

經濟部標準檢驗局 97 年度研究發展專題

桌上型電子式檯燈之輸出特性、能源損耗及電 磁干擾抑制研究



報告書編號：97022

經濟部標準檢驗局臺南分局 編印

中華民國 97 年 12 月

經濟部標準檢驗局 97 年度研究報告提要表		填表人：洪飛良	
		填表日期：97.1.12	
研究報告名稱	桌上型電子式檯燈之輸出特性、能源損耗及電磁干擾抑制研究		
研究單位及人員	台南分局 吳福正、洪飛良、許經杭	研究時間	自 97 年 01 月 01 日 至 97 年 11 月 30 日
報 告 內 容 提 要			
(一)研究緣起與目的			
<p>97 年度起，台南分局必需承接燈具電磁干擾業務並為實質專業實驗室，因此對燈具輸出及電磁干擾特性有必要作深入研究，以提升相關人員檢驗知識及技術，另外節能問題是世界潮流，也順道探討。燈具所以產生電磁干擾原因，主要由驅動燈管發光之安定器所造成，其又分為傳統式及電子式兩種，傳統式採用漏磁變壓器加壓，電子式則採用電子電路作高頻振盪，原理主要都在加速燈管內氣體的碰撞，釋放能量，使螢光物質吸收而發光，但這種過程卻會產生高低頻雜訊，低頻雜訊會造成燈具功因下降，能源損耗，高頻雜訊則透過電源線作傳導干擾及類似天線原理產生高頻輻射。到底這些能源損耗、傳導干擾、輻射干擾有多嚴重？抑制對策為何？都是此次專題急欲解開的話題。本研究從桌上型電子式檯燈燈具切入，作為各類燈具研究的基礎。</p>			
(二)研究方法與過程			
<p>桌上型電子式檯燈燈具之低頻輸出特性及能源損耗 儀器採用多功能電力分析儀 HIOKI，量測範圍包括：功率消耗(實功、虛功、諧波功率)、能源損耗(電流失真、功因下降)、諧波污染(120Hz~3000Hz)，為了確保實驗準確度，電源先經自耦變壓器設定在 110V，並對電源低頻諧波進行背景值量測。</p> <p>桌上型電子式檯燈燈具之高頻電磁干擾 目前燈具電磁干擾規範規定於 CNS14115 標準，傳導及輻射管制頻帶集中於 9kHz~30MHz，傳導性干擾以 LISN 及頻譜分析儀進行量測與數據擷取，輻射則以環形電線擷取信號，分析其數據及頻帶範圍，有助於對策元件的研擬。</p> <p>高頻電磁干擾抑制對策 X 電容及差模電感具有降低 150KHz~30MHz 頻段諧波功能，較高頻段之傳導及輻射干擾，則可嘗試採用 Y 電容、共模電感、磁珠、磁環等元件來作為對策，此次研究將可探討這些對策元件，在桌上型電子式檯燈上的適用性，希望建立一個電磁干擾工程師可遵循的法則。</p>			
(三)研究成效及貢獻			
<p>提升同仁、廠商、認可實驗室，在桌上型電子式檯燈燈具低頻諧波輸出與能源損耗，及高頻電磁干擾與抑制對策相關知識與技能。</p>			

摘 要

照明燈具是本局檢驗重點項目之一，舉凡道路照明用的水銀燈、鹵素燈、調氣氣用的三波長 BB 燈、PL 燈、省電燈泡、辦公用日光燈及民眾家中用最多的桌上型螢光檯燈都是。燈具需藉助安定器來運作，否則燈管不但無法起動，壽命也將縮短，安定器結構又分傳統式及電子式，傳統式由漏磁變壓器構成，鐵芯磁滯所引起高低頻諧波並不嚴重，不在本研究範圍內，但電子式則不然，高頻振盪電路的設計，二極體非線性特性，整流電路濾波電容充放電效應，高速開關 MOSFET 的應用，使得電子式安定器有嚴重高低頻諧波問題，加上高頻振盪電路型態又分為半橋、全橋、推挽、自激及他激等四種，型態不同，電性輸出完全不同，要在有限時間完成每種型態的分析、量測、規劃特性及抑制對策，有其困難度，因此本研究先從消費者眾多的桌上型電子式檯燈切入，量測解析其高低頻諧波特性和電磁干擾及抑制對策。低頻部份，採用 IEC61000-3-2、IEC61000-3-4、IEC555-2 及標檢 90 三字第 300788 號令等規範，量測儀器則使用 HIOKI 8806 精密諧波電力分析儀；高頻部份，採用 CNS14115 作為規範，儀器則使用隔離室內的 LISN、環形天線、頻譜分析儀，再視監測結果，決定採用何種對策元件。本研究結果將可提供認可實驗室、家電安規從業人員、燈具製造商參考，也可提供電磁干擾工程師實行對策之用。

誌 謝

此次研究因為許多人的支持與幫助，使得本專題順利完成。成謝參與本次研究同仁洪飛良先生在電磁干擾技術上及樣品採購支援，其次感謝許經杭先生在燈具電路運作上的技術指導，也感寫本課林技正昆平對文章撰寫結構及實驗過程指導，最後感謝課長蕭水來，長期的督促與勉勵，使本研究能在預定日期，順利完成。

目 錄

	頁次
月份工作進度摘要表.....	I
摘 要	II
誌 謝	III
目 錄	IV
第一章 緒論	
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 專題內容概述.....	2
第二章 桌上型電子式檯燈動作原理	
2.1 電路架構.....	3
2.2 [方塊 1] 保護電路及電磁干擾抑制電路	5
2.2.1 電源保護電路.....	5
2.2.2 高頻電磁干擾抑制對策元件.....	6
2.3 [方塊 2] 全波整流電路	6
2.4 [方塊 3] 半橋式高頻切換電路	7
2.4.1 半橋式高頻切換電路.....	7

2.4.2 切換速率控制電路·····	9
2.5 [方塊 4] 高頻交流弦波電路 ·····	10
第三章 桌上型電子式檯燈的低頻輸出與能源損耗	
3.1 國內外燈具低頻諧波及功因管制標準·····	11
3.2 燈具衍生低頻諧波原因及敝害·····	12
3.2.1 諧波定義·····	12
3.2.2 低頻諧波敝害·····	13
3.2.3 低頻諧波產生原因解析及實驗·····	15
3.3 市售三家廠牌之低頻諧波及能源損耗量測·····	17
3.3.1 多功能電力諧波分析儀·····	17
3.3.2 低頻諧波、功因、能源損耗量測·····	17
第四章 桌上型電子式檯燈的高頻電磁干擾	
4.1 管制標準、量測設備、量測程序·····	23
4.1.1 管制標準·····	23
4.1.2 傳導量測設備及測試程序·····	24
4.1.3 輻射量測設備及測試程序·····	25
4.2 產生電磁干擾原因推論·····	26
4.2.1 二極體非線性特性·····	26
4.2.2 整流電路電容充放電效應·····	27
4.2.3 高頻切換電路·····	28

4.3 高頻電磁干擾抑制元件介紹	28
4.3.1 X 電容	29
4.3.2 差模電感	31
4.3.3 差模濾波器	32
4.4 改善前量測	32
4.4.1 改善前傳導性電壓干擾量測	33
4.4.2 改善前輻射性干擾量測	34
4.4.3 改善前燈具高頻頻譜分析	35
4.5 改善後量測	37
4.5.1 對策元件 X 電容投入	37
4.5.2 對策元件差模電感投入	38
4.5.3 混合 X 電容與差模電感之濾波器設計	41
第五章 結論與未來展望	46
參考文獻	48
附錄 量測符號說明	50

第一章 緒 論

1.1 研究背景

燈具主要結構為安定器，分成傳統式及電子式兩種，傳統式採用漏磁變壓器升壓，電子式則採用電子電路作高頻振盪，原理都在加速燈管內氣體碰撞，釋放能量，提供燈管壁之螢光物質吸收而發光。電子式安定器夾帶點燈快及不閃爍優勢，逐漸取代了傳統式安定器，成為市場主流。為適應各種燈具用途，電子式安定器有不同的電路型態，例如半橋式電路專門用在桌上型檯燈，電路中常會採用不少二極體及半導體高速開關，其衍生高低頻諧波是必然的。低頻諧波波幅大頻率低，流竄燈具內部配線，產生熱損，使燈具功因下降；高頻諧波主要由半導體高速開關引起，頻帶範圍由切換速率控制電路型態決定，例如採用鐵芯磁飽和原理以交替半導體高速開關者，產生高頻諧波，就較採用電子控制電路者緩和。故應用於桌上型電子式檯燈的半橋式振盪電路，其高低頻諧波、能源損耗及電磁干擾有多嚴重？抑制對策為何？是本研究的重點。

1.2 研究目的

桌上型電子式檯燈，不管是小學生或上班族，幾乎人手一盞，因此，衍生高低頻諧波干擾及能源損耗問題值得研究，除了解目前市售產品狀況，也提供製造商對產品特性認知，並研擬最佳電磁干擾抑制對

策，以提供電磁干擾工程參考。另外，燈具衍生低頻諧波侵入台電配電系統，還有電力品質污染問題，尤其大樓住宅用戶極多，了解其成份及含量，有助於電力工程師對電力品質的改善。

1.3 專題內容概述

第二章桌上型電子式檯燈動作原理。除介紹電路架構及運作原理，對局部電路及零組件如保護電路、整流電路、半橋式激發電路、弦波電路、穩態暫態輸出特性，多所著墨。[1][2][3][4][5][6]

第三章桌上型電子式檯燈的低頻輸出與能源損耗。介紹國內外對電子式安定器燈衍生低頻諧波相關管制標準，說明衍生原因及敝害，並量測輸出特性及諧波耗功問題，最後以市售三家廠牌進行低頻諧波量測與能源損耗評比。[7][8][9][10][11][12][13][14][15][16]

第四章桌上型電子式檯燈的高頻電磁干擾。介紹國內管制電子式檯燈衍生高頻諧波標準，解析何種電路結構引起，除進行改善前高頻傳導及輻射電磁干擾量測與分析外，更研擬最佳抑制對策。[1][17]~[20]

第五章為結論與未來展望。本研究針對桌上型電子式檯燈安定器，所衍生高低頻諧波干擾及輸出特性進行研究，但隨著燈具用途不同，電子式安定器電路結構會大幅修正，研究方法恰可用來解析其它燈具之高低頻輸出特性。

第二章 桌上型電子式檯燈動作原理

桌上型檯燈分傳統式與電子式安定器兩種，傳統式有起動慢、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替代，其最大特點係利用整流電路、半橋式高頻振盪電路、諧振網路，將 60Hz 交流弦波電壓提升至 20000Hz~40000Hz 交流弦波電壓，使日光燈兩電極在極短時間內逸出大量電子，對燈管內水銀離子產生撞擊，以釋放出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。

2.1 電路架構

圖 2.1~圖 2.4 顯示一 18W 電子式桌上型檯燈之電路實體、電路圖、架構圖。整個動作原理可分成四個方塊，方塊 1 為電路保護設施(電源熔絲 FUSE、電源突波吸收器 NTC、避雷器 TNR)及高頻電磁干擾抑制對策元件(差模電感 L1、X 電容)。方塊 2 為全波整流倍壓電路(兩顆二極體及兩只濾波電容)，主要將交流轉成直流電壓。方塊 3 為高頻振盪電路(兩顆 MOFET 高速開關及自激式鐵芯飽和切換控制電路)，主要對前級直流電壓進行切割，切割頻率控制在 20000Hz~40000Hz，每半週期進行極性互換，以產生週期性高頻正負方波。方塊 4 LC 振盪電路將高頻正負方波，轉換成高頻交流弦波。

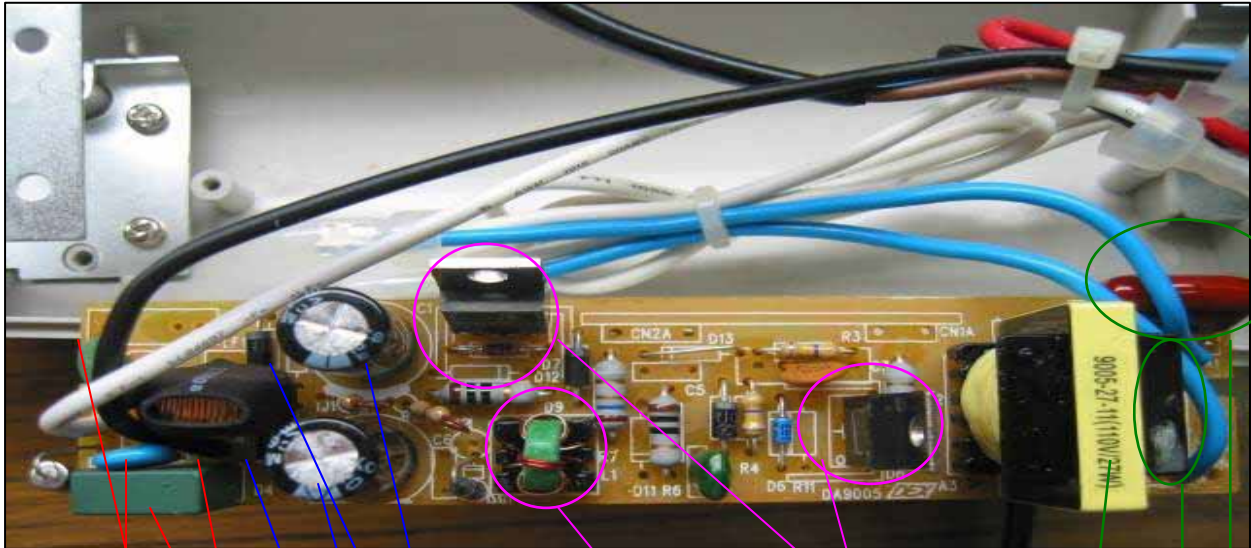


圖 2.1 以全波整流倍壓電路作為輸入級的安定器實體結構

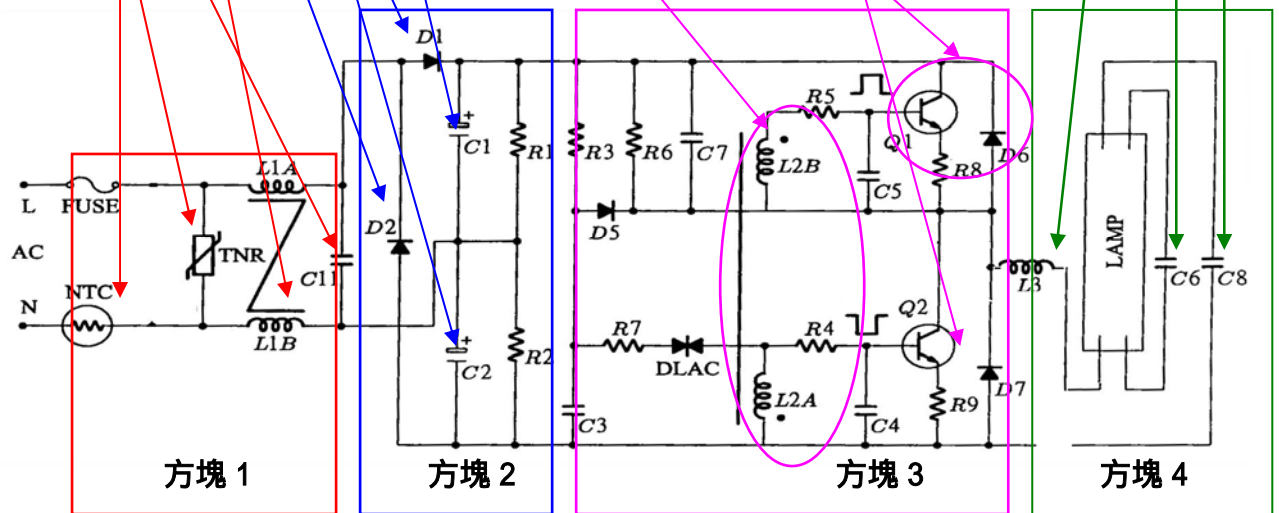


圖 2.2 電子式桌上型檯燈安定器電路圖

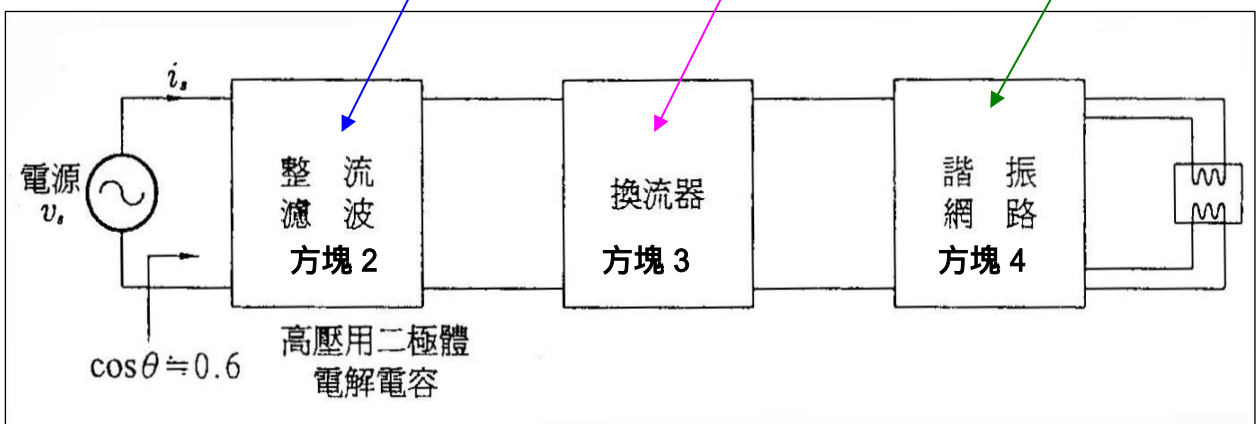


圖 2.3 電子式桌上型檯燈安定器電路架構圖

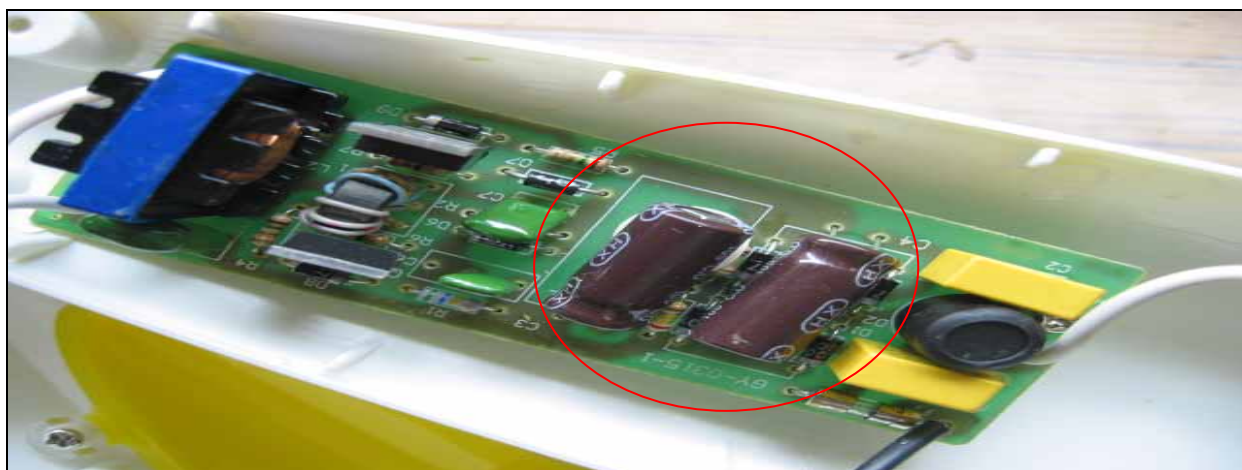


圖 2.4 以全波整流橋式電路作為輸入級的安定器實體結構

2.2 [方塊 1] 保護電路及電磁干擾抑制電路

2.2.1 電源保護電路

. 電源熔絲 FUSE

作為燈具電路異常過載保護的後衛零件。

. 電源突波吸收器 NTC

電子安定器在點亮瞬間會產生極大的突波電流，突波吸收器以熱敏電阻半導體製成，具負溫度係數(Negative Temperature Coefficient: NTC)特性，當燈具剛啟動時，溫度尚低，熱敏電阻呈高電阻，吸收高突波加以放熱，當燈具運轉後溫度升高，熱敏電阻降低，適合燈具穩定運轉狀態。

. 避雷器 TNR

雷擊時，配電線路可能引入 5KV 暫態高電壓，會嚴重破壞安定器的整流電路，避雷器由金屬氧化變阻體(Metaloxide Varist MOV)構成，

為一可變阻抗，當燈具線路正常呈高阻抗，當線路存在暫態高電壓時呈低阻抗，而旁通暫態高電壓，再以熱型態消散能量。

2.2.2 高頻電磁干擾抑制對策元件

. X 電容

X 電容又稱金屬化聚乙酯電容，為一金屬薄膜捲成的塑膠電容，X 電容抑制高雜訊頻帶介於 150KHz~30MHz，市售常見有 $0.01\mu\text{F}$ 、 $0.1\mu\text{F}$ 、 $0.33\mu\text{F}$ 、 $1\mu\text{F}$ 、 $4.7\mu\text{F}$ 等。

. 差模電感 L

當 X 電容無法有效壓制高頻雜訊頻帶時，必需混合差模電感來使用，差模電感為導磁率低的鐵芯材質，電感值常見有 15uH、22uH、33uH、47uH、50uH、55uH、70uH、100uH、120uH、150uH、200uH、330uH、560uH、830uH，抑制雜訊抑頻帶範圍 150KHz~30MHz。

2.3 [方塊 2] 全波整流電路

全波整流可採用四顆二極體構成的橋式電路，或兩顆二極體構成的倍壓電路，以圖 2.2 整流倍壓電路為例，當電源交流弦波 V_m 正波跨入時，電流流經 D_1 及 C_1 返回電源負端(此時 D_2 及 C_2 斷路)；當負弦波跨入時，電流經由 C_2 流過 D_2 ，返回電源正端(此時 D_1 及 C_1 斷路)。前半週期電解電容 C_1 剛建立直流電壓 $V_{C1}=V_m$ ，後半週期電解電容 C_2 又建立 $V_{C2}=V_m$ ，因此在整流電路輸出側，形成一直流倍壓 $V_{dc}=V_{C1}+V_{C2}=2V_m$ 如圖 2.5。

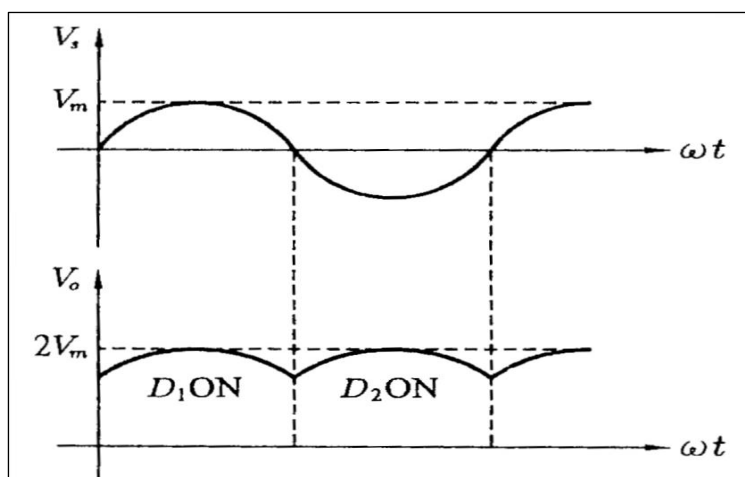


圖 2.5 全波整流倍壓電路的直流輸出電壓

2.4 [方塊 3] 半橋式高頻切換電路

2.4.1 半橋式高頻切換電路

半橋式高頻切換電路可將直流電壓轉換成高頻交流方波，構造由半導體開關 Q_1 、 Q_2 ，快速恢復二極體 D_6 、 D_7 ，控制開關速率切換元件 L_{2A} 、 L_{2B} (2.4.2 節介紹)，分壓電容 C_7 、 C_3 等四部份組成如圖 2.6。將 MOFET Q_1 、 Q_2 畫成 switch，並假設其交替頻率設計為 f 下，電路可再簡化成圖 2.7 運作架構，電路顯示 C_7 與 C_3 電容端電壓恆為 $1/2V_{dc}$ ， Q_1 與 Q_2 快速切換會累積能量，故各自並聯一顆快速恢復二極體 (Fast Recovery Diode) 以排除，值得注意的是，FRD 是採逆向偏壓導通，整體電路動作如下：

(1) Q_1 on, Q_2 off

電流從直流電源正端出發，經 Q_1 通過諧振電路(2.5節)，再經電容 C_3 流回電源負端，由於 $V_{C_3}=1/2V_{dc}$ ，根據柯西荷夫電壓回路定理，此回路在諧振網路輸入端，產生 $+1/2V_{dc}$ 的輸入電壓。

(2) Q_2 on, Q_1 off

電流從直流電源正端出發，經電容 C_7 流經諧振電路(2.5節)，再經 Q_2 流回電源負端，由於 $V_{C_7}=1/2V_{dc}$ ，根據柯西荷夫電壓回路定理，此回路在諧振網路輸入端，造成 $-1/2V_{dc}$ 的輸入電壓。

上述分析，可知此種交替切換電路，確實可將直流電壓轉換成高頻交流方波，以作為下一級諧振網路的輸入電源圖 2.8。

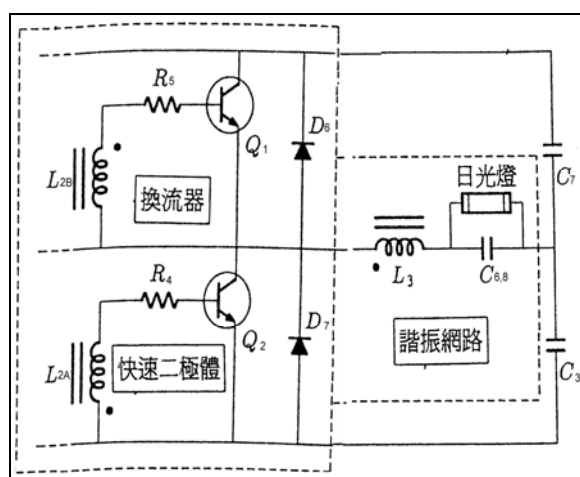


圖 2.6 高頻交流方波製造電路

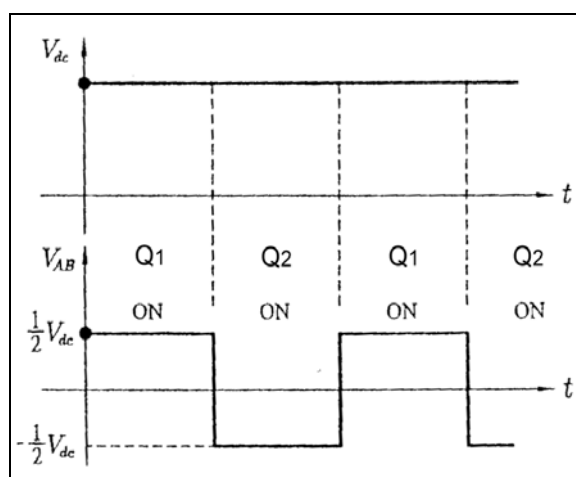


圖 2.8 切換後的交流方波電壓

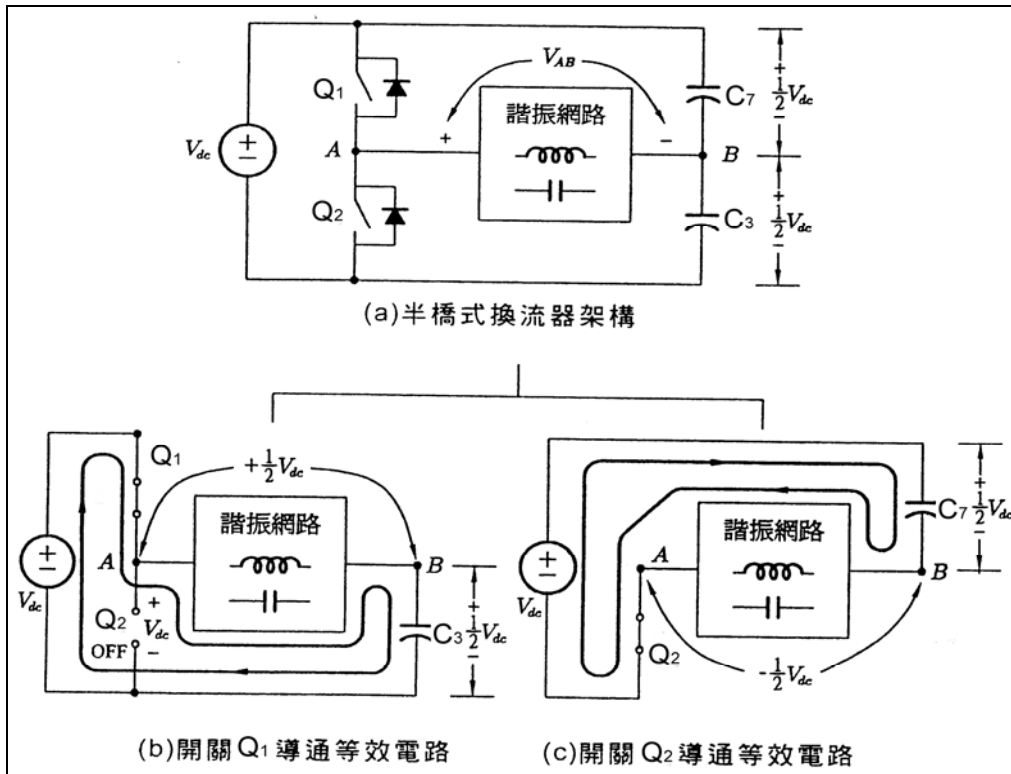


圖 2.7 半橋式高頻切換電路運作原理

2.4.2 切換速率控制電路

圖 2.6 顯示線圈 L2A 與 L2B 控制 Q1 與 Q2 交替速率，兩線圈共同纏繞在一極容易飽和的環型鐵氧磁體上，繞線方向互為相反，線圈 L2A 匝數設計比線圈 L2B 少一點，假設前者在鐵芯內產生順向磁場，後者產生反向磁場，因此當激磁電流同時流入兩線圈時，順反磁場抵消結果，只剩下反向磁場，L2B 線圈呈現電抗電壓，而激發 Q1 動作(ON)，隨後鐵芯溫升造成飽和，L2B 線圈之電抗值因失磁而逐漸降低，激發電壓不夠，Q1 停止動作(OFF)，鐵芯產生溫降，此時線圈 L2A 獲得失磁能量，鐵芯內磁場反而變成順向磁場，使 L2A 線圈呈現電抗電壓，

而激發 Q2 動作(ON)，鐵芯溫升又造成飽和，L2A 線圈之電抗值因失磁而逐漸降低，激發電壓不夠，Q2 停止動作(OFF)，如此利用線圈繞匝設計的差異及鐵芯飽和原理，使 Q1 及 Q2 交互切換，因無來自額外電子電路控制，此激發方式便稱自激式。而切換速率由 L2A 與 L2B 線圈匝數差及鐵芯體積決定。

2.5 [方塊 4] 高頻交流弦波電路

此諧振電路將高頻交流方波轉換成高頻交流弦波，主要由電感 L3、電容 C6,8 及燈管阻抗 R 構成(圖 2.8~圖 2.9)，諧振電流等於方波電壓除以電路阻抗，如式 2-1。

$$I = \frac{\overline{V_{AB}}}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \quad (2-1)$$

其中 $\overline{V_{AB}}$: 輸入電壓 V_{AB} 的有效值

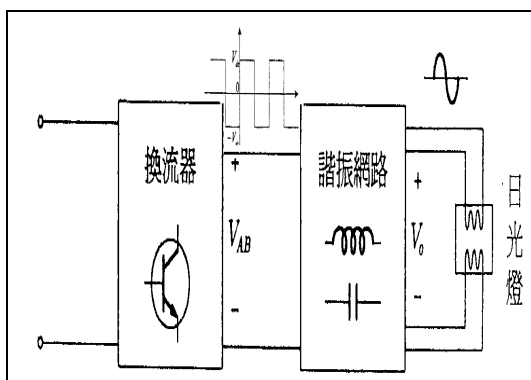


圖 2.8 諧振電路動作架構

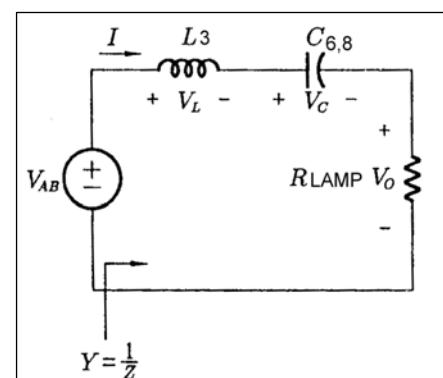


圖 2.9 諧振電路阻抗

第三章 電子式桌上型檯燈低頻輸出與能源損耗

3.1 國內外燈具低頻諧波及功因管制標準

歐美日國家，目前均採用國際電工協會IEC555-2，對電子式安定器燈具，進行低頻諧波管制如表3.1，我國則依燈具用途進行規定如下：

- (1) 日光燈用電子式安定器於民國88年起，依CNS13755進行低頻諧波及功因列管，「各次諧波失真同表3.1，綜合諧波失真THD小於33%，功因0.95以上」。
- (2) 省電燈泡(即內藏式安定器螢光燈管)於民國90年3月1日起，依CNS14125進行低頻諧波及功因列管，「各次諧波失真無限制，綜合諧波失真THD小於120%，功因無管制」。
- (3) 桌上型螢光檯燈則於民國90年起，依標檢90 三字第300788 號令進行低頻諧波及功因列管，「各次諧波則無限制，綜合諧波失真小於120%，功因0.5以上」。

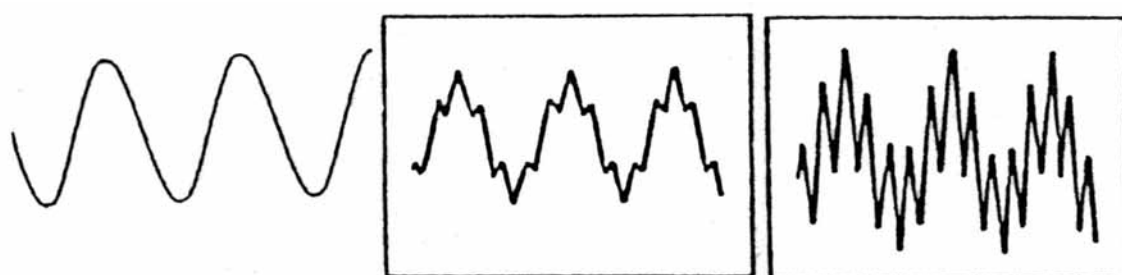
表3.1 IEC555-2電子式安定器各次低頻諧波管制

諧波次數(n)	容許諧波最大值
2	2%
3	功因 * 30%
5	10%
7	7%
9	5%
$11 \leq n \leq 39$	3%
THD	33%

3.2 燈具衍生低頻諧波原因及敝害

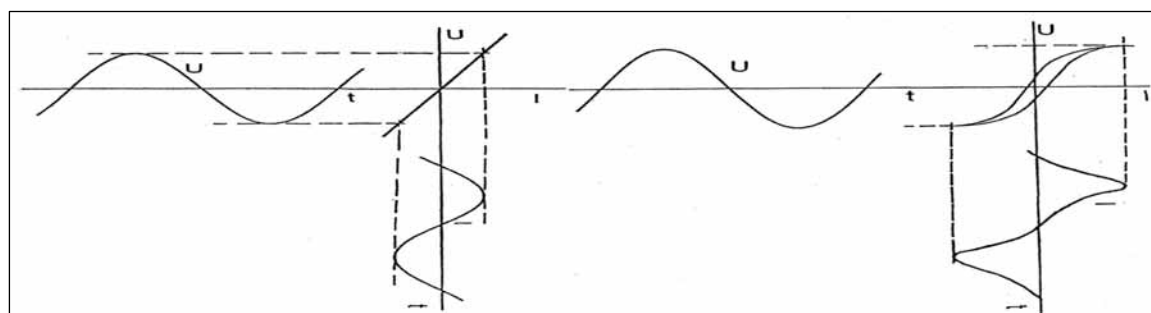
3.2.1 諧波定義

諧波係指非正弦週期波中，具基本波 60Hz 整數倍或非整數倍頻率的電壓或電流諧波，一般以整數倍較多。電源基波頻率為 60Hz，則第五次諧波頻率為基波頻率五倍，即 $5 \times 60\text{Hz} = 300\text{Hz}$ ，圖 3.1 所示為基本波形被五次諧波電流畸變的情形。圖 3.2 描述一正弦波電源電壓跨於線性負載阻抗，所得到輸出電流仍保持原有正弦波，但若接於非線性負載，則電流被畸變為歪波，產生各種諧波成份，低頻諧波被定義頻帶介於 120Hz~3000Hz 頻段的週期性雜訊電流。



(a) 正弦波電源 (b) 第五次諧波含有率 30% (c) 第五次諧波含有率 100%

圖 3.1 正弦波電源被第五次諧波電流畸變



(a) 線性負載

(b) 非線性負載

圖 3.2 線性負載與非線性負載產生輸出電流的特性

3.2.2 低頻諧波敝害

低頻諧波除對正常動作中的家電產品運作產生干擾外，也造成能源損耗的問題，低頻諧波產生量越大，干擾程度就越大，國外甚至將干擾程度分為四級如表3.2所示。至於其對小家電的動作影響，則如表3.3。乍看之下，在短時間干擾有限，但若長時間干擾(例如3小時)，對家電壽命影響，就不得而知，至少國外目前尚未有文獻可參考。此外，根據日本電氣協同委員會調查，低頻諧波甚至對電機電子產品造成嚴重傷害如表3.4。

表3.2 低頻諧波影響程度分級

障害程度	對器材影響	例子	顯示顯像	成 因
0 級	無影響	器材功能、特性不變		
A 級	輕度故障	器材可能容許臨時性功能喪失，但尚不足以構成故障	1.壽命縮短 2.可靠度降低 3.性能衰退	1.反覆的衝擊與溫升，縮短壽命 2.溫升過度，故障率上升，無法發揮功能
B 級	重大故障	器材可自動恢復的暫時性動作已喪失	1.喪失功能 2.性能大大衰退	只暫時喪失可自動恢復功能，影響到不能繼續運轉
C 級	故障臨界	器材動作或特性上的傷害，需靠人工的重開機	保護器誤動作	保護電驛誤動作致使器材運轉當機
D 級	損害	器材喪失功能，損傷無法回復		

表 3.3 低頻雜訊對小家電的動作影響

器材	容量(W)	單一低頻雜訊電壓的影響，試驗時分別施予180HZ及1200HZ~2400HZ雜訊電壓(10%額定電壓)於器材上，試驗時間約10分
電視機	130W	畫面縱橫延伸1%，其它無障礙 無變化
	72W	
	60W	畫面縱橫延伸1%，其它無障礙
立體音響	150W	無變化
	130W	無變化
	167W	音響內變壓器有噪音
一般小型 照明器具	129W	暗1.4%
	72W	暗0.8%
	32W	暗2.3%
小型電子 式照明器 具	116W	暗4.1%
	85W	暗7.7%
	32W	暗6.5%
附電子調 光器之鎢 絲燈	800W	無變化
	400W	無變化
	500W	無變化
個人電腦	100W	無變化
	24W	無變化
	80W	無變化
冷氣機	790W	無變化

表 3.4 諧波對電機電子產品敝害

電子設備	障礙現象	障礙原因	障礙影響
音響影視設備等	因高諧波電壓與電流致使二極體、電晶體及電容器固障，性能劣化	過電流	壽命減短
	發生雜音，影像不穩	感應	
放大器	某些零件發熱	過電流	壽命減短
	產生雜音	感應	
裝有PC的家電用品	某些零件發熱	過電流	壽命減短
	產生雜訊	感應	
電腦，包括CAD、FA、OA、FAX、PC、工作站、資料處理器、影像掃描器、文書處理器等用	某些零件發熱	過電流	壽命減短
	誤動作，影響計算機演算	感應	
電子設備	障礙現象	障礙原因	障礙影響

程序控制設備，包括SCR控制裝置、變頻器、變流器、換流器、程序控制偵測器等	因控制訊號相角變移引起誤控誤動作	電壓畸變感應		
負載集中監控設備	因控制訊號受擾亂而受訊器誤動作			
X光微分析器	畫面不清	感應及電壓畸變		
無線電受信機	某些零件發熱	過電流	壽命減短	
	產生雜音	感應		
魚群探知機	影像不清，雜訊	感應		
呼叫器	誤報	感應		
影印機	某些零件發熱	過電流	壽命減短	
印表機	誤動作	感應		
無線電遙控器	誤動作	感應		
低頻感應爐	不能運轉	?		
生產用控制設備，包括NC控制器、機器人控制器、位置控制器、Servo、換流器等	某些零件發熱	過電流	壽命減短	
	誤動作	感應及電壓畸變		
其他	漏電斷路器	誤動作	?	
	過電流電驛	誤不動作、標置誤差	過電流電壓畸變	燒損電流線圈
	螢光指示燈	電容器及電感器發熱	過電流	燒損
	水銀燈、氬氣燈	某些零件發熱	過電流	壽命減短
	控時開關	發熱	過電流	
	感應電動機	發熱，轉矩不穩，噪音	過電流	壽命減短
	變壓器	發熱，過載，噪音，震動	過電流	絕緣劣化，壽命減短，燒損

3.2.3 低頻諧波產生原因解析及實驗

從第二章圖 2.2 電子式桌上型檯燈安定器電路圖，可觀察出方塊 1 橋式倍壓整流電路，方塊 2 高頻交流方波製造電路，均用了不少二極體元件，甚至高速開關本身也是以二極體為單元發展出來的，這種二極體卻是不折不扣的非線性元件，正是引發電子式安定器低頻諧波的元兇。考慮圖 3.3 二極體運作電流波形，當順向導通再施予反向電壓，會發生短暫關閉延遲現象，此短暫時間稱為恢復時間(Recovery

Time)，因在執行關閉前仍有電流通過，此時關閉二極體會產生突波電流，造成交流電源側的電性擾動。二極體突波電流回穩過程，又分柔性與硬性兩種，硬性恢復產生諧波較多，柔性恢復產生諧波較少，為實際監測其波形變化，實驗首先製作一半波整流電路，以一顆二極體串聯 250W 電阻負載箱，量測其交流側電流波形(圖 3.4~圖 3.5)，結果與理論相符，低頻各次諧波電流量測值如表 3.5。實驗所以採用電阻箱當負載，是因為電阻箱為線性元件，沒有諧波問題，確保實驗過程衍生低頻諧波擾動，均來自二極體的衍生。

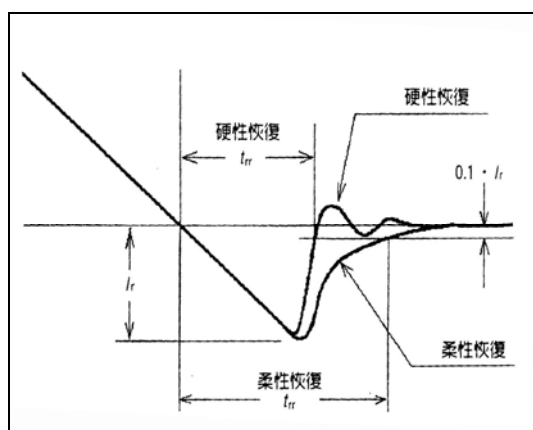


圖 3.3 二極體 ON/OFF 的交流側暫態



圖 3.4 二極體交流側電流量測

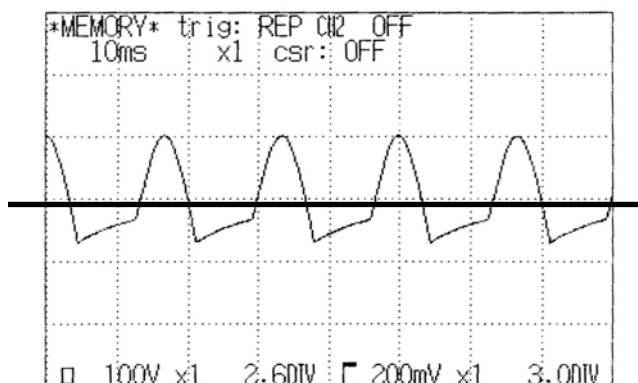


圖 3.5(A)交流側電流波形監測

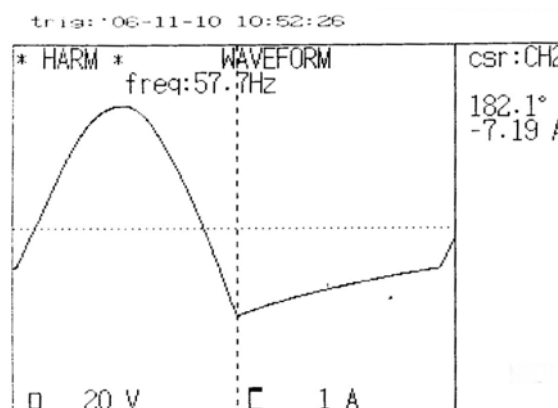


圖 3.5(B)單一週期電流波形截取

表 3.5 二極體負荷 250W 電阻下
電源線所偵測到的低頻諧波電流

11:19:06-11-07 14:03:58									
* HARM *	RMS		CH2		VALUE				
x20	freq:59.5Hz								
N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1	1.138	A11	0.000	A21	0.000	A31	0.001	A	
2	0.512	A12	0.012	A22	0.003	A32	0.001	A	
3	0.006	A13	0.000	A23	0.000	A33	0.001	A	
4	0.092	A14	0.008	A24	0.002	A34	0.001	A	
5	0.006	A15	0.000	A25	0.000	A35	0.000	A	
6	0.051	A16	0.005	A26	0.001	A36	0.002	A	
7	0.009	A17	0.001	A27	0.000	A37	0.000	A	
8	0.024	A18	0.005	A28	0.002	A38	0.001	A	
9	0.001	A19	0.000	A29	0.000	A39	0.000	A	
10	0.012	A20	0.004	A30	0.002	A40	0.001	A	
T-RMS		THD-F		THD-R					
1.253 A		46.02%		41.81%					

3.3 市售三家廠牌之低頻諧波及能源損耗量測

3.3.1 多功能電力諧波分析儀

工欲善其事必先利其器，本文採用日製HIOKI 8806 多功能電力諧波分析儀，進行功因及諧波量測，圖3.6~圖3.7顯示外觀及量測情形。



圖3.6 電力諧波分析儀



圖3.7 量測低頻諧波情形

3.3.2 低頻諧波、功因、能源損耗量測

我們以市售三大廠牌(圖3.8)進行量測，為保護其商譽以A牌、B牌、C

牌為代號，分別量測數據如表3.5、表3.6、表3.7，。可發現下列幾項特點：

(其量測符號說明則詳附錄A)

• 低頻諧波電流

三家廠牌之桌上型電子式檯燈，均以奇數次諧波出現為主，其三次及五次諧波電流均偏大，三次諧波電流幾乎等同基頻額定電流，五次諧波電流也幾乎達基頻額定電流的一半。以 A 牌而言，基頻額定電流為 0.22A，三次及五次諧波分別為 0.18A 及 0.09A，因低頻諧波電流的加入，造成綜和電流上升至 $T-RMS=0.34A$ ，綜合諧波失真率平均達 $THD-F=120\% \uparrow$ ，從電流波形觀測，交流側基頻額定電流已被嚴重畸變。

• 功因及能源損耗

各次諧波電流均產生電流相角，諧波電流向電源端流竄，造成諧波壓降及電壓相角的產生，可依此計算出各次諧的耗能情形，三家廠牌功因長期監測下，約在 0.3 附近，使得這種桌上型電子式檯燈，確實為一耗能產品。

• 與「標檢 90 三字第 300788 號令」及「IEC555-2 標準」對照

「低頻諧波」綜合諧波電流失真 THD-F 經 3 分鐘的監測，A 牌平約 120 %↑，B 牌平均 137 %，C 牌平均約 110 %，A 牌及 B 牌高過『標檢 90 三字第 300788 號令』120 %規定。另三家廠牌之各次諧波電流失真均超出 IEC555-2 規定限制值甚多。

「能源損耗」功因 P-FACTOR 經 3 分鐘監測，A 牌平均約 0.25，B 牌平均約 0.3，C 牌平均約 0.29，均低於『標檢 90 三字第 300788 號令』對功因需高於 0.5 以上規定。



圖 3.8 市售三大廠牌桌上型電子式檯燈

表 1 A 廠牌 低頻諧波及能源損耗量測

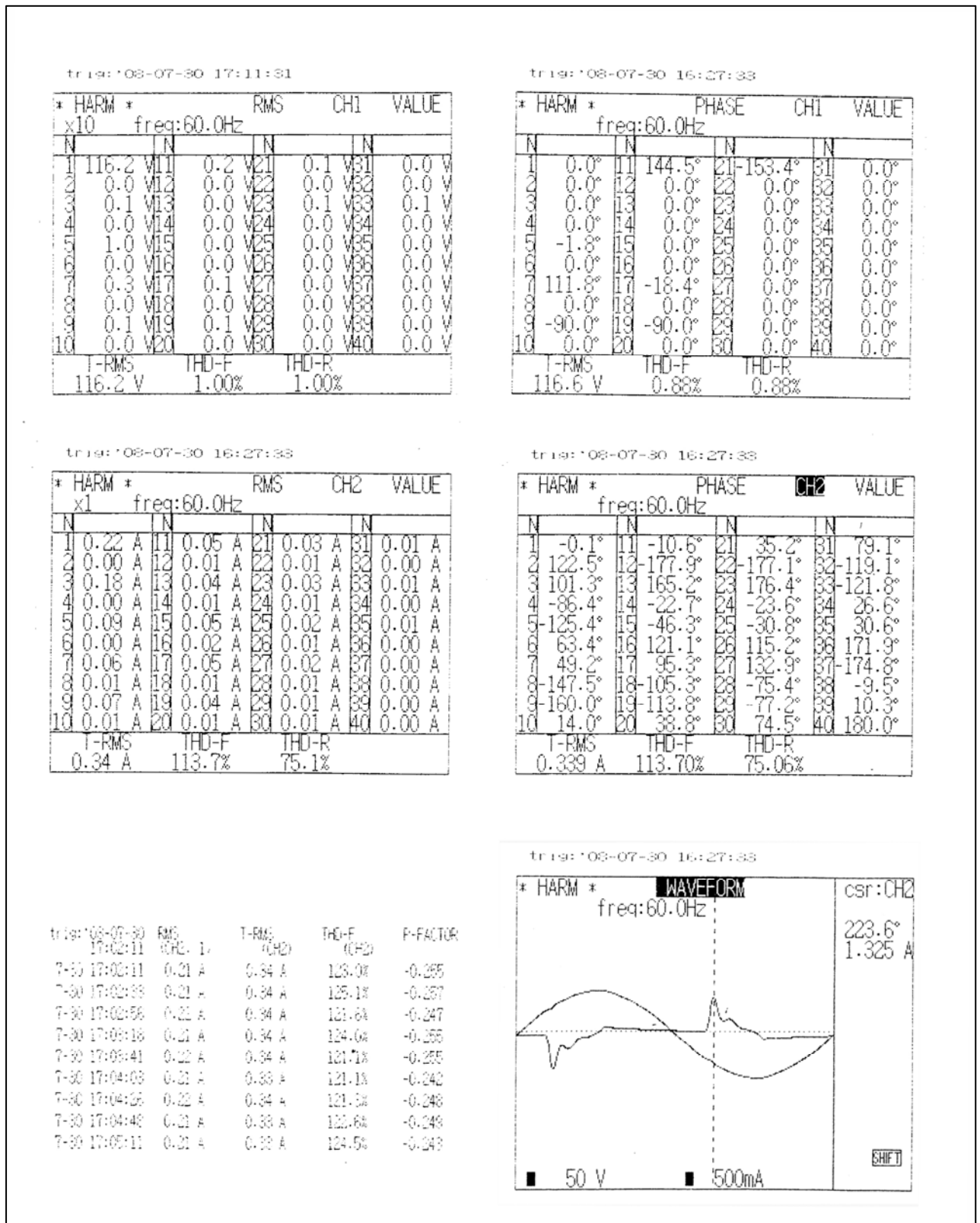


表 2 B 廠牌 低頻諧波及能源損耗量測

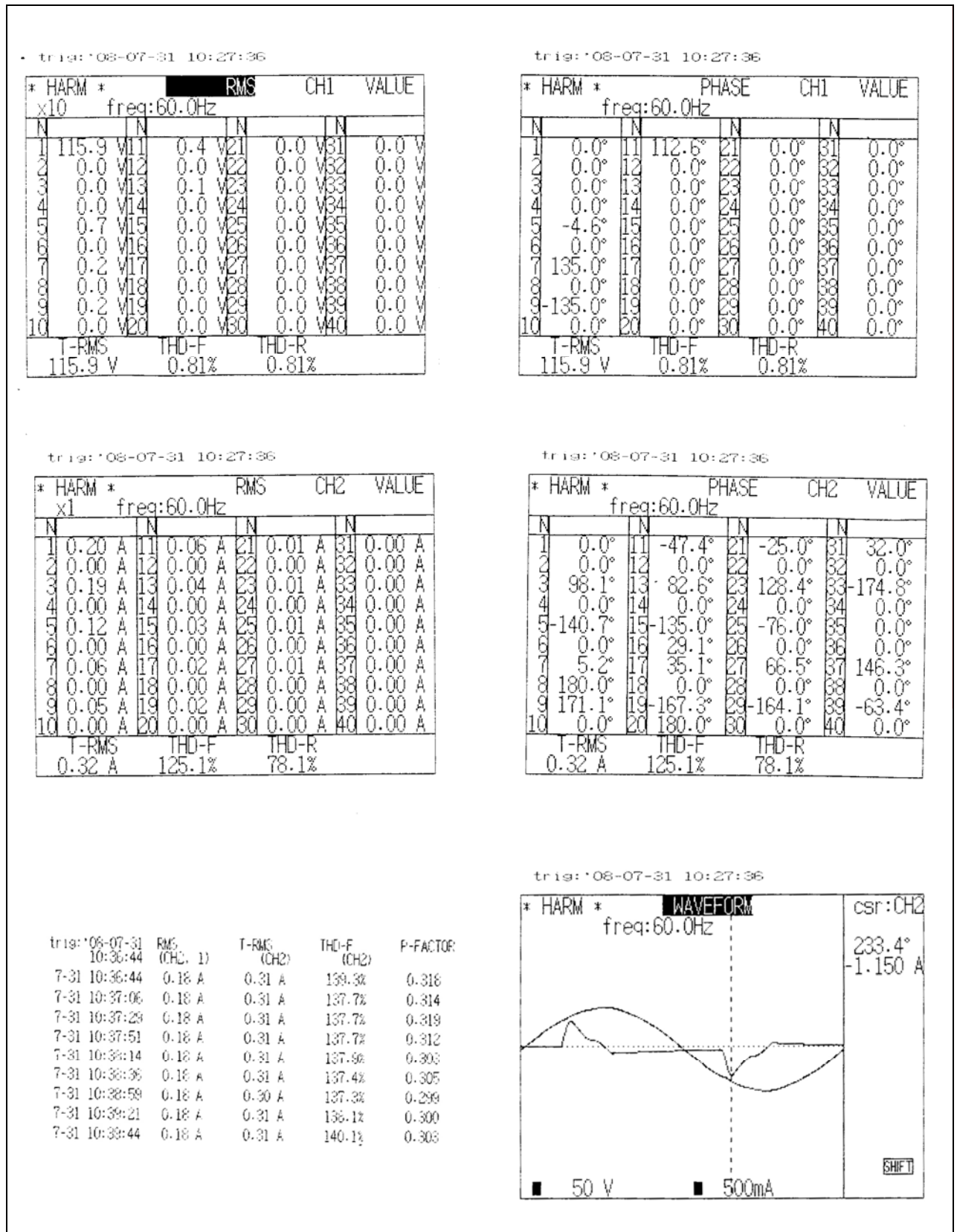
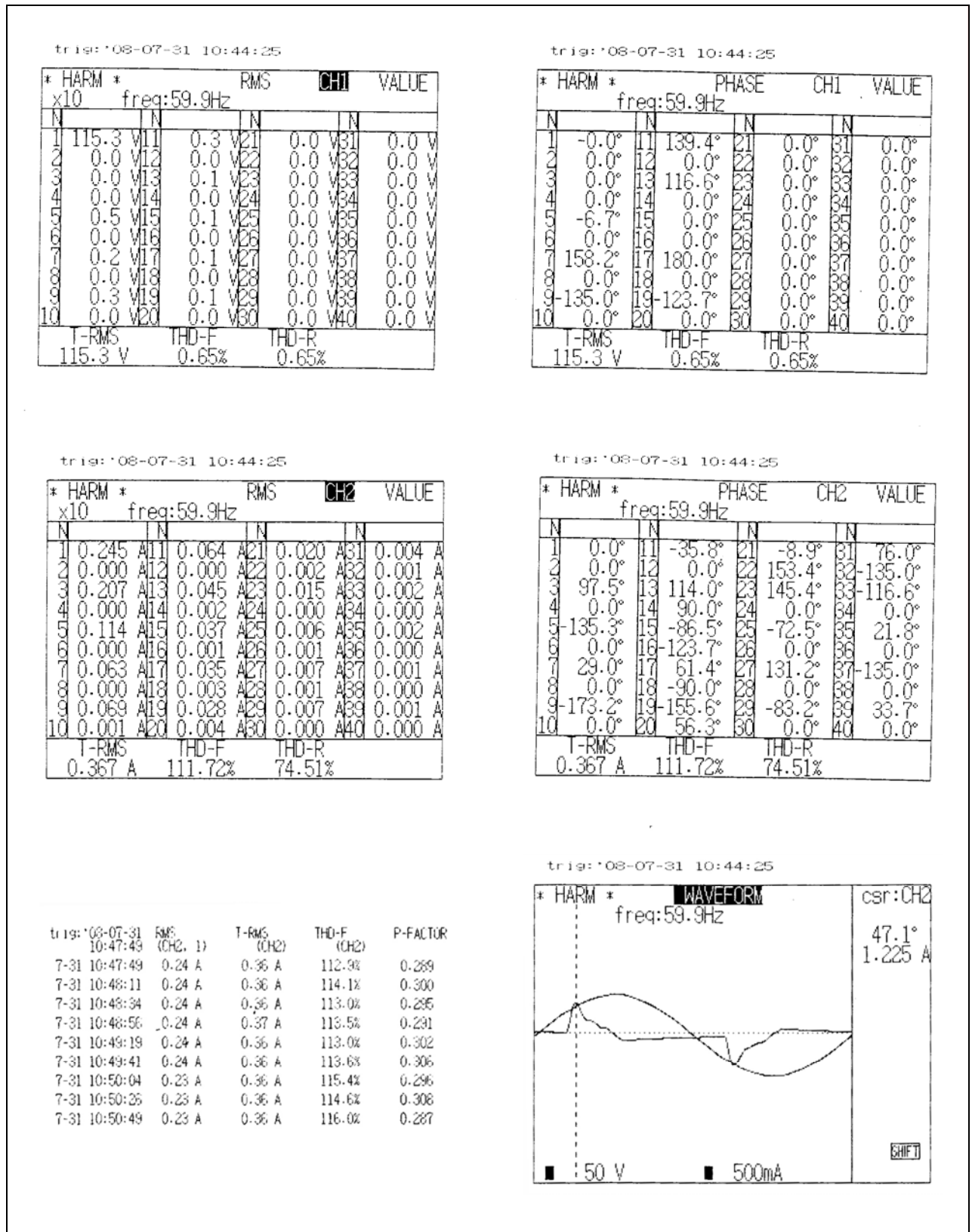


表 3 C 廠牌 低頻諧波及能源損耗量測



第四章 桌上型電子式檯燈的高頻電磁干擾

4.1 管制標準、量測設備、量測程序

4.1.1 管制標準

燈具高頻EMI管制標準規定於CNS14115，同家電EMI管制標準CNS13783-1一樣，也分成傳導及輻射干擾兩種，如表4.1及表4.2所示，差異點在傳導及輻射管制頻帶限制在9KHz~30MHz，但家電產品傳導限制在150KHz~30MHz，輻射限制在30MHz~300MHz。值得一提，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。

表 4.1 燈具傳導性干擾管制值 QP 及 AV

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

表 4.2 燈具輻射性干擾管制值 QP(燈具限長 1.6m)

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

4.1.2 傳導量測設備及測試程序

傳導量測在隔離室進行，擺設位置如圖 4.1 所示，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載取樣雜訊能力)，及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架構圖 4.1，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。

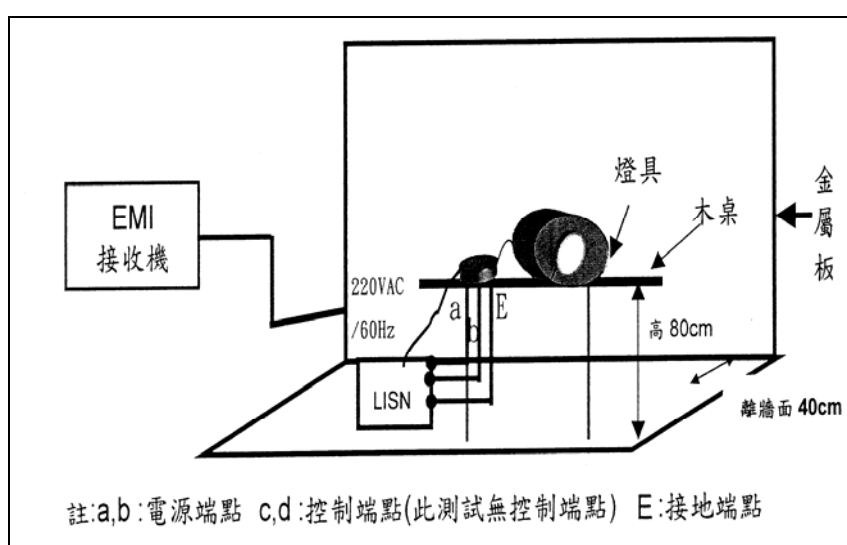


圖 4.1 燈具傳導性干擾量測擺設

4.1.3 輻射量測設備及測試程序

輻射量測在隔離室進行，擺設位置如圖 4.2 所示，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)依輻射性干擾測試架構圖 4.2，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 QP，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。

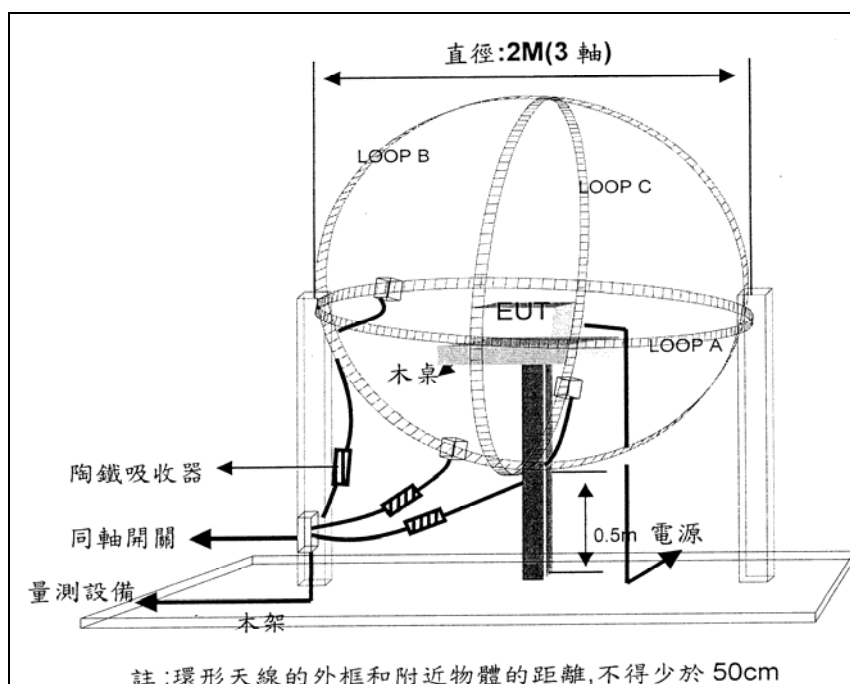


圖 4.2 燈具輻射性干擾量測擺設

4.2 產生電磁干擾原因推論

從第二章桌上型電子式檯燈動作原理之解析，可建立此型燈具所以會產生 9KHz~30MHz 傳導及輻射性電磁干擾原因如下：

4.2.1 二極體非線性特性

將 3.2.3 節二極體低頻諧波負載量測實驗，搬至 EMI 隔離室，進行 150KHz~30MHz 傳導干擾量測，掃圖結果如圖 4.3，可發現二極體產生諧波，由低頻 60Hz 延升至 3MHz 附近，即趨於穩定，此結果是在負載 250W 下，二極體所呈現電磁干擾現象。至於桌上型電子式檯燈，一般標示為 27W，只有前述負載十分之一，其前級全波整流電路二極體元件所衍生諧波，頻寬不太可能延伸至 3MHz 附近，但卻可能落在 9KHz 以上。

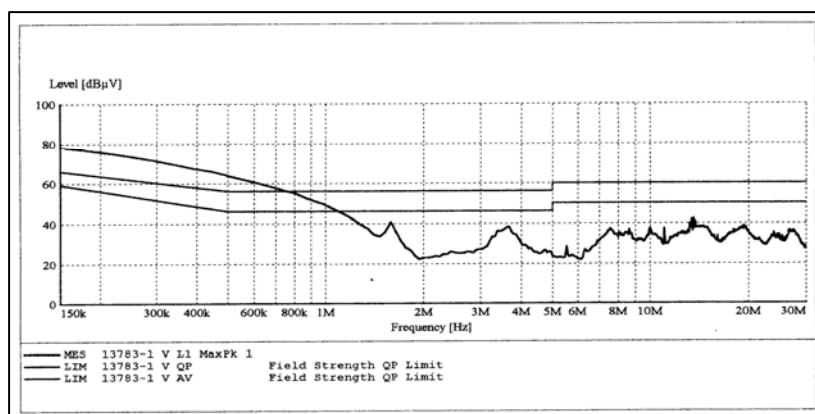


圖 4.3 當負載 250W 下，單顆二極體所衍生諧波，其頻帶可延伸至 3MHz 附近

4.2.2 整流電路電容充放電效應

全波整流電路會整出直流脈波，若要輸出像直流電壓那樣直的線，就必需依靠充放電電容及濾波電容，圖 4.4 顯示電容充放電及濾波效應。

電容充放電效應，可將直流脈波電壓間的凹谷整平，但此種週期性的擾動，會經由直流側向交流側傳導，導致全波整流電路交流側，電流被畸變如圖 4.5，此種波形經傅利葉級數展開，可以式 4-1 表示，只細觀察，可發現充放電電容效應的擾動，使交流側衍生諧波，頻寬由 120Hz \uparrow 一直延伸至高頻，波幅雖漸減，卻可轉化成空間輻射性干擾。

$$i_s(t) = I_1 \cos \omega t + I_3 \cos 3\omega t + I_5 \cos 5\omega t + \dots$$

$$= \sum_{n=1,3,5,7}^{n=n} I_n \cos n\omega t \quad (4-1)$$

雜訊電流大小可表示為

$$I_n = \frac{I_1}{n}$$

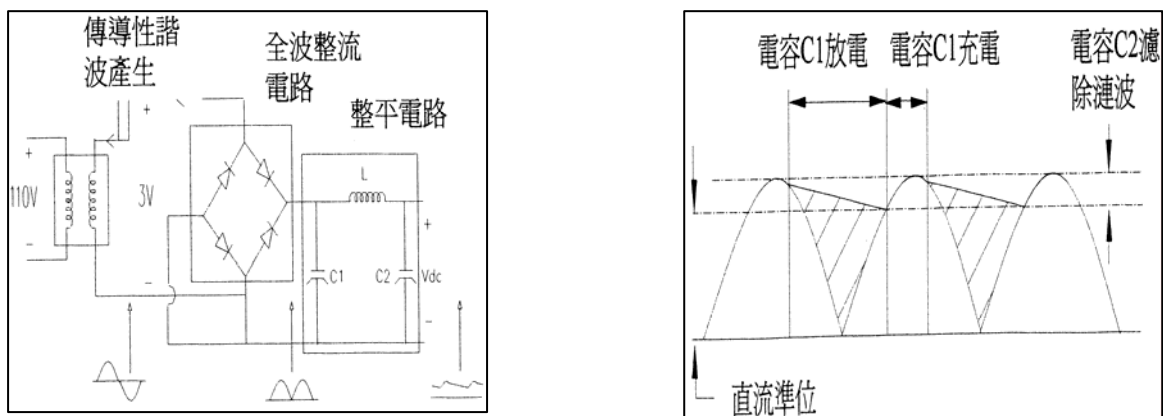
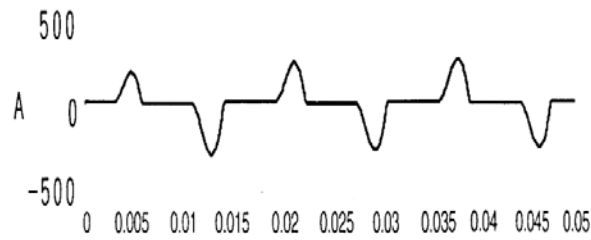
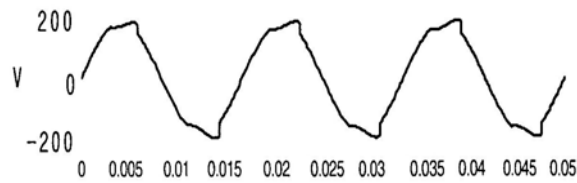


圖 4.4 電容充放電效應



(A)交流測電流波形畸變



(B)交流測電壓波形畸變

圖 4.5 交流側電壓電流被傳導性諧波干擾

4.2.3 高頻切換電路

由 2.4 節桌上型電子式檯燈之半橋式高頻切換電路觀察，其切割直流電壓的頻率，由 Q1 及 Q2 換流器之激發線圈 L2A 及 L2B 匝數差，及易飽和材質鐵氧磁體導磁率決定，此種利用匝數差及磁飽和原理動作高速開關方式，似乎比起辦公室照明燈具採用電子電路激發，來得緩和，卻也足以振盪出 20000Hz~40000Hz 頻率交流弦波電壓與電流。

4.3 高頻電磁干擾抑制元件介紹

30MHz 以下頻帶的電磁干擾抑制對策元件，以 X 電容及差模電感具有最佳的抑制效果，茲介紹如下：

4.3.1 X 電容

X電容為一薄膜電容，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。薄膜材質有聚乙酯絕緣膜 (polyester film)、聚丙烯絕緣膜 (polypropylene film)、聚苯乙烯絕緣膜、聚碳酸酯絕緣膜等塑膠薄膜等。把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，即形成所謂的金屬化薄膜電容(圖 4.6)。此電容遇高頻呈低阻抗，具快速旁通高頻諧波回電器內部能力，在線路遭雷擊時，短路弧光雖將X電容部份薄膜區域蒸發掉，但健全區域仍可工作，稱自我復原作用 (SELF HEALING ACTION)，也是其優點。但X電容處於高頻時，兩支金屬接腳會產生雜散電感 L_{lead} ，兩腳間有雜散電容 C_{lead} ，內部兩層金屬蒸膜有電阻 R_{plate} ，而絕緣介質膜有電阻 R_{diel} ，兩金蒸膜間則有電容值 C ，因此其高頻等效電路可描述於圖 4.7，因 C_{lead} 遠小於 C ， R_{diel} 又非常大，阻抗與頻率關係便可以式 4-2 表示，其阻抗關係顯示於圖 4.8，圖 4.9 則為廠商有關X電容 $0.01\mu F$ 、 $0.1\mu F$ 、 $0.33\mu F$ 、 $1\mu F$ 、 $4.7\mu F$ 之阻抗頻率特性資料，每條V型曲線均有一個共振頻率點 f_0 ，如式 4-3，當低於 f_0 的雜訊通過此電容時，阻抗呈電容性加以吸收；當等於 f_0 的雜訊通過時，形成純電阻予以分流；當大於 f_0 的雜訊通過時，阻抗變成感抗性，不但不吸收，反加以抵擋，X電容因而失去效果，所以X電容有一定的抑制

頻帶，不可能對所有雜訊都有效。

$$Z(j\omega) = j\omega L_{lead} + R_s - j \frac{1}{\omega C} = R_s - j \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L_{lead} \right) \quad (4-2)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{lead} C}} \quad (4-3)$$

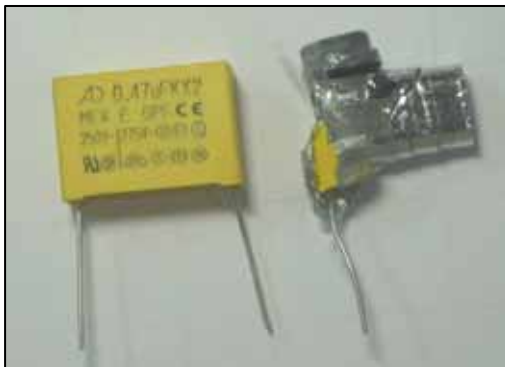


圖 4.6 X 電容內部結構

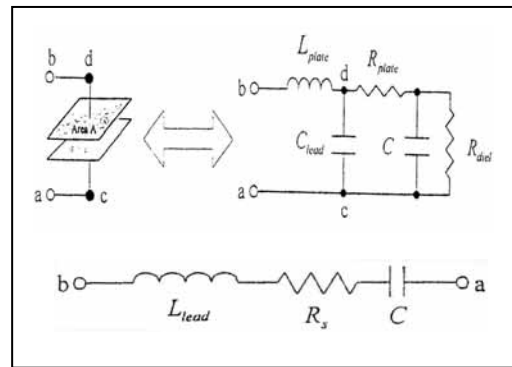


圖 4.7 X 電容高頻等效電路

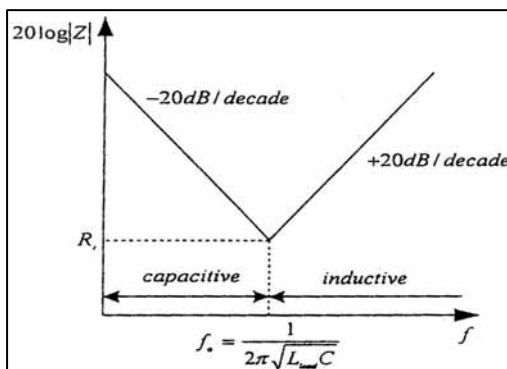


圖 4.8 頻率阻抗關係

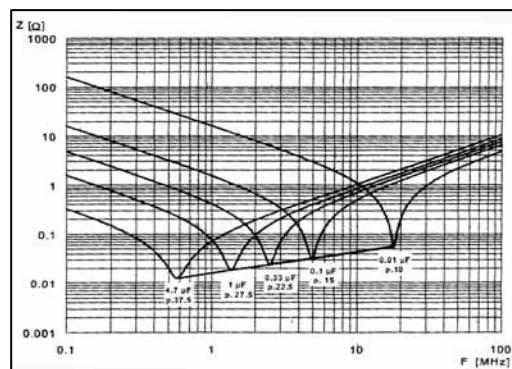


圖 4.9 阻抗頻率技術資料

4.3.2 差模電感

差模電感具有遇高頻呈高電抗特性，對於防堵高頻諧波，有不錯的效果，一般市售分 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，當然價錢幾乎是 2PIN 的兩倍以上。差模諧波電流一般較大，容易造成電感鐵芯飽和，因此差模電感宜採用導磁率更低的鐵芯材質，電感值一般為 μH ~ 數百 μH ，市場常見有 100 μH 、200 μH 、330 μH 、830 μH 、4.7mH、9mH、30mH 等規格。圖 4.10 為本研究向安星電子公司訂購一系列的差模電感及 X 電容。



圖 4.10 X 電容及 2PIN、4PIN 差模電感規格品

4.3.3 差模濾波器

差模濾波器就是X電容與差模電感的匹配設計，其與單獨使用X電容或差模電感作為對策元件，有很大不同，X電容是疏導，差模電感是防堵，差模濾波器卻是利用X電容串聯差模電感形成(圖 4.11)，其會形成一轉折頻率 f_{dm} (式 4-4)，可將頻譜曲線轉折 45 度，具有衰減 40dB 雜訊量能力(圖 4.12)，因此如何匹配兩元件規格及如何分析產生的高頻雜訊頻譜，顯得非常重要。

$$f_{dm} = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi\sqrt{L_d C_d}} \quad (4-5)$$

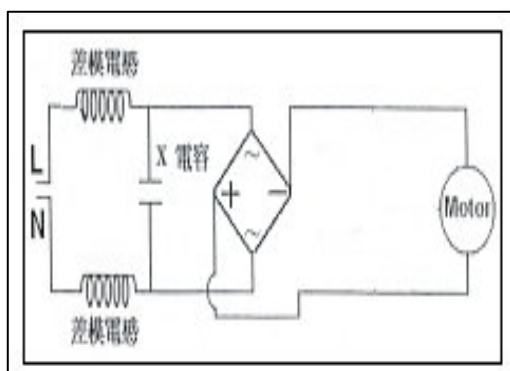


圖 4.11 差模濾波器電路

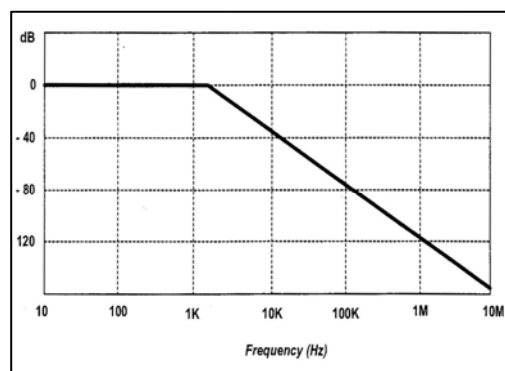


圖 4.12 具衰減雜訊 40dB 能力

4.4 改善前量測

在 3.3 節低頻諧波量測，B 牌檯燈綜合諧波失真率平均達 137%，是三家廠牌中最糟的，故在進行高頻電磁干擾量測，就以此檯燈，並拔除

其基板上所有 EMI 對策元件，以進行掃圖及量測。量測程序則分別依 4.1.2 節傳導及 4.1.3 節輻射規定進行。掃圖結果，若有突出管制值之頻率點，需進行復測；另 CNS14115 傳導規定的 14 個復測點，也一併進行。

4.4.1 改善前傳導性電壓干擾量測

在拔除所有對策元件後，我們開始對 B 牌桌上型電子式檯燈，進行 LN 相傳導電壓干擾測試(圖 4.13)，其掃圖結果如表 4.3，發現除 CNS14115 規定 15 個復測點(9KHz、50KHz、100KHz、160KHz、240KHz、550KHz、1MHz、1.4MHz、2MHz、3.5MHz、6MHz、10MHz、22MHz、30MHz)外，突出限制值的高點，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 4.4)。



圖 4.13(A)電子基板拔除對策元件



圖 4.13(B)作電壓干擾測試

表 4.3(A) L 相傳導電壓干擾掃圖

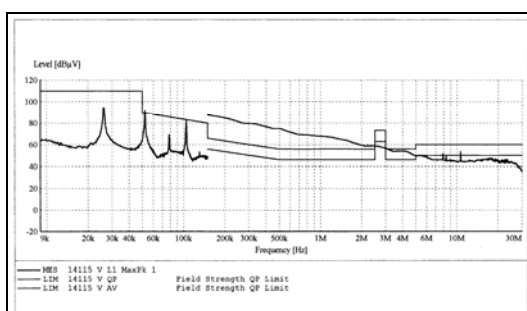


表 4.3(B) N 相傳導電壓干擾掃圖

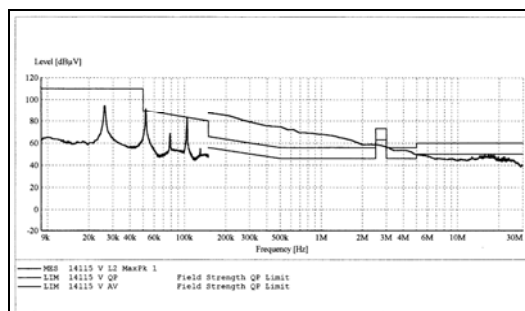


表 4.4 復測點量測

復測點	9KHz		26.23KHz		50KHz		51.9KHz		78.2KHz		100KHz		104.2KHz	
準峰值 QP/平均值 AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
復測值	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	-
	150KHz		160KHz		240KHz		550KHz		1MHz		1.4MHz		2MHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
	78	67	82	72	66	52	68	58	55	37	54	38	48	31.6
	66	56	66	56	62	52	56	46	56	46	56	46	56	46
	3.5MHz		6MHz		7.9MHz		10MHz		10.7MHz		22MHz		30MHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
	50	35	42	26	43	27	43	29	41	29	39	29	33	23.9
	56	46	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50

4.4.2 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 4.14)，其掃圖結果如表 4.5 所示，另燈具未移入前，先作背景掃描如表 4.6(僅作 LOOP A)。

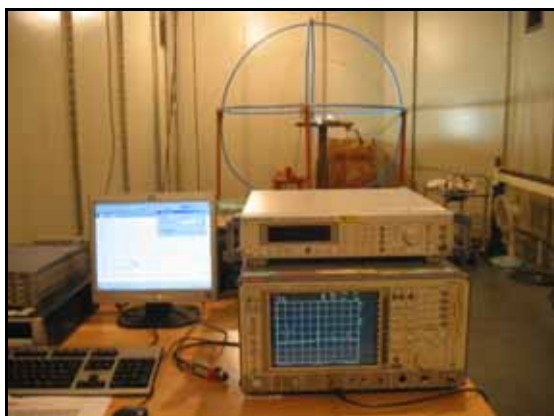


圖 4.14 輻射性干擾量測

表 4.5(A)三軸天線 LOOP A 掃圖

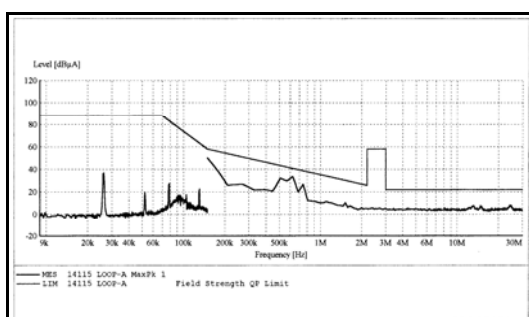


表 4.5(A)三軸天線 LOOP B 掃圖

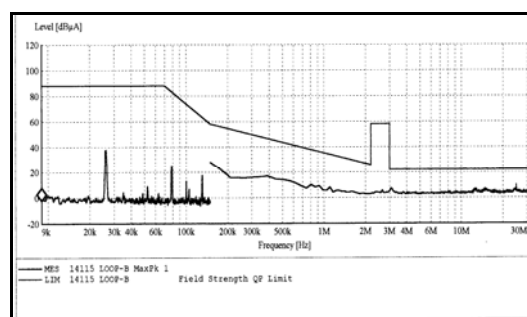


表 4.5(C)三軸天線 LOOP C 掃圖

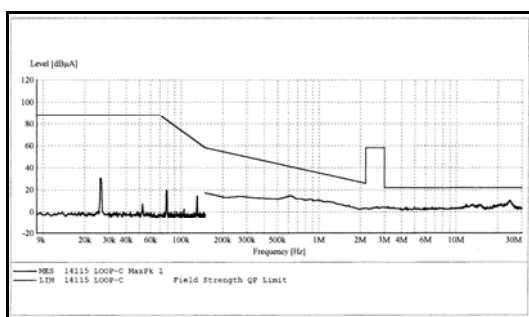
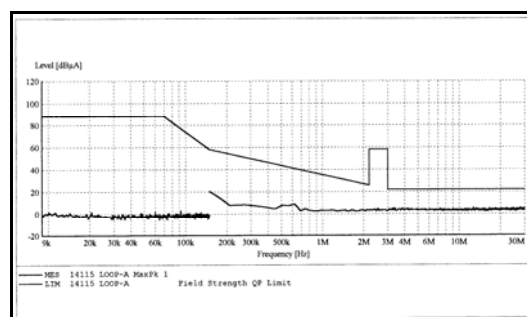


表 4.6 背景輻射干擾 LOOP A 掃圖



4.4.3 改善前燈具高頻頻譜分析

從 4.4.1 傳導及輻射量測及掃圖結果，我們已經發現目前市售桌上型電子式檯燈的傳導及輻射頻譜，具有下列特點：

(A)就傳導性干擾而言

1. L 相與 N 項掃圖結果相差不大，探討 L 相即可。(表 4.3)
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，其電壓傳導干擾能滿足限制規定，其它頻率點，甚至低於限制值甚多。(表 4.3 及表 4.4)
3. 介於頻帶 150KHz~1MHz，是檯燈最易超出管制值地方，如頻率點 150KHz(78dB, 67dB)、160KHz(82dB, 72dB)、240KHz(66dB, 52dB)、550KHz(68dB, 58dB)。(表 4.4)
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, 31.6dB)、3.5MHz(50dB, 35dB)。(表 4.4)
5. 介於頻帶 6MHz~30MHz，其電壓傳導均符合限制值甚多。(表 4.4)

(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 之量測值即可。(表 4.5)
2. 背景值影響不大。(表 4.6)
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，根本沒有輻射干擾問題存在。

4.5 改善後量測

4.5.1 對策元件 X 電容投入

將 $0.1\ \mu\text{F}$ X 電容安置於檯燈電源入口處 LN 相間(圖 4.15)，點燈瞬間，基板電源保護熔絲 0.63A 卻燒斷，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，所能承受過載極限，因此 FUSE 無法再加大，因桌上型檯燈運作電流本來就不大。
3. 所以 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，雖其前級安置有突波吸收器(參考圖 2.1)，但因 X 電容容量的存在，在瞬間會抓下大電流，熔絲不燒壞都很難，要用可以，但需在差模電感後。

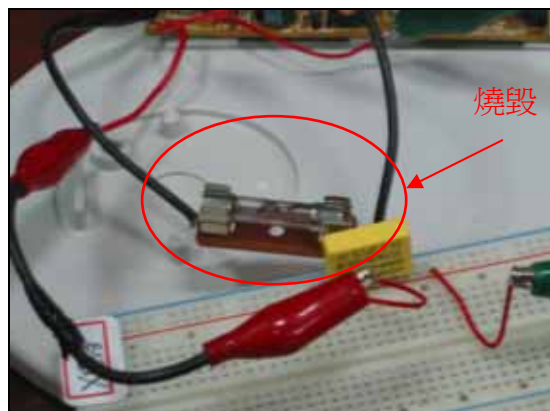


圖 4.15 X 電容使電源熔絲燒毀

4.5.2 對策元件差模電感投入

將 2PIN 及 4PIN 差模電感，分別插件於麵包板，再連至已焊在銅軌上的連接線如圖 4.16，2PIN 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及掃圖如表 4.7 及表 4.8，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，已是滿足限制值了。
2. 頻帶 150KHz~1MHz，是檯燈超出管制值地方，也是抑制主要重點。觀測頻率點 150KHz、160KHz、240KHz、550KHz 的復測數據，可發現投入後抑制效果有限，只有 4700uH 滿足限制值，但單價高達 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諧波，實務上是行不通的。(表 4.8)
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. 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，繼續進行輻射性干擾量測，已無意義。

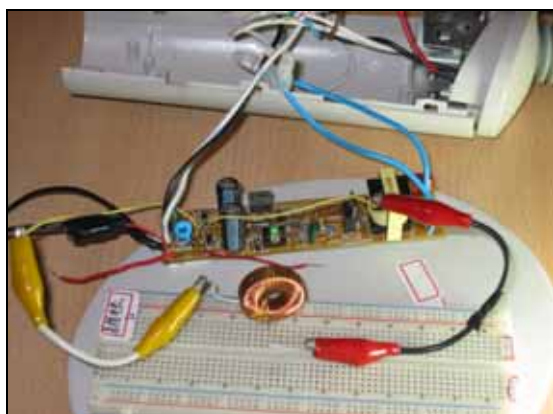


圖 4.16(A) 2PIN 電感插件

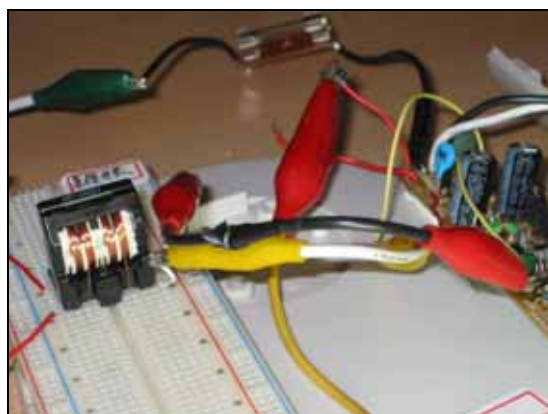


圖 4.16(B) 4PIN 電感插件

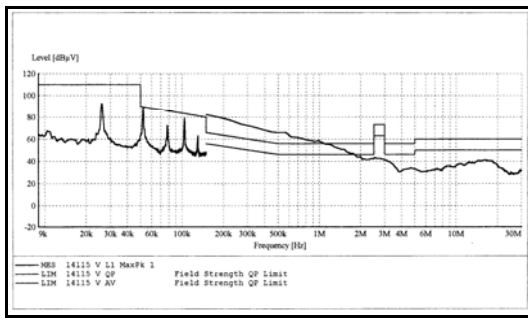
表 4.7 復測點量測

抑制對策元件	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
拔除所有對策元件	61	60	89	87	63	62	85	84	65	63	51	49	77	74.2
(1)安置 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)安置 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)安置 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)安置 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)安置 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)安置 9mH 4 PIN(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)安置 30mH 4 PIN(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	—

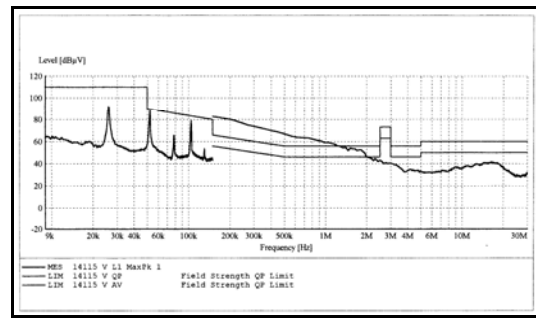
抑制對策元件	150KHz		160KHz		240KHz		550KHz		1MHz		1.4MHz		2MHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除所有對策元件	78	67	82	72	66	52	68	58	55	37	54	38	48	31.6
(1)安置 100uH(15 元)	71.6	60.8	75.2	63.5	62.1	43.5	55.5	43.7	50.8	34.3	38.7	29.1	35.3	24.8
(2)安置 200uH(15 元)	75.5	63.7	75.2	64.8	62.3	43.2	54.9	44.5	53.1	38.6	43.9	33.2	44.4	35
(3)安置 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)安置 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)安置 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)安置 9mH 4 PIN(30 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)安置 30mH 4 PIN(50 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

抑制對策元件	3.5MHz		6MHz		7.9MHz		10MHz		10.7MHz		22MHz		30MHz	
準峰值 QP/平均值 AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除所有對策元件	50	35	42	26	43	27	43	29	41	29	39	29	33	23.9
(1)安置 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)安置 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)安置 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)安置 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)安置 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)安置 9mH 4 PIN(30 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)安置 30mH 4 PIN(50 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

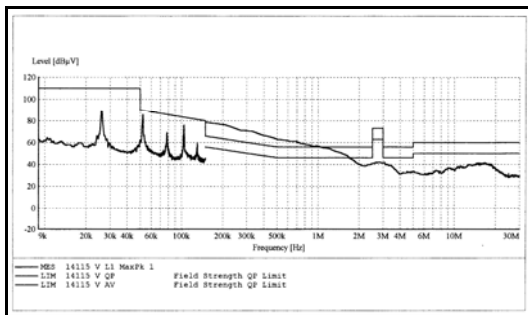
表 4.8 電壓干擾掃圖結果



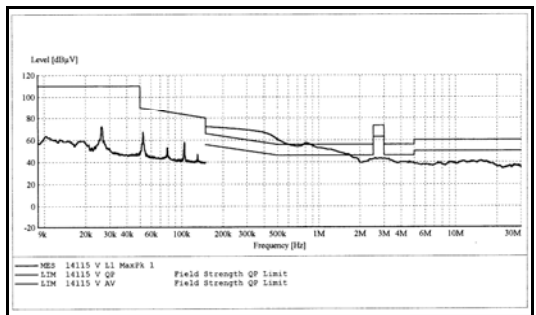
100uH



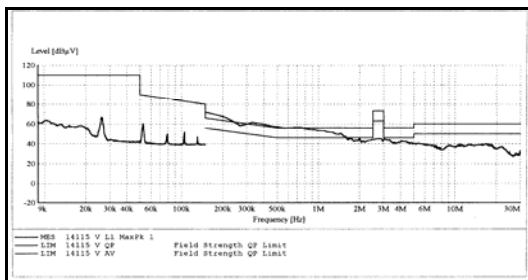
200uH



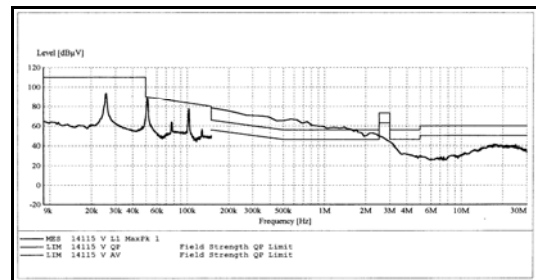
330uH



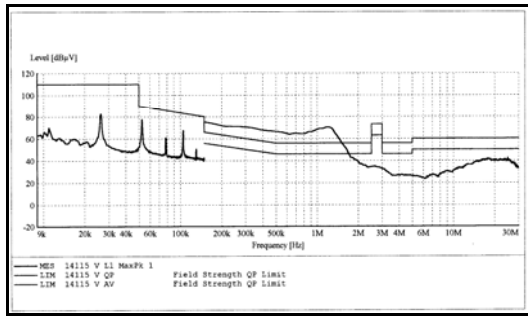
830uH



4700uH



4PIN 9mH



4PIN 30mH

4.5.3 混合 X 電容與差模電感之濾波器設計

不管 4.5.1 節 X 電容投入疏導，抑是 4.5.2 節差模電感防堵，幾乎已確認無法單獨使用，因此採用具 45° 頻率轉折及 40dB 雜訊量衰減之差模濾波器設計，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，分別進行傳導及輻射干擾測試(圖 4.17 及圖 4.18)。電感採用最便宜的 100uH，搭配各種 X 電容規格，即可算出轉折頻率，再決定何組濾波器的投入，表 4.9 顯示各組差模濾波器轉折頻率，根據 4.4.1 節分析結果，不合格頻帶指向 150KHz~1MHz 頻帶，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 4.9 五組濾波器組合，均合乎要求，而且從表 4.3 似乎看得出來，越早轉折，效果會越好(即選擇頻率離 150KHz 越遠者)。現在將表 4.9 五組濾波器以插件更換方式，進行及投入測試，復測點量測、傳導干擾掃圖、輻射干擾掃圖，分見於表 4.10~表 4.12，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 4.10)
3. 頻帶 1MHz ↑~30MHz，各組濾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，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，以 LOOP A 監測結果，除第 1 組投入後與 4.4.1 節改善前監測結果相近外，其它各組濾波器，在 150KHz~1MHz 頻帶，仍有再衰減的效果。(表 4.12)

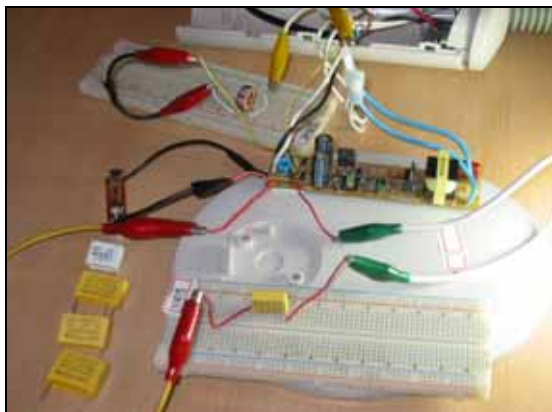


圖 4.17 差模濾波器傳導測試

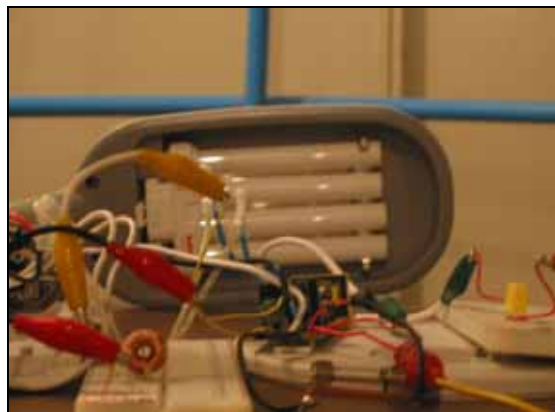


圖 4.18 差模濾波器輻射測試

表 4.9 差模濾波器轉折頻率

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

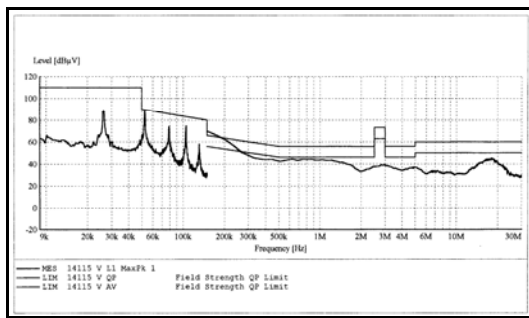
表 4.10 復測點量測

抑制對策元件	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
拔除所有對策元件	61	60	89	87	63	62	85	84	65	63	51	49	77	74.2
(1)安置 100uH+0.1uF(5 元)	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)安置 100uH+0.15uF(6 元)	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)安置 100uH+0.22uF(6 元)	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)安置 100uH+0.33uF(9 元)	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)安置 100uH+0.47uF(9 元)	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	—

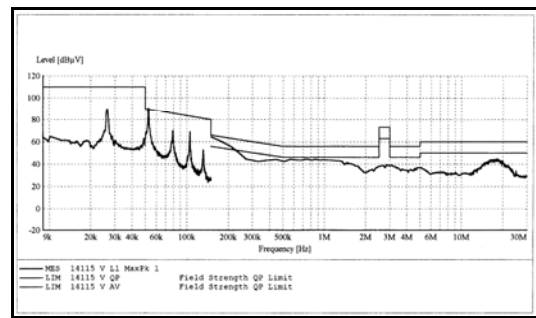
抑制對策元件	150KHz		160KHz		240KHz		550KHz		1MHz		1.4MHz		2MHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
拔除所有對策元件	78	67	82	72	66	52	68	58	55	37	54	38	48	31.6
(1)安置 100uH+0.1uF(5 元)	56.4	45.3	67	56	46.1	37.6	41.8	40.2	34.5	25.9	34.3	22.3	29.4	20
(2)安置 100uH+0.15uF(6 元)	51.7	41.1	62	51.5	42.8	35.3	41.5	40.2	34.4	26.5	35.2	23.1	29	19.8
(3)安置 100uH+0.22uF(6 元)	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)安置 100uH+0.33uF(9 元)	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)安置 100uH+0.47uF(9 元)	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

抑制對策元件	3.5MHz		6MHz		7.9MHz		10MHz		10.7MHz		22MHz		30MHz	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
準峰值 QP/平均值 AV														
拔除所有對策元件	50	35	42	26	43	27	43	29	41	29	39	29	33	23.9
(1)安置 100uH+0.1uF(5 元)	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)安置 100uH+0.15uF(6 元)	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)安置 100uH+0.22uF(6 元)	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)安置 100uH+0.33uF(9 元)	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)安置 100uH+0.47uF(9 元)	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

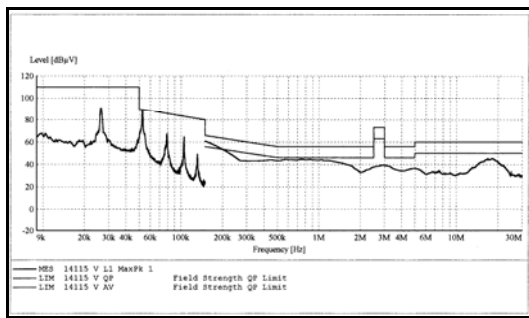
表 4.11 各組濾波器投入後，傳導掃圖



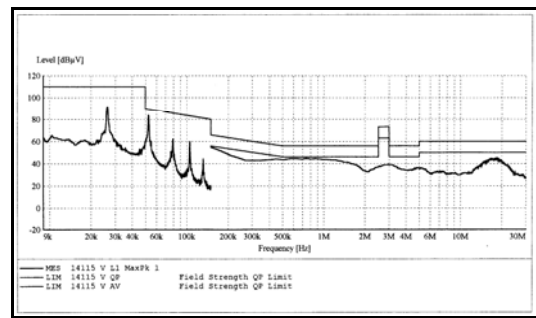
100uH+0.1uF



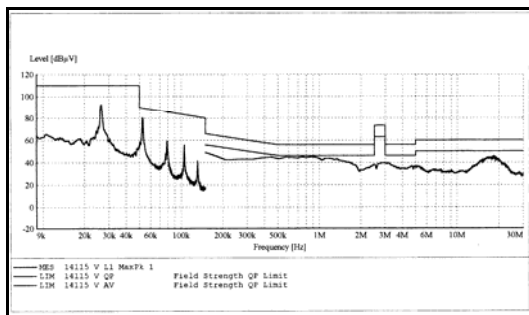
100uH+0.15uF



100uH+0.22uF

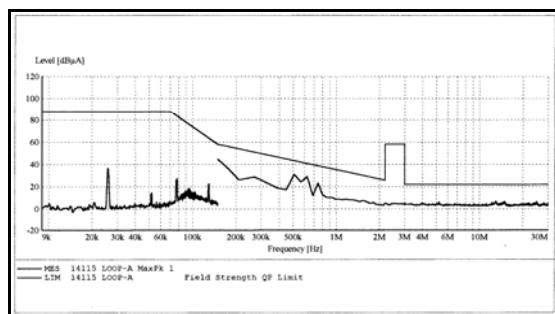


100uH+0.33uF

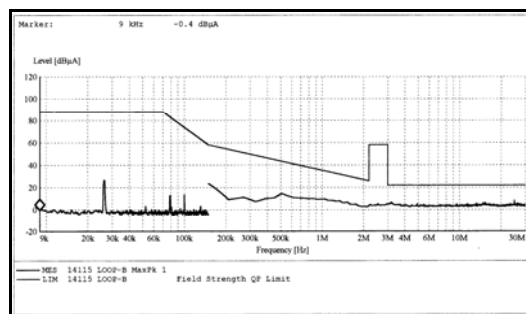


100uH+0.47uF

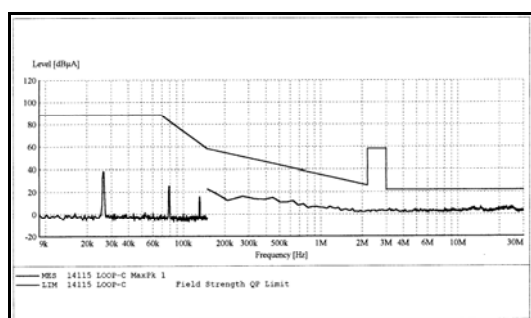
表 4.12 各組濾波器投入後，輻射掃圖



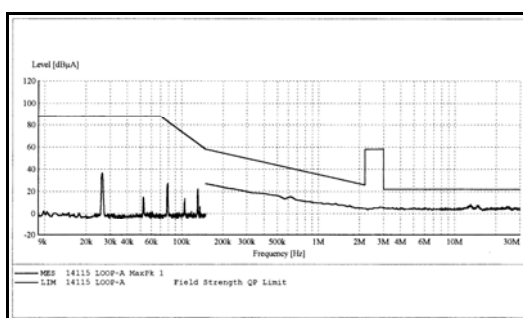
100uH+0.1uF (LOOP A)



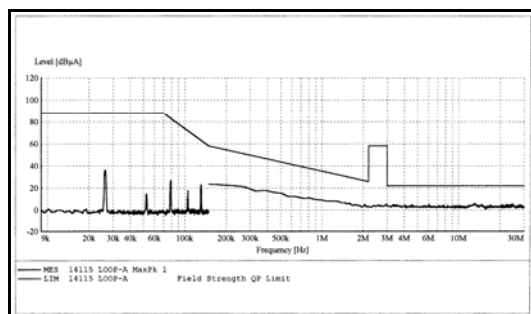
100uH+0.1uF (LOOP B)



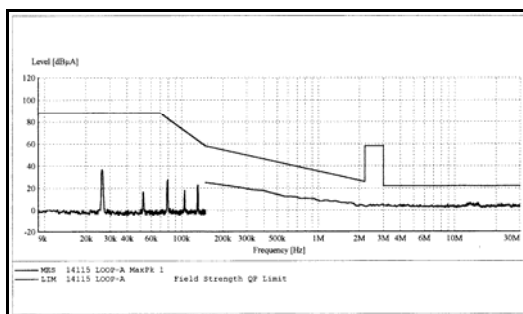
100uH+0.1uF (LOOP C)



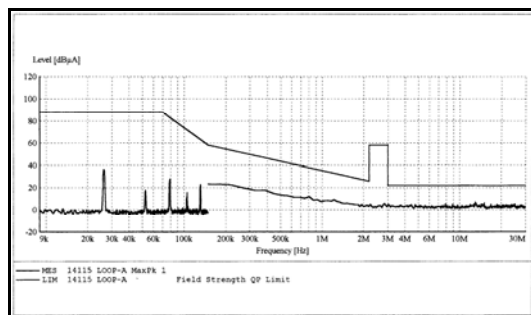
100uH+0.15uF (LOOP A)



100uH+0.22uF (LOOP A)



100uH+0.33uF (LOOP A)



100uH+0.47uF (LOOP A)

第五章 結論與未來展望

燈具內部安定器，由於採用交直流變換電路及高頻振盪電路設計，衍生高低頻諧波向外傳導，不但干擾電子產品運作，還會造成本身功因降低，能源損耗等問題。此次專題針對桌上型市電子式檯燈衍生高低頻諧波干擾進行量測，量測結果顯示國內大廠在電子式檯燈之低雜訊省電能設計上，仍有盲點，雖為驗證登錄產品，但仍呈現產品不符合本局「標檢 90 三字第 300788 號令」對電子式檯燈功因需維持 0.5 以上規定，三家大廠功因均在 0.3 附近，主因電子基板並未加入功因改善 IC 電路。

另外，綜合諧波電流失真率，有兩家超過 120% 規定，各次諧波失真雖無規定，但均偏高，更遑論其它市售雜牌檯燈。而標示上 27W，實際量測只有 11W 附近，輸入電力卻為 40VA，可說為一耗能電器。高頻部份，桌上型電子式檯燈會不符合 CNS14115 對燈具傳導電壓干擾規定頻帶，主要集中在 150KHz~1MHz 範圍；至於 9KHz~30MHz 之間的輻射干擾，是完全符合規定，可以說桌上型電子式檯燈沒有輻射干擾問題，只有傳導性干擾問題，而要抑制的對象也只剩下傳導干擾而已。本研究將電子式檯燈運作原理，分成四大區塊討論，可免除讀者對厚厚一本安定器叢書的研讀，可快速入門，是貢獻之一，另也提出高頻電磁干擾產生原因，可能在基板發生的部位，最後在解析對策元件，也發現單

獨的 X 電容或差模電感的使用，不管規格如何使用，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，才能有效且成本低下，將傳導性電磁干擾抑制下來， $100\mu\text{H}+0.22\mu\text{F}$ (21 元)最後被推薦，若不在乎 3 塊錢，24 元的 $100\mu\text{H}+0.47\mu\text{F}$ 組合，具有抑制傳導性干擾至一半的能力，是不錯的選擇。燈具隨著用途不同，振盪電路會作大幅修正，例如辦公室用照明燈具採用的是推挽式，其額定電流更大，振盪更激烈，高低頻特性還會跟本專題對桌上型電子式檯燈的研究結果相同嗎?這是未來需繼續探索的。

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. 吳福財 著, " 自激式並聯諧振電子安定器專論" , 全華書局.
4. 郭玉萍著, " 照明產品驗證登錄檢驗實務" , 電機月刊, May, 2002.
5. 張英彬著, " C3852 PFC 電子安定器的分析與設計" , 電力電子技術, oct, 2004.
6. 李宏俊 著, " 複金屬燈安定器應用" , 電機月刊, May. 2002.
7. 日本電氣協同研究 著, " 電力系統高調波對策" , Vol. 46, No. 2, 1990, p. 68.
8. 林昆平著, " 電機電子產品諧波問題探討" , 第 46 期標準與檢驗月刊, oct, 2002.
9. 林昆平 著, " 電機電子機具諧波電流對 CNS1179 電容器衝擊效應探討" , 第 55 期標準與檢驗月刊, JUL 2003.
10. 林昆平著, " 電機電子產品共振問題探討" , 第 57 期標準與檢驗月刊, Sep, 2003 .

11. G. Lemieux, "Power system harmonic resonance a documented case", IEEE TRANS. Vol. No. 3 , May/June 1990, pp. 483-488.
12. IEC555-2 標準, " 電源系統中因家電或類似之電器產品引起的諧波干擾, PART2 諧波篇" .
13. 中華民國電機電子產品發展協會, " IEC1000-3-2 第一版 (1995) + 修正 1(1997)+修正 2 (1998) 電磁相容第三部份第二節諧波電流放射限制值" .
14. 國際電氣技術委員會, " IEC1000-3-4 (1998)" .
15. 林昆平著, " 安定器諧波電流之量測與探討" , 第 98 期電機技師期刊, APR 2003 .
16. HIOKI 8806 , " 精密諧波分析儀操作手冊" .
17. 冠磁公司 , " X 電容技術資料" .
18. 無線電界雜誌社著, "EMI 電磁波干擾之實務設計" .
19. 安星電子公司 , " 差模電感技術資料" .
20. 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" .

附錄(量測符號說明)

1. CH2: 電流勾錶
2. RMS: 低頻雜訊電流量測均方根值(A)
3. N: 各次低頻雜訊，例 N=1 為 60HZ ，稱基波
例 N=2 為 120HZ ，稱第二次雜訊
例 N=n 為 nx60HZ，稱第 n 次雜訊
4. T-RMS(Total rms value): Sum of rms values for all harmonic wave components，即各次雜訊電流均方根值的平方和再開根號(含基波)；簡稱綜合電流 $\sqrt{\sum (I_h)^2}$, h=1..40。
5. THD-F(Total distortion-F): Percentage of all harmonic waves versus fundamental，即各次雜訊電流均方根值的平方和再開根號(不含基波)除以基波；簡稱綜合雜訊電流失真 $(\sqrt{\sum (I_h)^2})/I_1$, h=2..40。
6. THD-R(Total distortion-R): Percentage of all harmonic waves versus Total rms value，即各次雜訊電流均方根值的平方和再開根號(不含基波)除以綜合電流 T-rms； $(\sqrt{\sum (I_h)^2})/(T-rms)$, h=2..40。
7. T-RMS CH1 (Total rms value for voltage): Sum of rms values for all harmonic wave components，即各次雜訊電壓均方根值的平方和再開根號(含基波)，簡稱綜合電壓 $\sqrt{\sum (V_h)^2}$, h=1..40。
8. THD-F CH1 (Total distortion-F): Percentage of all harmonic waves versus fundamental，即各次雜訊電壓均方根值的平方和再開根號(不含基波)除以基波；簡稱綜合雜訊電壓失真 $(\sqrt{\sum (V_h)^2})/V_1$, h=2..40。
9. T-RMS CH2 (Total rms value for voltage): Sum of rms values for all harmonic wave components，即各次雜訊電流均方根值的平方和再開根號(含基波)，簡稱綜合電流 $\sqrt{\sum (I_h)^2}$, h=1..40。

10. THD-F CH2 (Total distortion-F):Percentage of all harmonic waves versus fundamental，即各次雜訊電流均方根值的平方和再開根號(不含基波)除以基波；簡稱綜合雜訊電流失真 $(\sqrt{\sum (I_h)^2})/I_1, h=2..40$ 。

11. POWER(W):消耗總實功

12. P-FACTORY:功因

13. RMS (CH2, n):CH2 電流勾錶所量測到第 n 次雜訊均方根電流值