

# CNS14115 桌上型電子式檯燈之高頻電磁干擾特性 及抑制對策研究

林昆平 台南分局技正

蕭水來 台南分局課長

## 壹、前言

27W 桌上型電子式檯燈一般採用振盪較緩和的半橋式電路，振盪出頻率介於 20KHz~40 KHz 間之交流弦波電壓，才足以類累積加速燈管內氣體分子碰撞能量，提供燈管壁上的螢光物質吸收而發光，由於點燈過程快速且不閃爍，已逐漸取代傳統電抗式安定器，成為市場主流。基本上一個電子式檯燈完整電路，會由三個區塊組成：第一區塊為整流電路，主要將 110V 60Hz 台電正弦電壓轉換成直流電壓；第二區塊為振盪切換電路，主要將直流轉換成高頻交流正負方波，以製造出高頻能量；第三區塊為方波轉換弦波電路，作為最後高頻弦波的輸出。分析其運作過程，可了解此類產品之電磁干擾座落頻帶，例如整流電路電容充放電效應及二極體非線性特性，就足以產生頻段達 10MHz 間的傳導性電磁干擾[4]，再如振盪電路造就 20KHz~40KHz 正負方波，也是干擾頻帶，因其電磁干擾似乎沒想像中複雜，拔除對策元件後，再進行傳導及輻射干擾掃圖，即可分析其干擾特性，研擬抑制對策。本研究結果可提供認可實驗室、本局同仁、電磁干擾工程師及相關從業人員，在檯燈之檢驗、報告審查、研擬 EMI 對策及行為預測技能上的提升。

## 貳、檯燈管制標準、量測設備及量測程序[3]

### 2.1 管制標準

燈具高頻 EMI 管制標準規定於 CNS14115，同家電電磁干擾 CNS13783-1 管制標準一樣，也分成傳導(表 1)及輻射(表 2)，差異點在傳導及輻射管制頻帶均限制在 9KHz~30MHz，但家電產品傳導在 150KHz~30MHz，輻射在 30MHz~300MHz。另燈具輻射只管制準峰值 QP，傳導則於 9KHz~150KHz 頻帶，並未對平均值 AV 管制。

檢驗依據	限制值 dB( $\mu$ V) <sup>(1)</sup>		
	頻率範圍	準峰值	平均值
CNS 14115 第 4.3.1 節	9kHz~50kHz	110	-
	50kHz~150kHz	90~80 <sup>(2)</sup>	-
	150kHz~0.5MHz	66~56 <sup>(2)</sup>	56~46 <sup>(2)</sup>
	0.5MHz~2.51MHz	56	46
	2.51MHz~3.0MHz	73	63
	3.0MHz~5MHz	56	46
	5MHz~30 MHz	60	50

表 1 燈具傳導性干擾管制值 QP 及 AV

檢驗依據	限制值，dB( $\mu$ A) <sup>(1)</sup>	
	頻率範圍	
CNS 14115 第 4.4 節	9kHz~70kHz	88
	70kHz~150kHz	88~58 <sup>(2)</sup>
	150kHz~2.2MHz	58~26 <sup>(2)</sup>
	2.2MHz~3.0MHz	58
	3.0MHz~30MHz	22 <sup>(3)</sup>

表 2 燈具輻射性干擾管制值 QP(燈具限長 1.6m)

## 2.2 傳導量測設備及測試程序

傳導量測在隔離室進行，量測儀器採用電線阻抗模擬網路 LISN(具將電源雜訊隔離並自負擷取樣雜訊能力)、電磁干擾雜訊譜分析儀，量測程序則如下：

- (1)依電源線端點干擾電壓測試擺設(圖 1)，加以配置並測試接線。
- (2)測試件放置非傳導性木桌上，測試件電源接至 LISN，燈具電源線如超過 80cm，將多餘部份以 30 至 40cm 之八字形網綁電源線中央。
- (3)點燈後，待燈具點燈穩定，需持續至少 15 分鐘。
- (4)使用接收機量測頻率範圍 9KHz~30MHz 電壓端點干擾電壓之準峰值 QP 和平均值 AV，解析頻寬 9KHz~150KHz 為 200Hz，150KHz~30MHz 為 9KHz。
- (5)依(1)~(4)步驟將燈具電源線之 LN 相各量測一次。

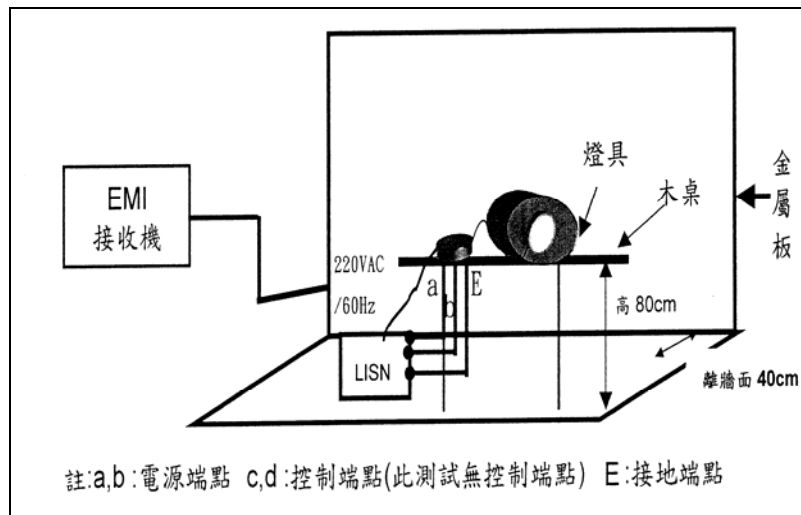


圖 1 燈具傳導性干擾量測擺設

## 2.3 輻射量測設備及測試程序

輻射量測在隔離室進行，量測儀器採用電磁干擾雜訊譜分析儀、及三軸天線(TRIPLE LOOP ANTENNA)，量測程序則如下：

- (1)依輻射性干擾測試擺設(圖 2)，加以配置並測試接線。
- (2)測試件放置非傳導性木桌上，測試件電源接至經過濾波後之電源。
- (3)點燈後，待燈具點燈穩定，需持續至少 15 分鐘。
- (4)使用接收機量測頻率範圍 9KHz~30MHz 輻射干擾準峰值 Q P，解析頻寬 9KHz~150KHz 為 200Hz，150KHz~30MHz 為 9KHz。
- (5)依(1)~(4)步驟，將環型天線 X、Y、Z 軸各量測一次。

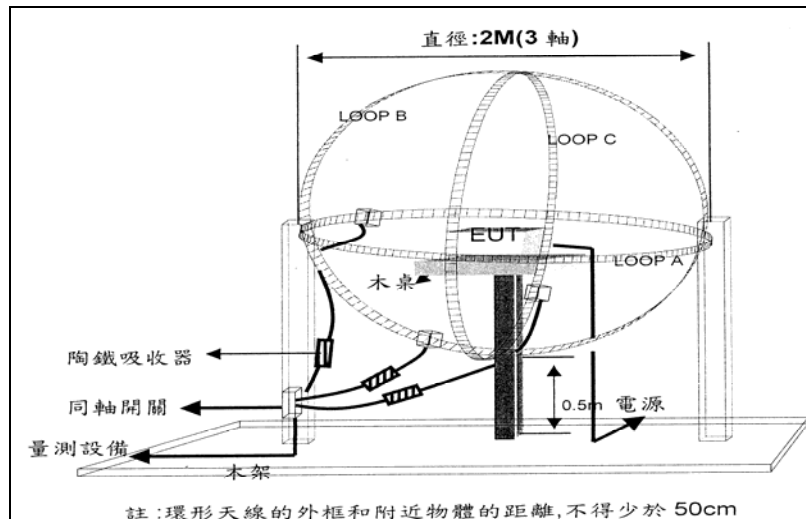


圖 2 燈具輻射性干擾量測擺設

## 參、檯燈高頻電磁干擾特性分析

### 3.1 改善前傳導性電壓干擾量測

拔除市售 27W 桌上型電子式檯燈基板上 EMI 對策元件後，進行 LN 相傳導電壓干擾測試(圖 3)及掃圖(表 3)，發現除 CNS14115 規定 14 個復測點(9KHz、50KHz、100KHz、160KHz、240KHz、550KHz、1MHz、1.4MHz、2MHz、3.5MHz、6MHz、10MHz、22MHz、30MHz)外，突出高點尚有 26.23KHz、51.9KHz、78.2KHz、104.2KHz、150KHz、7.9MHz、10.7MHz 等七點，一併作單點復測量測(表 4)。



圖 3(A)電子基板拔除 EMI 對策元件



圖 3(B)作傳導性電壓干擾測試

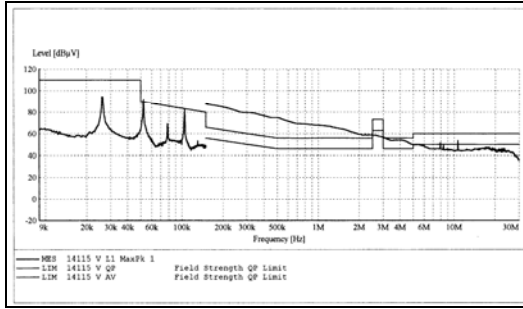


表 3(A) L 相傳導電壓干擾掃圖

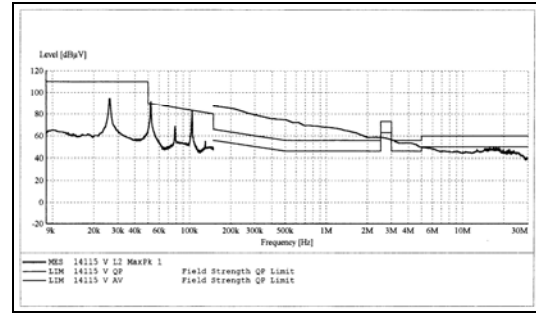


表 3(B) N 相傳導電壓干擾掃圖

復測點	9KHz		26.23KHz		50KHz		51.9KHz		78.2KHz		100KHz		104.2KHz	
準峰值/平均值	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
復側值	61	60	89	87	63	62	85	84	65	63	51	49	77	74.2
傳導管制值：	110	—	110	—	90	—	90	—	86	—	84	—	83	—
復測點	150KHz		160KHz		240KHz		550KHz		1MHz		1.4MHz		2MHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
復側值	78	67	82	72	66	52	68	58	55	37	54	38	48	31.6
傳導管制值：	66	56	66	56	62	52	56	46	56	46	56	46	56	46
復測點	3.5MHz		6MHz		7.9MHz		10MHz		10.7MHz		22MHz		30MHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
復側值	50	35	42	26	43	27	43	29	41	29	39	29	33	23.9
傳導管制值：	56	46	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50

表 4 L 相傳導性電壓干擾復測

### 3.2 改善前輻射性干擾量測

將檯燈移入 2m 三軸天線進行輻射性測試(圖 4)及掃圖(表 5)，另燈具未移入前也先對背景 EMI 掃瞄(僅作 LOOP A，詳表 6)。

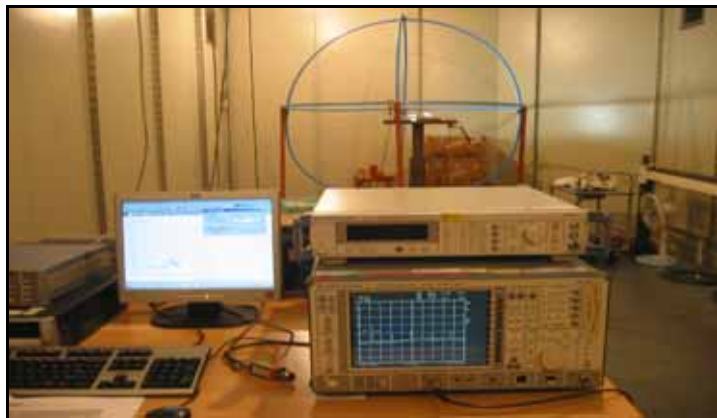


圖 4 輻射性干擾量測

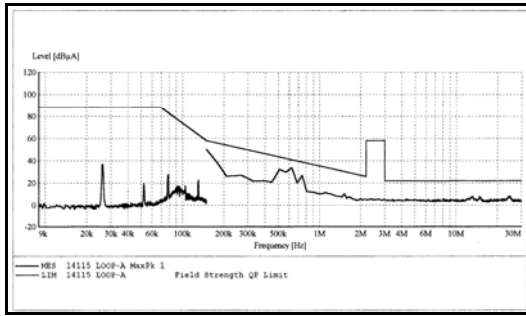


表 5(A)三軸天線 LOOP A 掃圖

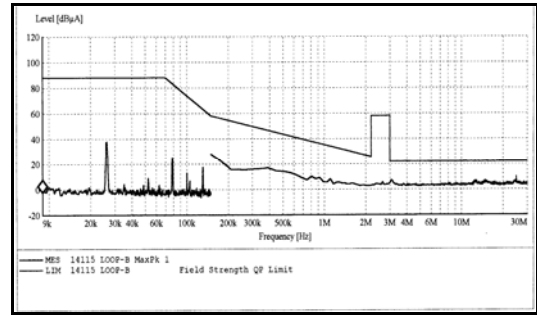


表 5(A)三軸天線 LOOP B 掃圖

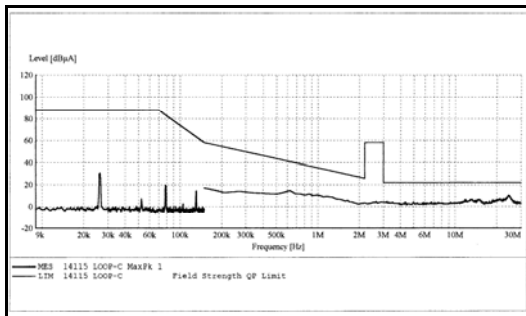


表 5(C)三軸天線 LOOP C 掃圖

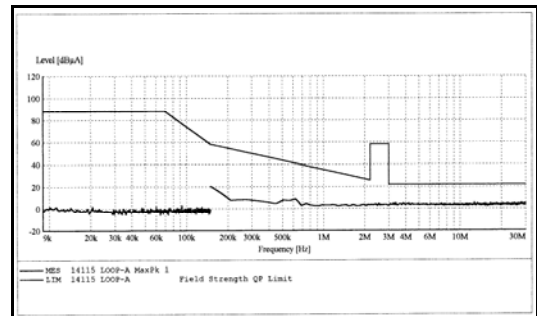


表 6 背景輻射干擾 LOOP A 掃圖

### 3.3 改善前燈具高頻頻譜分析

從 3.1 節~3.2 節傳導及輻射量測及掃圖結果，我們觀察到目前市售桌上型電子式檯燈之傳導及輻射頻譜，具有下列特點：

(A)就傳導性干擾而言

1. L 相與 N 相掃圖結果相差不大，探討 L 相即可。(表 3)
2. 介於頻帶 9KHz~150KHz ↓，雖然有 4 支突出點 26.23KHz、51.9KHz、78.2KHz、104.2KHz，接近限制值，但經換算 QP 值後，其電壓傳導干擾仍滿足限制規定，其它頻率點甚至低於限制值甚多。(表 3 及表 4)
3. 介於頻帶 150KHz~1MHz，為檯燈最易超出管制值的地方，如頻率點 150KHz(78dB, 67dB)、160KHz(82dB, 72dB)、240KHz(66dB, 52 dB)、550KHz(68dB, 58dB)。(表 4)
4. 介於頻帶 1MHz~3.5MHz，是檯燈最接近管制邊界值的地方，如頻率點 1MHz(55dB, 37dB)、1.4MHz(54dB, 38dB)、2MHz(48dB, 31.6 dB)、3.5MHz(50dB, 35dB)。(表 4)
5. 介於頻帶 6MHz~30MHz，其電壓傳導干擾均已符合限制值甚多。(表 4)

(B)就輻射性干擾而言

1. LOOP A 較 LOOP B 及 LOOP C 輻射干擾差一點，探討 LOOP A 量測值即可。(表 5)



2. 背景值影響不大。(表 6)
3. 由於所有量測 QP 值均在限制值下方，可以確定市售桌上型電子式檯燈，在 9KHz~30MHz 頻帶，根本沒什輻射干擾問題存在。

#### 肆、檯燈高頻電磁干抑制對策[4]

由 3.3 節改善前高頻頻譜分析結果，市售電子式檯燈高頻電磁干擾嚴重頻帶，主要集中在 150KHz~1MHz 的傳導性電壓干擾，此頻帶採取 X 電容、差模電感、差模濾波器來抑制，會有效果，茲介紹如下：

X電容又稱金屬化薄膜電容，具無極性、絕緣阻抗高、頻率響應寬、介質損失小、高電流承受及長時工作穩定優點，其薄膜材質一般採取聚乙酯絕緣膜(polyester film)、聚丙稀絕緣膜(polypropylene film)、聚苯乙稀絕緣膜、聚碳酸酯絕緣膜等，並在塑膠薄膜正背面各蒸上一層很薄的金屬鋁膜，捲繞後，塞入黃色塑膠殼即為成品。X電容因遇高頻呈低阻抗特性，對於疏導差模高頻諧波回至電器內部，有不錯效果，市售常見有 0.1  $\mu$ F、0.22  $\mu$ F、0.33  $\mu$ F、0.47  $\mu$ F、1  $\mu$ F 等規格。

差模電感分 2PIN(兩腳)及 4PIN(四腳)兩種型態，2PIN 可單獨安裝在電源線L相或N相，4PIN則LN相會被同時安裝，因其遇高頻呈高電抗特性，對於防堵高頻諧波，有很好效果。市售常見有 100uH、200uH、330uH、830uH、4.7mH、9mH、30mH 等規格，圖 5 為筆者向安星電子公司，訂購一系列之差模電感及X電容。



圖 5 X 電容及 2PIN、4PIN 差模電感規格品

差模濾波器是混合X電容與差模電感，以形成一具轉折頻率 $f_{dm}$ (式 1)的濾波器(圖 6)，具有自轉折點 $f_{dm}$ 後，將頻譜曲線轉折 45 度及衰減 40Db 的能力(圖 7)，如何設計匹配兩元件規格，是關鍵所在。

$$f_{dm} = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi\sqrt{L_d C_d}} \quad (\text{式 1})$$

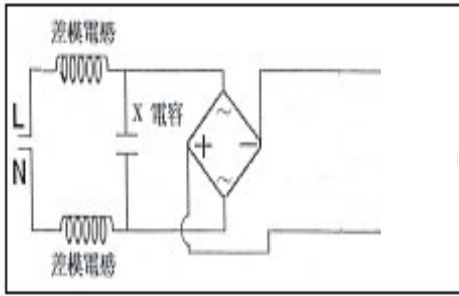


圖 6 差模濾波器

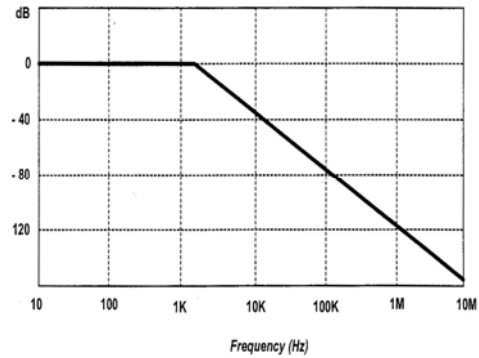


圖 7 具衰減雜訊 40dB 能力

#### 4.1 X 電容投入後分析

將  $0.1 \mu\text{F}$  之 X 電容安置於檯燈電源入口處 LN 相間(圖 8)，點燈瞬間，基板電源保護熔絲 0.63A 燒斷，這說明一件事：

1. 市售桌上型 27W 電子式檯燈之額定電流約 0.2A，若考慮低頻諧波電流，綜合電流可達 0.33A。
2. 檯燈保護熔絲 FUSE 一般採用 0.63A(約兩倍綜合電流)，應已考慮電子基板上二極體、半導體開關、線圈等元件，所能忍受過載極限，因此 FUSE 再加大，將失去保護內部元件能力，何況桌上型檯燈運作電流本來就不大。
3. X 電容已確定不能單獨作為檯燈對策元件，因當交流開關 ON 時，暫態高頻效應會造成 X 電容瞬間短路，雖燈具電源處均置有突波吸收器，但因 X 電容容量的存在，瞬間抓下大電流，熔絲不被燒壞很難，要用可以，但需在差模電感後。

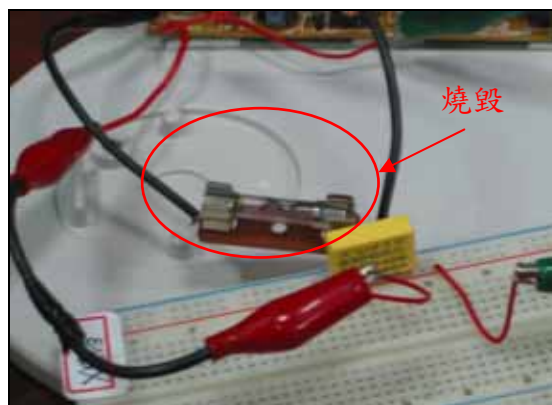


圖 8 X 電容使保護熔絲燒毀

#### 4.2 差模電感投入後分析

將 2PIN 或 4PIN 差模電感插件於麵包板，再連至已焊在銅軌上的連接線(圖 9)。2PIN

採用常用的 100uH、200uH、330uH、830uH、4700uH；4PIN 單價過高，只採用 9mH 及 30mH 進行測試，L 相傳導電壓干擾復測點測試(表 7)及掃圖(表 8)，可發現幾項特點：

1. 頻帶 9KHz~150KHz ↓，以 2PIN 830uH 及 2PIN 4700uH 兩種規格較具效果，其它規格效果有限，但結果仍無濟於事，因此頻帶，檯燈縱使不加任何對策元件，已滿足限制值。
2. 頻帶 150KHz~1MHz，是檯燈最易超出管制值的地方，也是抑制重點所在。觀測 150KHz、160KHz、240KHz、550KHz 等頻率之復測數據，可發現抑制效果有限，只有 4700uH 滿足限制值，但單價卻高達 50 元，且抑制效果接近臨界值，似乎已確認：單獨使用差模電感來防堵傳導性諧波干擾，實務上已行不通。(表 7)
3. 頻帶 1MHz ↑~30MHz，原本就合乎限制值，投入電感後，縱使電壓干擾值再降低，也無濟於事。
4. 9KHz~30MHz，其輻射性干擾在不安裝任何對策元件下，均已低於管制值甚多，再進行輻射性干擾量測已無意義。

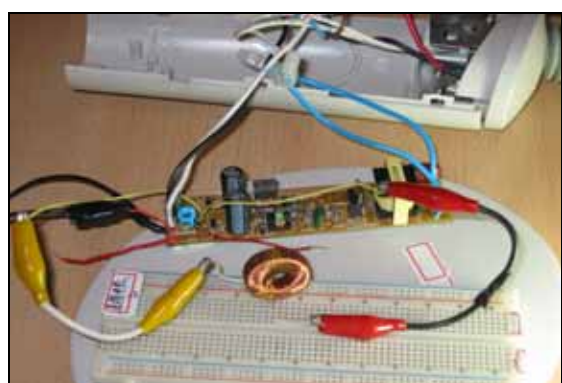


圖 9(A) 2PIN 電感插件

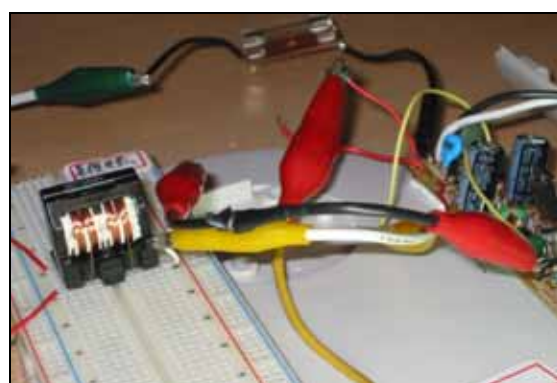


圖 9(B) 4PIN 電感插件

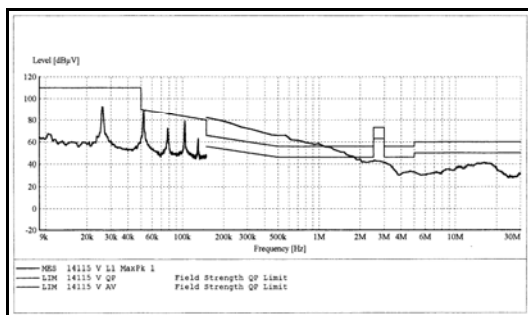
表 7 復測點量測

復測點	9KHz		26.23KHz		50KHz		51.9KHz		78.2KHz		100KHz		104.2KHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除對策元件	<b>61</b>	<b>60</b>	<b>89</b>	<b>87</b>	<b>63</b>	<b>62</b>	<b>85</b>	<b>84</b>	<b>65</b>	<b>63</b>	<b>51</b>	<b>49</b>	<b>77</b>	<b>74.2</b>
(1)100uH(15元)	59.8	59	82.3	80.7	58	55.5	82.4	79.9	67	64.7	40.5	39	73.2	71.1
(2)200uH(15元)	59.7	57.5	78.7	77.1	52.6	52.1	84.7	82.5	55.9	53.1	41.7	37.9	66.9	63.9
(3)330uH(18元)	59.5	58	85.1	83	50.9	50.6	79.1	77.3	65.4	62.9	40.3	37.3	70.7	68.2
(4)830uH(25元)	54.2	51.9	68.8	66.6	41.9	39.3	52.5	50	44.1	41.4	38	35.2	44.5	42.2
(5)4700uH(50元)	54.7	53.8	62.3	59.3	37.4	34.8	52.1	49.5	43.6	42.4	35.1	32.5	41.5	39
(6)9mH 4PIN 30元	58.5	56.8	83.8	81.9	50.3	49.5	71	69	54.7	51.7	42.5	39.9	56.8	54.7
(7)30mH 4PIN 50元	57.3	54.3	79.2	77	45.5	44.2	62.5	60.4	56.8	54.8	38.7	35.2	51	49
傳導管制值：	110	—	110	—	90	—	90	—	86	—	84	—	83	—

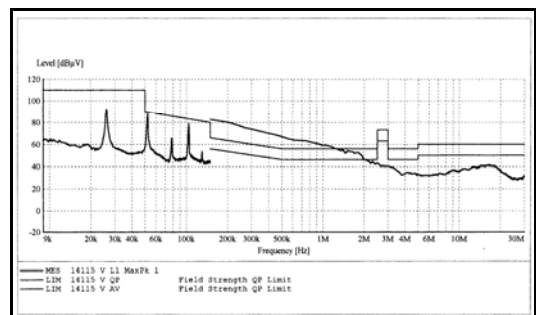


復測點	150KHz		160KHz		240KHz		550KHz		1MHz		1.4MHz		2MHz	
準峰值/平均值	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除對策元件	78	67	82	72	66	52	68	58	55	37	54	38	48	31.6
(1)100uH(15元)	71.6	60.8	75.2	63.5	62.1	43.5	55.5	43.7	50.8	34.3	38.7	29.1	35.3	24.8
(2)200uH(15元)	75.5	63.7	75.2	64.8	62.3	43.2	54.9	44.5	53.1	38.6	43.9	33.2	44.4	35
(3)330uH(18元)	69.1	57.9	75.4	64.1	61.1	44.8	58.1	48.1	45	30.8	37.9	28.5	32.2	20.2
(4)830uH(25元)	65.1	42.4	65.3	48.2	63	40.5	55.8	51.4	39.8	26.3	39.2	22.8	32.7	16.4
(5)4700uH(50元)	64.7	36.7	64.7	41.1	57.1	45.1	54.8	44.8	45.2	31.2	42.4	29.5	37.4	26
(6)9mH 4PIN30元	67	53.9	73.8	63.6	63.1	50.3	59.5	56.5	49.7	35.7	47.3	34.7	43.5	33.2
(7)30mH 4PIN50元	64.9	47.7	66.3	56	61.6	46.5	60.8	55.5	60.1	42.7	53.5	43.6	32	20.7
傳導管制值：	66	56	66	56	62	52	56	46	56	46	56	46	56	46

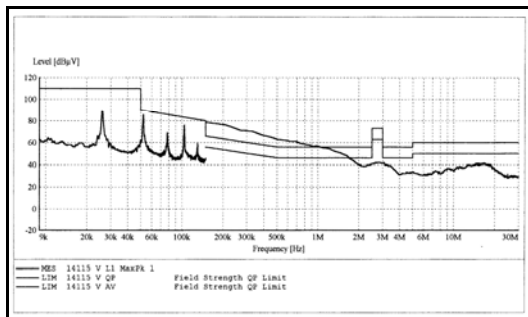
復測點	3.5MHz		6MHz		7.9MHz		10MHz		10.7MHz		22MHz		30MHz	
準峰值/平均值	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除對策元件	50	35	42	26	43	27	43	29	41	29	39	29	33	23.9
(1)100uH(15元)	34	23.1	26.8	11.6	29.2	13.6	31	16.4	30.8	17.1	29	16	24.2	16.6
(2)200uH(15元)	32.7	20.4	27.9	10.2	30.2	13.7	31.7	16.3	30.7	15.8	27.3	15.6	25.1	17.8
(3)330uH(18元)	32.1	20.3	27.3	13.5	29.2	13	30.9	16.6	34.3	19.1	28.7	18	26.1	18.6
(4)830uH(25元)	32.3	12.9	34.7	21.9	30.9	17.6	34.9	21.1	36.2	23.6	33.8	23	31.4	22.3
(5)4700uH(50元)	36.8	23.2	37.2	24.2	31.1	19.1	34.4	23.8	35.8	21.5	35.6	24.5	26.2	19.1
(6)9mH 4PIN30元	35.1	23	20.2	4.9	22.5	12.5	26	13.2	31	16.6	38.6	24.8	27.7	18.8
(7)30mH 4PIN50元	27	15.8	19.2	5.5	22.6	14.6	25.4	12.9	29.8	17.1	36.5	23	27.3	18.1
傳導管制值：	56	46	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50



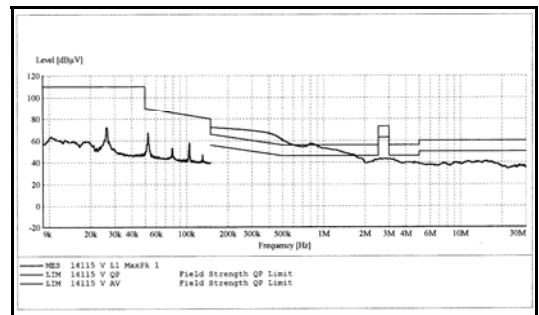
100uH



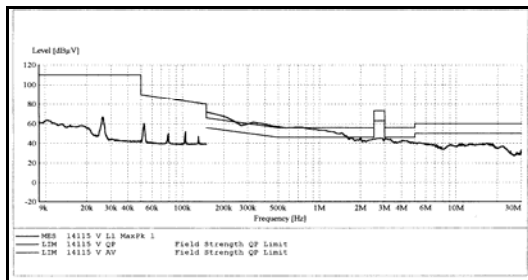
200uH



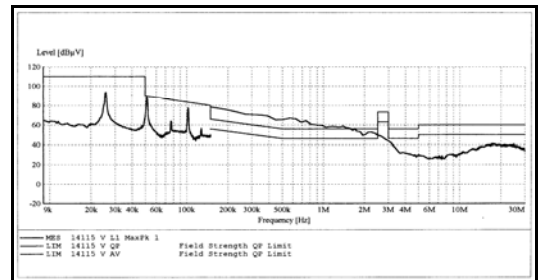
330uH



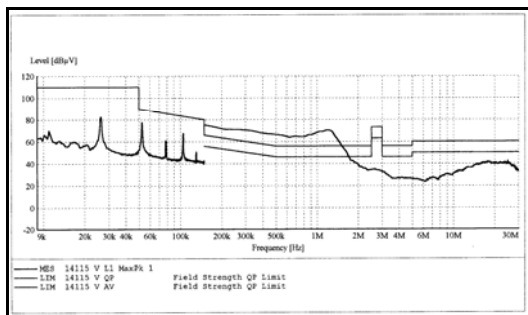
830uH



4700uH



4PIN 9mH



4PIN 30mH

表 8 電壓干擾掃圖結果

### 4.3 差模濾波器投入後分析

不管 4.1 節 X 電容投入疏導，抑是 4.2 節差模電感防堵，幾乎已確認無法單獨使用，因此採用具 45° 轉折頻譜及 40dB 雜訊量衰減能力之差模濾波器設計，已是最後的選擇。現在將差模電感及 X 電容分別插件於各自面包板上，再連至焊在銅軌上的連接線，分別進行傳導(圖 10)及輻射(圖 11)干擾測試。電感採用最便宜的 100uH，再搭配各種 X 電容規格，即可算出轉折頻率(表 9)。依據 3.3 節改善前頻譜分析結果，電子式檯燈不合格頻帶是指向 150KHz~1MHz 範圍，因此欲將此頻帶作 45° 轉折，濾波器轉折頻率應選擇 150KHz 以下，表 10 五組濾波器組合投入後，其 L 相電壓干擾抑制成效均合乎管制值，而且越早轉折效果似乎越好(即選擇頻率越小於 150KHz 者)。現在將表 9 之五組濾波器以插件更換方式，進行投入測試，復測點量測、傳導干擾掃圖及輻射干擾掃圖分見於表 10~表 12，可發現幾項特點：

1. 頻帶 9KHz~150KHz ↓，均微降且滿足限制值。
2. 頻帶 150KHz~1MHz，五組濾波器均發揮轉折效果，其中第 1 組 100uH+0.1uF 在 160KHz 仍不合格外，其它各組均已將不合格雜訊衰減至限制值以下，基於價錢及抑制成效考量，21 元的第 3 組(100uH+ 0.22uF)似乎是最佳選擇；若不考慮價錢，24 元的第 5 組(100uH +0.47uF)抑制效果最好，且在 160KHz 附近抑制值更低於限制值。(表 10)
3. 頻帶 1MHz ↑~30MHz，各組慮波器均有再作進一步的衰減。
4. 關於 9KHz~30MHz 頻帶輻射性干擾，不安裝任何對策元件，均已低於管制值甚多。
5. 本研究試著了解各組濾波器投入後，對輻射性干擾是否有點效果，仍然以三軸天線進行量測，並以 LOOP A 監測結果，除第 1 組投入後與 3.2 節改善前輻射性干擾量測監測結果相近外，其它各組濾波器投入後，在 150KHz~1MHz 頻帶，仍有再衰減的效果。(表 12)

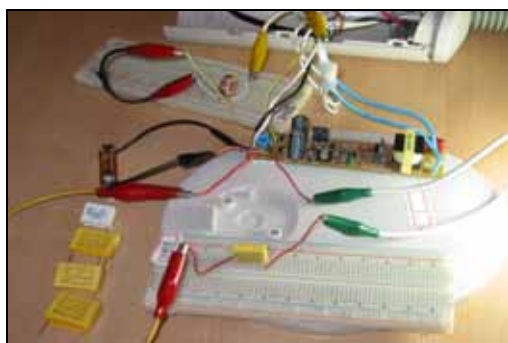


圖 10 差模濾波器傳導測試



圖 11 差模濾波器輻射測試

電感(uH)	電容(uF)	轉折點
100(15 元)	0.10(5 元)	35KHz
100(15 元)	0.15(6 元)	29KHz
100(15 元)	0.22(6 元)	24KHz
100(15 元)	0.33(9 元)	19KHz
100(15 元)	0.47(9 元)	16KHz

表 9 各組差模濾波器轉折頻率

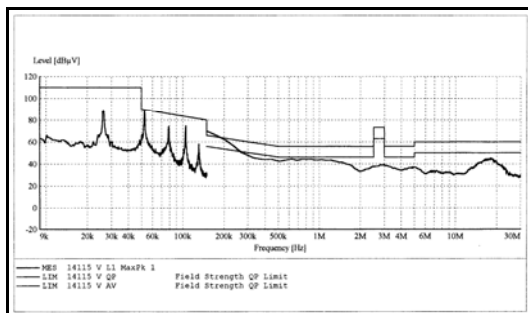
表 10 各組濾波器投入後，L 相電壓干擾復測

復測點	9KHz		26.23KHz		50KHz		51.9KHz		78.2KHz		100KHz		104.2KHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除對策元件	61	60	89	87	63	62	85	84	65	63	51	49	77	74.2
(1)100uH+0.1uF	60.8	60.1	86	84	56.3	54.5	72.9	71.1	55.6	53.2	37.8	34.4	57.2	55.6
(2)100uH+0.15uF	60.9	60.1	87.6	84.8	58.7	56	74.7	72.9	54.6	51.5	33.3	30.7	54.8	52.5

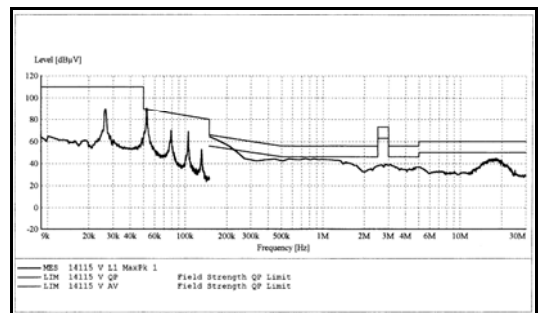
(3)100uH+0.22uF	60.8	59.6	87.7	85.7	59.8	57.6	73.5	71	53.6	51.4	54.3	51.6	49.6	47.5
(4)100uH+0.33uF	60.2	58.3	88.6	86.6	54.1	52.8	67.9	65.3	49.9	47.7	26.7	23.3	43	41.4
(5)100uH+0.47uF	61.6	59.8	89.3	86.9	47.6	44.3	61.7	59.8	45.9	43.3	24.6	20.9	35.1	33.4
傳導管制值：	110	—	110	—	90	—	90	—	86	—	84	—	83	—

復測點	150KHz		160KHz		240KHz		550KHz		1MHz		1.4MHz		2MHz	
準峰值/平均值	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除對策元件	78	67	82	72	66	52	68	58	55	37	54	38	48	31.6
(1)100uH+0.1uF	56.4	45.3	67	56	46.1	37.6	41.8	40.2	34.5	25.9	34.3	22.3	29.4	20
(2)100uH+0.15uF	51.7	41.1	62	51.5	42.8	35.3	41.5	40.2	34.4	26.5	35.2	23.1	29	19.8
(3)100uH+0.22uF	47.7	36.8	58	47.1	39.8	33.9	41.6	39.8	34.5	25.8	34.9	22.6	29.1	19.5
(4)100uH+0.33uF	42.5	31.5	53.2	42.6	38.8	34.9	41.5	39.8	33.8	28.4	40	28.3	29.9	20.3
(5)100uH+0.47uF	37.3	27.2	48.5	38.5	39.5	36.5	41.8	40	33.9	29.6	41.2	29.8	29.7	20.1
傳導管制值：	66	56	66	56	62	52	56	46	56	46	56	46	56	46

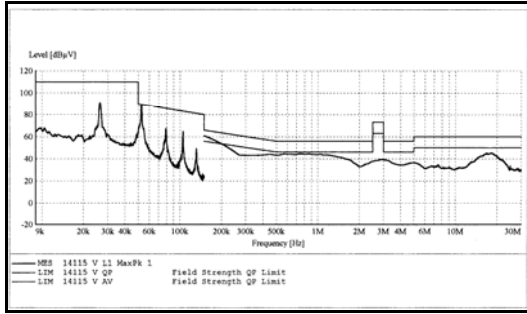
復測點	3.5MHz		6MHz		7.9MHz		10MHz		10.7MHz		22MHz		30MHz	
準峰值/平均值	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除對策元件	50	35	42	26	43	27	43	29	41	29	39	29	33	23.9
(1)100uH+0.1uF	32.7	22.6	30.3	20.5	29.2	20.1	29.5	21	31	20.7	33.9	22	24.9	16
(2)100uH+0.15uF	32.8	23.6	29.7	21.3	29.7	21.8	29	20.7	31	20.5	33.4	21.9	24.7	16.2
(3)100uH+0.22uF	32.4	23.3	29.2	20.9	29.5	21.4	28.5	20.3	30.4	19.7	32.1	20.9	24.3	15.4
(4)100uH+0.33uF	33.9	23.9	28.4	18.8	28.6	19.4	29	20.6	30.1	20.4	34.1	21.9	26.1	16.1
(5)100uH+0.47uF	34.1	23.6	28.8	18.8	29.2	20.1	29.4	20.9	31.2	20.5	35.9	22.5	25.5	16.3
傳導管制值：	56	46	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50



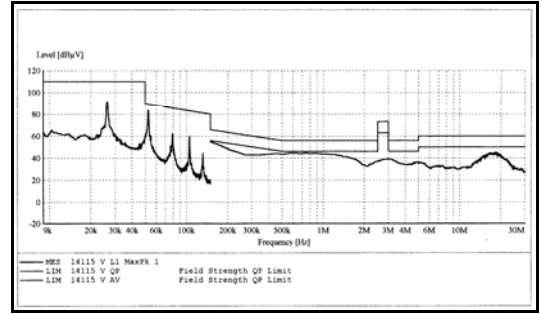
100uH+0.1uF



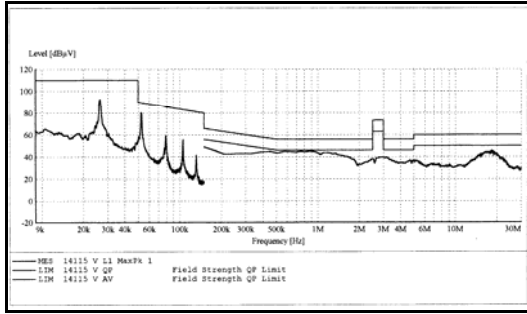
100uH+0.15uF



100uH+0.22uF

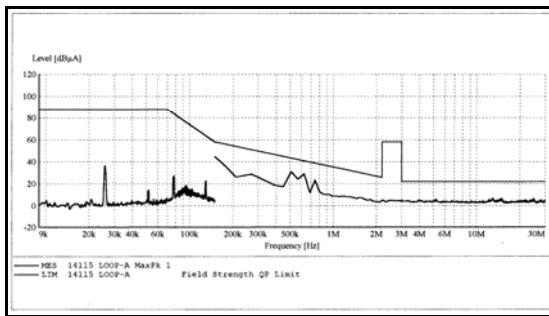


100uH+0.33uF

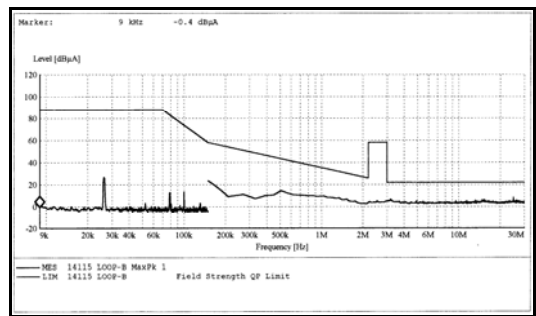


100uH+0.47uF

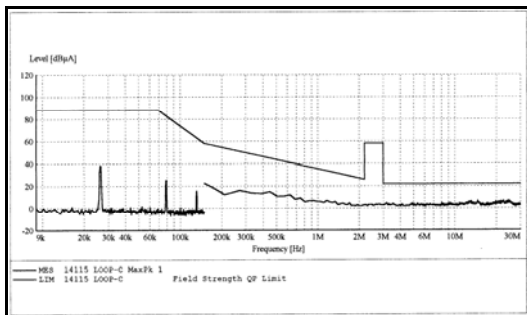
表 11 各組濾波器投入後，傳導干擾掃圖



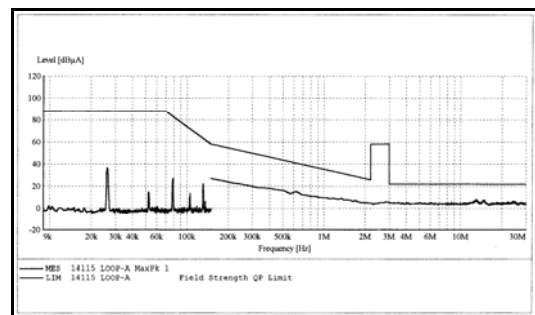
100uH+0.1uF (LOOP A)



100uH+0.1uF (LOOP B)

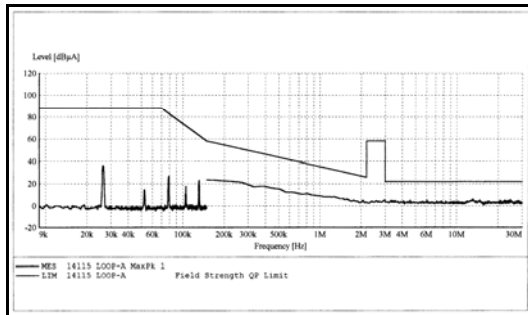


100uH+0.1uF (LOOP C)

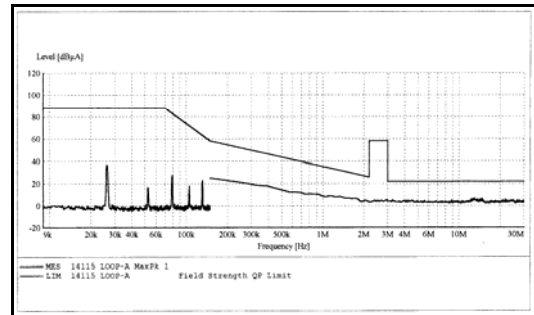


100uH+0.15uF (LOOP A)

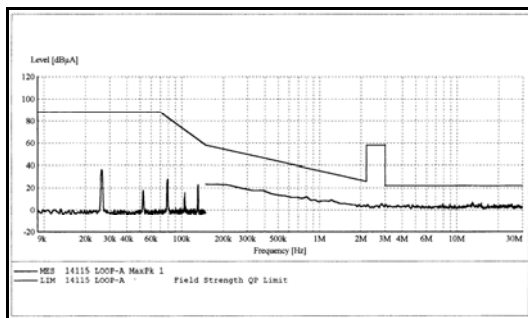




100uH+0.22uF (LOOP A)



100uH+0.33uF (LOOP A)



100uH+0.47uF (LOOP A)

表 12 各組濾波器投入後，輻射干擾掃圖

## 伍、結論

市售 27W 桌上型電子式檯燈，大多採用半橋式振盪電路設計，其無法滿足 CNS14115 對燈具傳導電壓干擾限制值，主要集中在 150KHz~1MHz 範圍，至於 9KHz~30MHz 之間的輻射干擾，不加任何對策元件，事實早已完全符合規定，換句話說，桌上型電子式檯燈沒有輻射干擾問題，只有傳導干擾問題，而要抑制的對象，也只剩下傳導干擾而已。本文除解析電子式檯燈電磁干擾產生原因外，也進行其在不加任何對策元件下的頻譜分析，最後在研究對策元件投入後的抑制成效評比，結果發現，單獨的 X 電容或差模電感使用，不管規格如何增大，都沒辦法將此種半橋式振盪電路所衍生之傳導電磁干擾抑制下來，只有利用差模濾波器的轉折特性，才能有效將傳導性干擾嚴重頻帶壓制，100uH+0.22 uF (21 元)最後被推薦，若不在乎 3 塊錢，24 元的 100uH+0.47uF 組合，具有抑制傳導性干擾至一半的能力，是不錯的選擇。電子式燈具隨著用途不同，振盪電路會作大幅修正，例如辦公室用的照明燈具，採用的是推挽式振盪電路，其額定電流更大，振盪更激烈，電磁干擾特性還會跟桌上型電子式檯燈的研究結果相同嗎？這是筆者將繼續探索的問題。

## 陸、參考文獻

1. 張英彬 著，"電子安定器之實作技術"，全華書局。
2. 吳福財 著，"電子安定器綜論"，全華書局。
3. CNS14115 標準，"電氣照明與類似設備之射頻干擾限制值與量測方法"。