於某一定值。
2. 電子式安定器：電子安定器的核心元件不是鐵芯電感結構，而是由電子元件構成的電子電路，其簡化之電路方塊如圖 1 所示 [7]，包括整流和濾波器電路以及一個能夠產生高頻功率振盪的變流器 (Inverter) 和燈管穩定電路等，功率振盪器所產生的高頻電壓，其諧振頻率在 10-50 KHz 之間。

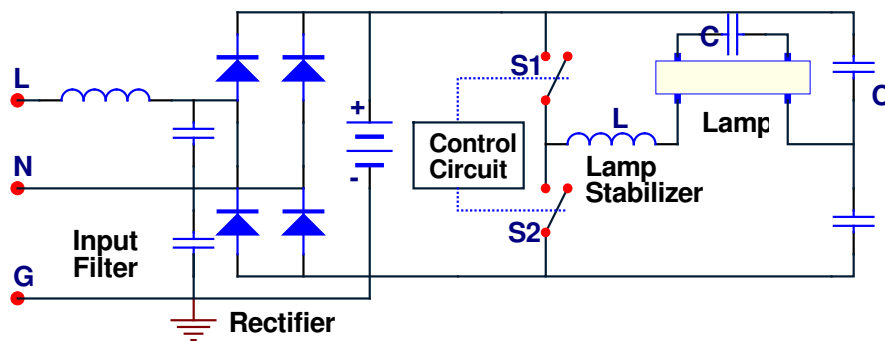


圖 1 簡化之電子安定器電路方塊。

2.2 調光器之工作原理

日光燈調光器的電路圖如圖 2 所示，爲一個 PIC16C54 微電腦單晶片控制器，再搭配一個由雙電晶體所組成的‘類乙類’電路(左、右邊的電晶體分別負責導通正、負半週)。當電源剛開始接通時，七段顯示器顯示‘A’，這時 PIC 的第 1 及 18 腳輸出全時間(100%)的高準位，再經由光隔離 s1P521 的交直流隔離，將訊號傳遞給‘類乙類’電路的電晶體 TC2238，於是交流負載處便出現完整的正弦波波形，故日光燈接獲功率爲 100%。

若在此時按一下 PIC 第 13 腳的按鈕，則七段顯示器改顯示‘9’，且 PIC 的第 1 及 18 腳將會輸出：九個高準位，一個低準位，即 duty cycle 爲 90% 的訊號，於是交流負載處便出現切割 10% 的正弦波波形，故日光燈接獲功率約爲 90%。接著，若又按一下按鈕，則七段顯示器改顯示‘8’，且 PIC 將會輸出：八個高準位，二個低準位，即 duty cycle 爲 80% 的訊號，於是交

流

負載處便出現切割 20% 的正弦波波形，故日光燈接獲功率約 80%。-- 依此類推，可調整到日光燈接獲功率約 10% 及 0%；最後當七段顯示器顯示'0'時，再按一下按鈕，又會恢復顯示'A'，可如此週而復始地工作。

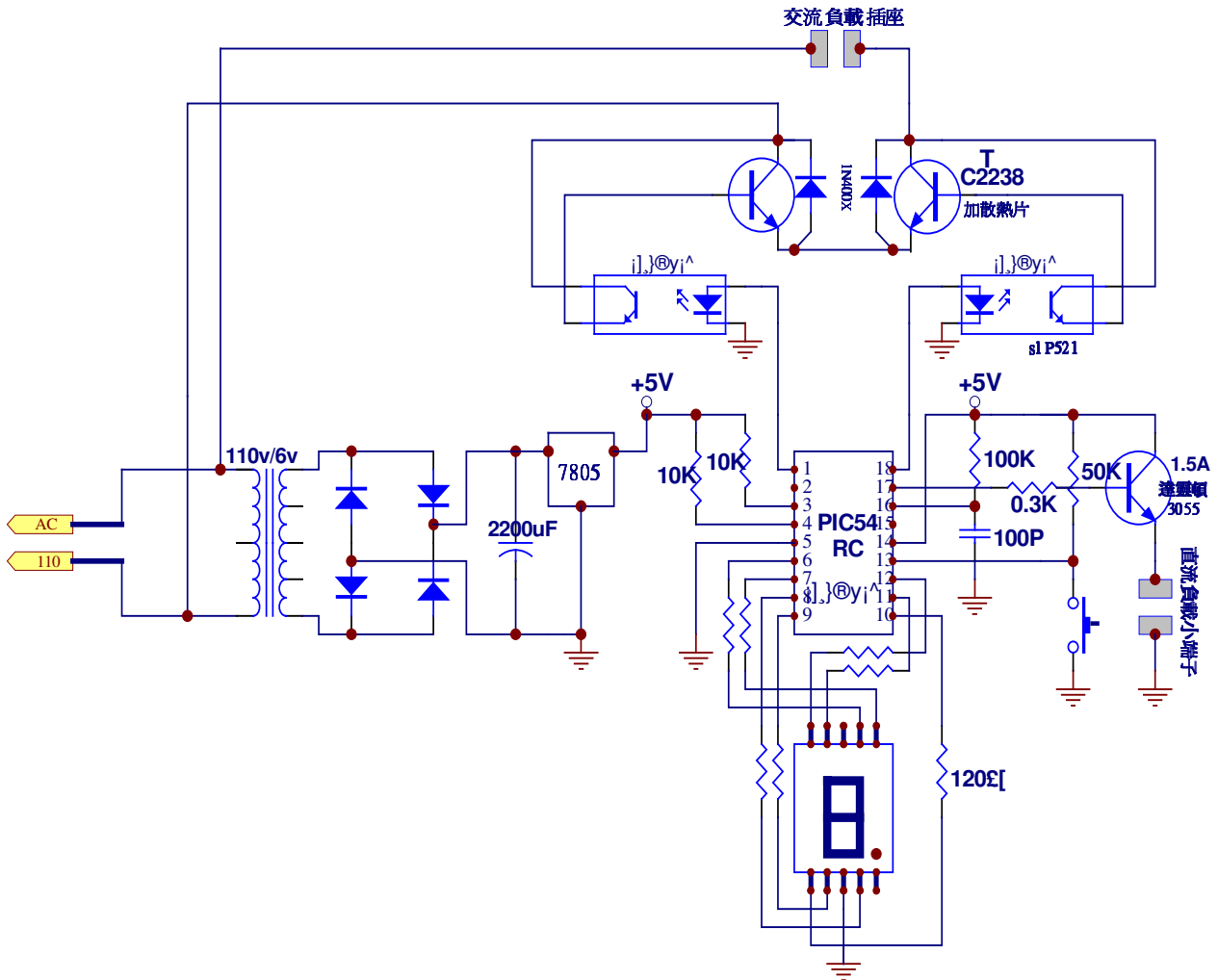


圖 2 日光燈調光器電路圖。

圖 3 及圖 4 顯示在交流負載無載時，以示波器觀察到 duty cycle 分別為 80% 及 20% 的正弦波切割波形；而圖 5 及圖 6 則是接上日光燈負載後的情形。比較圖 3 及圖 5 或比較圖 4 及圖 6 可知，因傳統日光燈的安定器屬電感性負載，故發生波形延遲的現象。

圖 3 無載時 duty cycle 為 80%的正弦波切割波形.

圖 4 無載時 duty cycle 為 20%的正弦波切割波形.

圖 5 接上日光燈負載 duty cycle 為 80% 的正弦波切割波形.

圖 6 接上日光燈負載 duty cycle 為 20% 的正弦波切割波形。

三、日光燈調光器電源輸入特性測試系統及對象

為瞭解日光燈調光器對日光燈之電源輸入特性，本文針對現有單相 110V 之電磁式安定器和電子式安定器日光燈以及省電燈泡等，廣為一般家庭用戶使用之室內照明設備，進行輸入特性量測、分析及比較，測試系統方塊如圖 7 所示，其中包括：

- 3.1 多功能數位式電力分析儀，用於量取負載輸入電流、輸入功率、虛功率、視在功率、功率因數等電源輸入特性，及總電流諧波失真因數 THDi(%) 等諧波特性的。
- 3.2 PT、CT 及數位式示波器，用以觀測及記錄負載電壓、電流波形。
- 3.3 黑箱，其中放置測試燈具及數位式照度感應器以讀取相關照度。

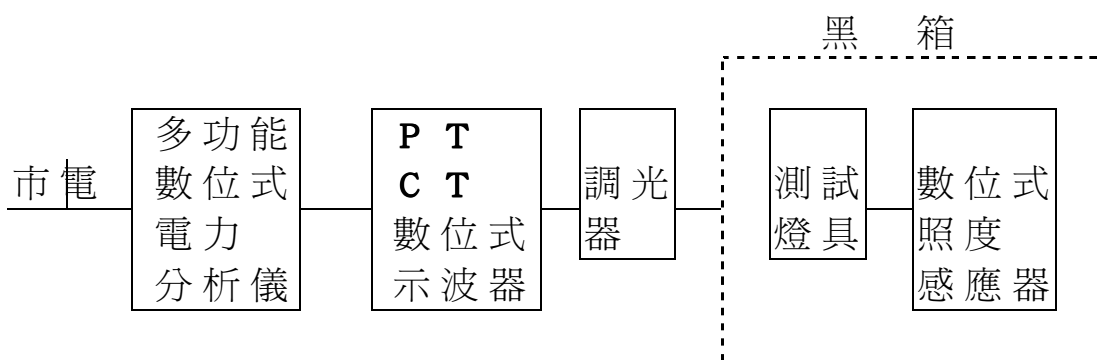


圖 7 日光燈調光器特性測試系統方塊圖。

四、日光燈調光器電源輸入特性量測結果與分析

日光燈調光器電源輸入特性量測結果如表 1 -- 表 6 所示，由表中可知，當調光狀態由 100% 逐漸調暗至 10% 時，日光燈之照度輸出逐漸減少，

故可達到照明節能目的。此外省電燈泡其構造為安定器結合 PL 燈管而成 [8]，因此其輸入特性與一般日光燈類似。以下就安定器電路結構分為電磁式及電子式安定器日光燈等二大類，各類電源輸入特性量測結果分析如下：

4.1 電磁式安定器型日光燈

4.1.1 10W 單管日光燈

電源輸入特性如表 1 所示，由表中可知未加調光器前，其 P.F. 為 0.48，THDi(%) 為 13.0%，調光狀態由 100% 逐漸調暗至 20 % 時，其 P.F. 由 0.50 上升至 0.76，THDi(%) 則由 13.1% 緩升為 14.5%。

表 1 FL-10W 日光燈特性.

	Vs (V)	Ps (W)	I(mA)	PF.	THDi (%)	Lux
未調光	115.3	15.3	278	0.48	13.0	114.0
調光100%	115.7	17.5	300	0.50	13.1	112.0
調光80%	115.9	18.2	251	0.63	12.3	93.3
調光60%	116.0	17.2	215	0.69	12.7	78.2
調光40%	115.5	14.1	163	0.75	13.6	55.4
調光20%	116.0	10.7	121	0.76	14.5	29.4

4.1.2 20W 單管日光燈

電源輸入特性如表 2 所示，由表中可知未加調光器前，其 P.F. 為 0.57，THDi(%) 為 13.1%，調光狀態由 100% 逐漸調暗至 20% 時，其 P.F. 由 0.64 上升至 0.75，THDi(%) 則由 13% 緩升為 15 %。

表 2 FL-20W 日光燈特性.

	Vs (V)	Ps (W)	I(mA)	PF.	THDi (%)	Lux
未調光	116.1	27.4	414	0.57	13.1	255
調光100%	116.2	29.5	396	0.64	13.0	233
調光80%	116.2	26.2	307	0.74	11.4	181
調光60%	116.5	22.0	241	0.79	9.2	144
調光40%	116.7	14.4	156	0.79	8.6	78
調光20%	116.5	9.6	110	0.75	15.0	35

4.1.3 40W 單管日光燈

電源輸入特性如表 3 所示，由表中可知未加調光器前，其 P.F. 為 0.5，THDi(%) 為 10.6%，調光狀態由 100% 逐漸調暗至 60% 時，其 P.F.

由 0.64 上升至 0.78，THDi(%) 則由 11.3 % 緩升為 14.4%。

表 3 FL-40W 日光燈特性.

	Vs (V)	Ps (W)	I(mA)	PF.	THDi (%)	Lux
未調光	115.8	47.0	812	0.50	10.6	565
調光100%	116.0	51.1	685	0.64	11.3	477
調光80%	115.7	40.6	472	0.74	14.1	323
調光60%	115.4	28.9	322	0.78	14.4	204

4.1.4 17W 省電燈泡

電源輸入特性如表 4 所示，由表中可知未加調光器前，其 P.F. 為 0.51，THDi(%) 為 14.9%，調光狀態由 100% 逐漸調暗至 40% 時，其 P.F. 由 0.57 上升至 0.72，THDi(%) 則由 15.1% 緩降為 10%。

表 4 SL-17W 省電燈泡特性.

	Vs (V)	Ps (W)	I(mA)	PF.	THDi (%)	Lux
未調光	115.5	15.6	265	0.51	14.9	145
調光100%	115.5	17.5	265	0.57	15.1	138
調光80%	116.1	17.5	232	0.65	13.7	110
調光60%	115.9	15.8	195	0.70	12.5	93
調光40%	116.0	11.5	138	0.72	10.0	64

4.2 電子式安定器日光燈

4.2.1 40W 單管日光燈

電源輸入特性如表 5 所示，由表中可知未加調光器前，其 P.F. 為 0.95，THDi(%) 為 32.8%，調光狀態由 100% 逐漸調暗至 10 % 時，其 P.F. 由 0.96 逐漸下降至 0.5，THDi(%) 則由 27.8% 先行下降至 40% 調光時之 18.1%，之後再上升至 28.2%。

表 5 FL-40W 電子式安定器日光燈特性.

	Vs (V)	Ps (W)	I(mA)	PF.	THDi (%)	Lux
未調光	114.7	43.2	397	0.95	32.8	491
調光100%	115.0	45.2	409	0.96	27.8	492
調光80%	115.4	41.5	411	0.88	22.6	392
調光60%	114.9	35.9	395	0.79	19.3	323
調光40%	115.1	27.9	354	0.69	18.1	225
調光20%	115.2	16.3	253	0.56	21.9	100
調光10%	115.3	8.9	154	0.50	28.2	35

4.2.2 16W 省電燈泡

電源輸入特性如表 6 所示，由表中可知未加調光器前，其 P.F. 為 0.63，THDi(%) 為 122%，調光狀態由 100% 逐漸調暗至 10% 時，其 P.F. 由 0.75 逐漸下降至 0.4，THDi(%) 則由 82.8% 下降至 39.9%。

表 6 SL-16W 電子式安定器省電燈泡特性。

	Vs (V)	Ps (W)	I(mA)	PF.	THDi (%)	Lux
未調光	115.7	13.7	189	0.63	122.0	151
調光100%	116.0	15.2	175	0.75	82.8	125
調光80%	115.5	14.5	180	0.70	77.8	120
調光60%	115.6	14.3	190	0.65	72.5	116
調光40%	115.8	14.2	207	0.59	67.6	112
調光20%	115.7	14.3	251	0.49	51.5	101
調光10%	115.0	15.4	331	0.40	39.9	74

五、結論

本文就現有單相 110V 之電磁式安定器、電子式安定器日光燈及省電燈泡等，廣為一般家庭用戶使用之室內照明設備，進行電源輸入特性量測、分析及比較，結果顯示自製之日光燈調光器搭配電磁式安定器日光燈及省電燈泡，當調光器由 100% 逐漸調暗時，其 P.F. 逐漸升高，而 THDi(%) 則逐漸下降，日光燈之照度輸出逐漸減少，調光效果良好。雖然家庭用戶照明用電量不大，但積少成多，若能正確選用附有調光器之日光燈，將可達到照明節能之目的。

參考文獻

1. 李政道, "螢光燈及傳統式安定器效率現況", 能源、資源與環境季刊, Vol. 6, No. 2, pp. 19-23, 82年5月.
2. 韓行祚, "照明節能", 能源、資源與環境季刊, Vol. 3, No. 4, pp. 44-48, 79年11月.
3. 簡水靖、潘耀徽、吳英泰等, "自歐等國照明節能措施談我國照明節能對策", 能源、資源與環境季刊, Vol. 5, No. 3, pp. 56-62, 81年8月.
4. 潘耀徽, "照明省能技術", 電力電子技術, 第13期, pp. 1-18, 82年2月.
5. 簡宗益, "電子安定器之評估與選用", 電機技師, 54期, pp. 90-96, 84年12月。
6. 宓哲民、陳明堂, "日光燈之功因及諧波特性量測與改善", 技術學刊第10卷第3期, pp. 379-388, 84年9月。
7. Che-Min Fu, Ming-Tong Chen, "Effect of Interharmonics on Characteristics of Fluorescent Lamps", Proceedings of 1996 Australian Universities Power Engineering Conference, Melbourne (Australia), pp. 281-286, Oct. 1996.
8. A. Heidemann, S. Hien, E. Panofski and U. Roll, "Compact fluorescent lamps", IEE PROCEEDINGS-A, Vol. 140, No. 6, pp. 429-434, Nov., 1993..
9. E.J.P. Mascarenhas, "Application of electronic circuits in lighting", IEE PROCEEDINGS-A, Vol. 140, No. 6, pp. 435-442, Nov., 1993.
10. Francis Rubinstein, Michael Siminovitch, and Rudolph Verderber, "Fifty Percent Energy Savings with Automatic Lighting Controls", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.29, No. 4, pp. 768-773, Jul./Aug. 1993.
11. 張斯敏, "中華民國照明學會八十三年度年會主席致辭", 照明學刊, Vol. 11, No. 4, pp. 7-8, 83年12月。