

市售燈具能源損耗與諧波含量調查

Market Research and Appraisal on Harmonic Distortin with Power Loss of Fluorescent Lamp

經濟部標準檢驗局台南分局
技正 林昆平 技士 許經杭

摘要

國際電機電子協會 IEEE 於 2002 年將諧波管制標準推廣至 120 V 配電系統，使得衍生諧波大宗來源照明燈具，成為管制對象，目前各國規範均是參考國際標準 IEC-1000-3-2 制定而來，我國也不例外，此方面法令詳載於 CNS13755、CNS14125、CNS927 及標檢 90 三字第 300788 號令。燈具產生諧波原因，在於傳統安定器的鐵芯結構及電子式安定器的高頻振盪電路，並利用電源線向外傳導，干擾家電設備運轉(如螢幕顯像持續性模糊)，污染電力品質，危及供電可靠度(如不明原因跳電)，而諧波電流流過元件阻抗，更會消耗部份功率，使得燈具為一耗能產品，並呈現諧波量越大，功因越低趨勢，因此在考量節能及電力環保需求下，燈具也應朝低諧波省電能發展，藉由此次燈具市場調查與量測，除可了解國內廠商管制現況，也提供可以再改善的空間，相信對台灣燈具形像提升，有正面的助益。

Abstract

IEEE announced the new standards for harmonic distortions to 120 V distribution in 2002. Upon these standards, the lighting lamps as the major source of harmonic are strictly regulated. In present, governments worldwide had built their regulations with reference to IEC-1000-3-2. In Taiwan, we have provisions of CNS 13755, CNS14125, CNS927 and BSMI document No. 300788,90 for this issue. The key parts of the lighting device to generate harmonic current are iron core of traditional Ballasts and high frequency oscillating circuit of Electric Ballasts where the harmonic current will be transmitted back through the power cord, disturb electrical appliance, e.g. the constant blur on the monitor, contaminate power quality, and deteriorate the reliability of power (unintentional black outs). Moreover, this harmonic current caused by lighting devices will consume a portion of electricity. In brief, the more harmonic generates, the lower power factor obtains. As a result, the trends of lighting device are how to lower harmonic current for the purpose of energy saving and high quality power source. Through lighting device market research, we can understand the difficulties of local producers and give suggestions about how to build the consumer confidence for the lighting lamps made in Taiwan.

關鍵詞 (Key Words) : 諧波失真(Harmonic Distortion)、電磁干擾(Electromagnetic Interference , EMI)、電子式安定器 (Electronic Ballasts)、高頻振盪電路 (High Frequency Oscillating Ckt)

一、前言

照明燈具產生諧波電流的原因，在於傳統式安定器的鐵芯結構及電子式安定器內部的交直流變換電路與高頻振盪電路，並利用電源線向外傳導，干擾家電設備運轉(如螢幕顯像持續性模糊)，污染電力品質，危及供電可靠度(如不明原因跳電)，而諧波電流更會消耗部份電力，使得燈具為一耗能產品，不但功因超低，電費增加，更呈現諧波量越大，功因越低傾向，目前這方面標準規定於國家標準 CNS13755、CNS14125、CNS927 及經濟部標準檢驗局的標檢 90 三字第 300788 號令，並委由工研院能資所及大電力電檢中心代檢與出示試驗報告，再由廠商檢附報告，向標準檢驗局辦理驗證登錄事宜。由於民生用量極大，若沒作好管制，對國家能源的啃蝕及雜訊干擾，是不可忽視的，故本文首先就安定器產生諧波原因加以介紹，其次淺談國內外燈具對諧波及功因的管制標準，接著對國內三大廠牌，就已向本局辦理商品驗證登錄產品，20Wx4 日光燈、40Wx2 日光燈、27WPL 檯燈、省電燈泡(內藏式螢光燈泡)，進行諧波與功因量測評比，除了讓讀者了解家中燈具諧波雜訊含量及電能損耗外，同時提供廠商及政府相關部門參考依據。

二、安定器諧波成因與管制標準

(一) 傳統式安定器鐵芯磁化機構

日光燈一般用於房室及辦公室照明，其動作原理是利用高電壓加速燈管電極上的電子逸出，並撞擊管內水銀蒸氣離子，以產生激勵螢光粉發光的紫外線，一旦日光燈達成點燈效果後，便不需要再過多的電子撞擊，因此需設法將電壓降下來，傳統式安定器因此應運而生。基本上它只是一顆由矽鋼片構成的變壓器，但具備高漏磁的特性，起動時，由變壓器二次側將 110V 電壓提升數倍並直接對燈管兩極加壓，等到電子數達到點燈的飽和度後，產生的高電流，立即引發矽鋼片的漏磁，降低感應磁通，使二次側感應電壓下降，整個起動過程由於電子數目的增多變少，常導致燈管閃爍，為一大缺點。另一方面，由於傳統安定器為一導磁性鐵心結構，電流會因鐵心磁滯現象失真，因而衍生諧波及噪音，圖 1 所示為其實體結構。

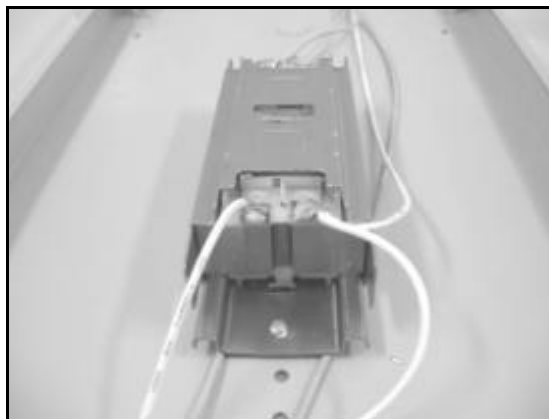


圖 1 傳統式安定器結構

(二) 電子式安定器的整流電路及高頻振盪電路

由於傳統安定器有起動慢、燈管閃爍、體積大及噪音的缺點，因此電子安定器被設計出來代替，其最大特點係利用高頻振盪電路，將 60Hz 電壓頻率提升到 20000Hz ~40000Hz 頻率，使日光燈兩電極在極短時間內逸出大量電子，對水銀離子產生撞擊並釋放螢光粉所需的紫外線能量。由於電子數目瞬間達成飽和，因此具備起動快、無閃爍、體積小、無噪音的優點，但因具備非線性電子電路，產生諧波電流卻比傳統安定器來得嚴重，圖 2 為電子式安定器電路架構，圖 3 及圖 4 為其實體結構，可看出前級為一橋式整流電路，將交流改變成直流，後級由開關調整器、高頻轉換器及安定器相關零組件組成的高頻振盪電路，此前後級電路正是引發電子式安定器產生諧波諧波的元兇，並透過電源線向外傳導，茲說明如下：

1. 整流電路

稽納二極體及閘流體構成，特性有下列兩點：

- 產生諧波成份具規律性容易掌握

第 h 次諧波 $h = 6n \pm 1, n = 1, 2, 3, \dots, n$

- 各次諧波電流含量容易預估

第 h 次諧波含量 $I_h = I_1 / h$ ，其中 I_1 為產品基波電流

2. 高頻振盪電路

利用切換開關 MOSFET 來切割整流信號，產生直流脈波，並依輸出頻率設定，經由回授信號動作切換開關，改變脈波間距，達成變動頻率的手段，其產生諧波特性如下：

- 諧波成份不具規律性，不易掌握，由量測決定

- 各次諧波電流含量，無法預估，靠長期統計估算

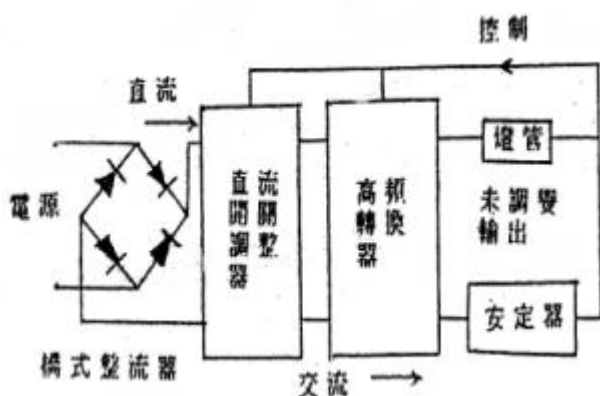


圖 2 電子式安定器電路

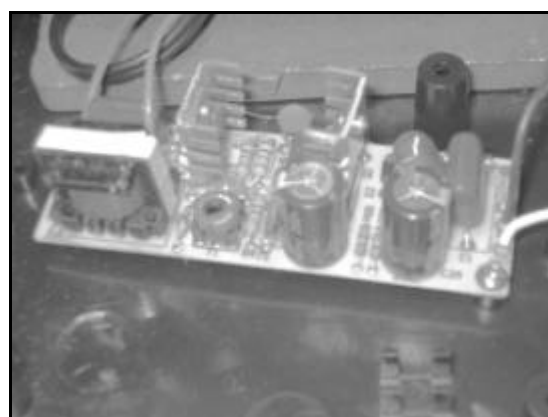


圖 3 電子式安定器高頻振盪電路實體

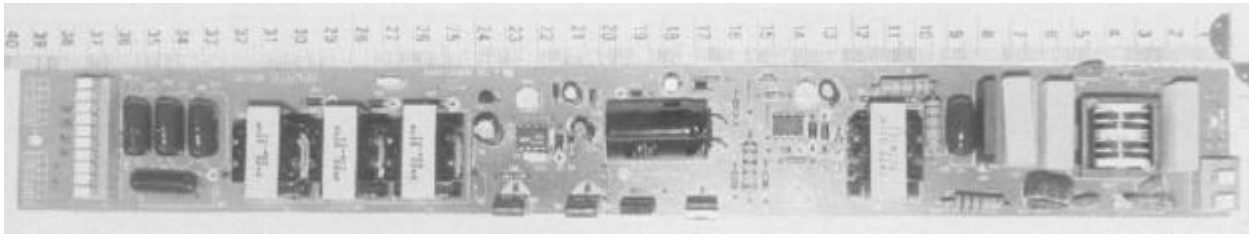


圖 4 具低諧波省電能改良的電子式安定器實體

(三) 國內外燈具諧波及功因管制標準

歐美日國家，目前均採用國際 IEC 1000-3-2 C 類設備諧波管制值，作為燈具諧波限制的規範如表 1，我國也不例外，標準檢驗局已於 88 年起，對日光燈用傳統式電子式安定器進行諧波及功因列管，其標準依 CNS927 及 CNS13755 規定：傳統式安定器功因限制 0.90 以上，諧波不列管，電子式安定器功因規定 0.95 以上，諧波綜合失真需小於 33%，各次諧波失真規定於表 1。省電燈泡(內藏式安定器螢光燈管)於民國 90 年 3 月 1 日起，依 CNS14125 實施諧波列管：諧波綜合失真不得大於 120%，各次諧波無限制，功因亦無管制。桌上型螢光檯燈則依『標檢 90 三字第 300788 號令』另有規定：功因 0.5 以上，綜合諧波失真小於 120%，各次諧波則無限制。

諧波次數 (n)	容許諧波最大比值 (以輸入電流基波的百分比表示之)%
2	2
3	$30 \times \eta$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$	3

備考： η 為功率因數

表 1 CNS13755 電子式安定器諧波管制標

三、市售各型燈具諧波及功因量測比較

(一) 諧波分析儀

工欲善其事必先利其器，本文採用日製 HIOKI 8806 精密諧波分析儀進行功因及諧波量測，圖 5 顯示其外觀。

(二) 諧波及功因量測

此次針對辦公室及家用常見燈具進行量測，規格包含傳統式及電子式 40Wx2 日光燈、傳統

式及電子式 20Wx4 日光燈 27VA PL 電子式檯燈及 25VA 電子內藏式省電燈泡,均是 CNS13755 及 CNS14125 管制對象。實驗首先對燈具電源諧波背景進行量測,以確保過程不受外來干擾,圖 6 顯示自耦變壓器以 110V 電源供電;其次就國內三家大廠,六種規格,進行諧波含量及功因長時監測,為了不影響三大廠牌聲譽,廠牌暫以 A、B、C 代替,過程中以 5 秒取樣一次,連續進行五分鐘,再將量測值加以平均,表 2~表 7 顯示量測結果與綜合評比,圖 7 則為量測情形。



圖 5 諧波分析儀



圖 6 電源背景諧波電壓量測



圖 7 20Wx4 燈具量測情形

(三) 綜合評比

1. 40W X2 傳統式日光燈具 (表 2)

[諧波干擾] 以 A 牌綜合諧波失真較低約 11%,B 牌與 C 牌較高約 26%,標準無訂定合格標準,故三家均合格,但仍呈現高雜訊傾向。

[能源浪費] 以 A 牌功因較低為 0.78,未符合 CNS927 規定的 0.9,猜測是未加裝功因改善電容器所致,其它兩家廠牌功因約在 0.9 左右,只達邊界合格值。

2. 40W X2 電子式日光燈具 (表 3)

[諧波干擾] 以 A 牌綜合諧波失真較高約 14%,B 牌與 C 牌較低約 7%,但均符合 CNS13755 規定標準 33%以下,且各次諧波電流失真(將各次諧波電流除於 60Hz 額定電流)亦在標準值內,雖然合格,失真率仍呈現偏高走向,顯見內部低雜訊省電能濾波電路設計有瑕疵。

[能源浪費] 以 A 牌功因 0.93 較高,B 牌及 C 牌約 0.87,三家廠牌均未達 CNS13755 規定 0.95 以上,形成能源浪費。

3. 20W X4 傳統式日光燈具 (表 4)

[諧波干擾] 三家廠牌綜合諧波失真平均約 20%,因標準無訂定合格標準,故三家均判定合格,但仍呈現高雜訊傾向,由於此型燈具大量用於辦公室,如此高的失真率,猶待商榷。

[能源浪費] 三家廠牌功因平均約 0.96,均高於 CNS927 規定的 0.9 以上,顯見廠商加足了功因改善電容器容量。

4. 20W X4 電子式日光燈具 (表 5)

[諧波干擾] 以 A 牌綜合諧波失真較高約 11%，B 牌與 C 牌較低約 6%，均符合 CNS13755 規定標準 33%以下且各次諧波失真亦在標準值內，其內部低雜訊省電能濾波電路設計，還算不錯，將諧波干擾降至 10%以下。

[能源浪費] 三家廠牌功因約 0.90，均未達 CNS13755 規定 0.95 以上，該產品功因校正電路，顯然未發揮應有功效。

5. 27VA 電子式螢光檯燈 (表 6)

[諧波干擾] 以 A 牌綜合諧波失真較低約 132%，B 牌與 C 牌較高約 220%，均高過『標檢 90 三字第 300788 號令』規定的 120%，各次諧波失真亦超過 CNS13755 標準甚多，諧波干擾電流約為額定基波電流的 1.5 倍，斷定內部並未設計低雜訊省電能濾波電路，值得廠商注意並進行改善。

[能源浪費] 三家廠牌功因平均 0.26，均未達『標檢 90 三字第 300788 號令』規定的 0.5 以上，該產品顯然未設計功因校正電路。

6. 25VA 電子式省電燈泡 (表 7)

[諧波干擾] 以 C 牌綜合諧波失真略高約 144%，三家廠牌均高過 CNS 14125 規定的 120%。

[能源浪費] 三家廠牌功因平均 0.30，功因明顯偏低，該產品跟螢光檯燈一樣，未加裝功因校正電路，形成能源浪費，雖然 CNS- 14125 並未規定其限制值。

1.40W X2 傳統式日光燈具	A 牌	B 牌	C 牌	評 比
電源諧波背景電壓失真	1.00%	1.00%	1.00%	相同
A. 消耗實功(平均)	127W	69.8W	73.5W	A 牌較耗電,應是未裝功因改善電容所致,另兩廠牌差距不大
B. 功因(平均)	0.78	0.89	0.91	A 牌功因較差且不合標準 0.9 以上,三家廠牌均在邊緣值
C. 3 次諧波(平均)	0.16A	0.15A	0.17A	差距不大
D. 5 次諧波(平均)	0.03A	0.07A	0.075A	A 牌較低
E. 7 次諧波(平均)	0.02A	0.01A	0.03A	差距不大
F. 9 次諧波(平均)	0.01A	0.00A	0.01A	差距不大
G. 11 次諧波(平均)	0.00A	0.00A	0.045A	差距不大
H. 綜合諧波失真(平均)	11.60%	24.75%	27.50%	A 牌較低
I. 60Hz 額定電流	1.416A	0.61A	0.689A	A 牌較耗電,另兩廠牌差距不大
J. 含諧波之綜合電流(平均)	1.426A	0.70A	0.73A	
K. 諧波總干擾量	0.01A	0.09A	0.041A	B 牌 > C 牌 > A 牌

表 2 40W X2 傳統式日光燈具評比

2.40W X2 電子式日光燈具	A 牌	B 牌	C 牌	評 比
電源諧波背景電壓失真	1.00%	1.00%	1.00%	相同
A. 消耗實功(平均)	74W	67W	57.5W	C 牌較低,另兩廠牌差距不大
B. 功因(平均)	0.93	0.87	0.865	A 牌功因較好,另兩廠牌差距不大,三家均未達標準 0.95 以上
C. 3 次諧波(平均)	0.08A	0.05A	0.03A	A 牌 > B 牌 > C 牌
D. 5 次諧波(平均)	0.06A	0.02A	0.02A	A 牌稍大,另兩廠牌差距不大
E. 7 次諧波(平均)	0.00A	0.01A	0.005A	差距不大
F. 9 次諧波(平均)	0.01A	0.005A	0.00A	差距不大
G. 11 次諧波(平均)	0.005A	0.004A	0.000A	差距不大
H. 綜合諧波失真(平均)	14.46%	7.50%	5.35%	A 牌 > B 牌 > C 牌
I. 60Hz 額定電流	0.68A	0.693A	0.531A	C 牌耗電較低
J. 含諧波之綜合電流(平均)	0.68A	0.694A	0.595A	
K. 諧波總干擾量	0.00A	0.00A	0.06A	差距不大

表 3 40W X2 電子式日光燈具評比

3.20W X4 傳統式日光燈具	A 牌	B 牌	C 牌	評 比
電源諧波背景電壓失真	1.00%	1.00%	1.00%	相同
A. 消耗實功(平均)	92.5W	79.6W	73.8W	A 牌略耗電,另兩廠牌差距不大
B. 功因(平均)	0.98	0.96	0.96	差距不大
C. 2 次諧波(平均)	0.00A	0.02A	0.00A	差距不大
D. 3 次諧波(平均)	0.11A	0.14A	0.12A	差距不大
E. 4 次諧波(平均)	0.01A	0.00A	0.00A	差距不大
F. 5 次諧波(平均)	0.04A	0.05A	0.05A	差距不大
G. 7 次諧波(平均)	0.05A	0.02A	0.01A	A 牌略大
H. 9 次諧波(平均)	0.02A	0.01A	0.005A	差距不大
I. 11 次諧波(平均)	0.02A	0.005A	0.01A	差距不大
J. 綜合諧波失真(平均)	18.25%	20.30%	20.01%	差距不大
K. 60Hz 額定電流	0.76A	0.71A	0.684A	A 牌略耗電,另兩廠牌差距不大
L. 含諧波之綜合電流(平均)	0.80A	0.755A	0.695A	
M. 諧波總干擾量	0.04A	0.04A	0.011A	差距不大

表 4 20W X4 傳統式日光燈具評比

4.20W X4 電子式日光燈具	A 牌	B 牌	C 牌	評 比
電源諧波背景電壓失真	1.00%	1.00%	1.00%	相同
A. 消耗實功(平均)	58.5W	71.32W	72.38W	A 牌較低,另兩廠牌差距不大
B. 功因(平均)	0.91	0.88	0.89	三家廠牌差距不大,且功因值均未達標準 0.95 以上
C. 3 次諧波(平均)	0.04A	0.05A	0.03A	差距不大
D. 5 次諧波(平均)	0.045A	0.02A	0.02A	差距不大
E. 7 次諧波(平均)	0.01A	0.01A	0.01A	差距不大
F. 9 次諧波(平均)	0.01A	0.005A	0.006A	差距不大
G. 11 次諧波(平均)	0.01A	0.00A	0.00A	差距不大
H. 綜合諧波失真(平均)	11.30%	7.20%	4.62%	A 牌 > B 牌 > C 牌
I. 60Hz 額定電流	0.56A	0.75A	0.762A	A 牌較低,另兩廠牌差距不大
J. 含諧波之綜合電流(平均)	0.56A	0.72A	0.748A	
K. 諧波總干擾量	0.00A	0.00A	0.00A	差距不大

表 5 20W X4 電子式日光燈具評比

5.27VA 電子式螢光檯燈	A 牌	B 牌	C 牌	評 比
電源諧波背景電壓失真	1.00%	1.00%	1.00%	相同
A. 消耗實功(平均)	12.5W	10.5W	6.7W	A 牌 > B 牌 > C 牌
B. 功因(平均)	0.23	0.31	0.24	三家廠牌功因均極低,且不合 0.5 以上標準
C. 3 次諧波(平均)	0.21A	0.20A	0.11A	C 牌較低
D. 5 次諧波(平均)	0.19A	0.12A	0.11A	差距不大
E. 7 次諧波(平均)	0.165A	0.10A	0.10A	差距不大
F. 9 次諧波(平均)	0.15A	0.10A	0.09A	A 牌略大
G. 11 次諧波(平均)	0.13A	0.04A	0.07A	A 牌略大
H. 綜合諧波失真(平均)	217%	132%	243%	C 牌 > A 牌 > B 牌,且三家廠牌均不合 120% 以下標準
I. 60Hz 額定電流	0.194A	0.18A	0.094A	A 牌及 B 牌略耗電
J. 含諧波之綜合電流(平均)	0.481A	0.30A	0.252A	
K. 諧波總干擾量	0.287A	0.12A	0.158A	A 牌略高

表 6 27VA 電子式螢光檯燈評比

6. 25VA 電子式省電燈泡	A 牌	B 牌	C 牌	評 比
電源諧波背景電壓失真	1.00%	1.00%	1.00%	相同
A. 消耗實功(平均)	10.5W	10.5W	9.5W	差距不大
B. 功因(平均)	0.365	0.306	0.255	三家功因均極低,標準雖沒管制,但規定量測值需在標示值的 95%以上,此三家標示上明載功因 56%以上,量測與標示,明顯不符
C. 3 次諧波(平均)	0.13A	0.175A	0.18A	A 牌略低,另兩廠牌差距不大
D. 5 次諧波(平均)	0.09A	0.13A	0.13A	A 牌略低,另兩廠牌差距不大
E. 7 次諧波(平均)	0.06A	0.08A	0.08A	A 牌略低,另兩廠牌差距不大
F. 9 次諧波(平均)	0.04A	0.05A	0.06A	差距不大
G. 11 次諧波(平均)	0.03A	0.04A	0.05A	差距不大
H. 綜合諧波失真(平均)	132.50%	139%	144%	C 牌 > B 牌 > A 牌,且三家廠牌均不合 120% 以下標準
I. 60Hz 額定電流	0.152A	0.186A	0.21A	C 牌 > B 牌 > A 牌
J. 含諧波之綜合電流(平均)	0.235A	0.305A	0.335A	
K. 諧波總干擾量	0.083A	0.119A	0.125A	A 牌略低,另兩廠牌差距不大

表 7 25VA 電子式省電燈泡評比

四、結論與未來展望

市售燈具內部安定器，由於採用交直流變換電路、高頻振盪電路、功因改善電路及 IC 控制電路設計，衍生諧波向外傳導，不但干擾資訊產品運作，還會造成本身功因降低，能源浪費問題。諧波經由燈用回路，向大樓變電站傳送，還會造成變壓器電壓浮動，使連接在供電系統上的家用電機電子產品受影響，是目前電磁干擾界剛受到重視的問題，此次針對市售燈具衍生諧波干擾量及能源浪費兩個問題，進行實驗及改善，量測結果顯示，國內大廠在燈具低雜訊省電能的設計上仍有盲點，雖為本局驗證登錄產品，但仍呈現部份產品不合標準現象，更惶論其它市售雜牌燈具，尤其辦公大樓用量極大的 20Wx4 及 40Wx2 電子式日光燈具，功因均未達 0.95，無形中已啃蝕不少國家能源；桌上型螢光燈具是書房不可豁缺用品，但也呈現高諧波高能源浪費的傾向，諧波失真高達 200% 以上，功因更是低到只有 0.3；至於餐廳、飾品店、電影院、百貨公司用量極大的省電燈泡，也發生同樣的情形，值得相關單位注意。