

# 安規檢驗標準CNS 60335-1 第 17 節變壓器過載保護與第 19.11.2 節變壓器短路異常操作的關聯性及條文解說與實務檢測

林昆平／標準檢驗局臺南分局技正

## 一、前言

家電產品安規檢驗依據標準 CNS 60335-1 家用類似用途電器安全第 1 部通則 [1]，內容雖有 32 節如表 1 所示，但有一章節總是非常少應用，這一章節就是第 17 節變壓器及相關電路之過載保護，家電產品零組件要用到變壓器機率不多，常見只出現在捕蚊燈內部的交流昇壓變壓器、家電控制機板上整流後降壓所需變壓器、變頻控制電路整流後所需直流脈波昇壓變壓器等，第 17 節要談的是「含有變壓器及其附屬電路的電器，應於正常使用發生短路或過載情況時，變壓器及其附屬電路有能力限制正常短路或過載下所引起變壓器繞組溫升不得超過表 2 限制值(即 CNS 60335-1 表 8)」；然而 CNS 60335-1 第 19.11.2 節(d)項也談及變壓器零組件異常短路問題「當變壓器長期使用衍生輸出側絕緣劣化異常短路情況時，變壓器繞組須有能力限制異常短路所引起變壓器繞組的異常溫升，其限制值一樣適用表 2」。

變壓器繞組所以要限制因電器短路或過載造成溫升過大，是因其會導致變壓器金屬殼高熱，足以引起電器塑外殼熱熔與零組件起火有安全性顧慮，所以標準以兩個章節加以管控。

上述第 17 節是電器正常情況下短路，第 19.11.2 節(d)項則變壓器的異常情況下短路；前者是短路點在負載側，後者則在變壓器輸出側，兩者一樣會引起變壓器繞組過載溫升，變壓器繞組可採用保護裝置與保護阻抗來降低過載電流，至於其附屬電路則可能須採用二極體 ON/OFF 方式來續斷過載電流，有關標準所言保護裝置、保護阻抗、過載保護等較難理解名詞，本文將有所解釋。

「保護裝置」依 CNS 60335-1 第 3.7.6 節定義為異常操作下動作，以防止危

險狀況發生的一種裝置；「保護阻抗」依 CNS 60335-1 第 3.3.6 節定義為連接在帶電部件與 II 類構造的可觸及導電部件間阻抗，使電器在正常使用下及絕緣失效等類似故障條件下，限制短路電流在安全值內，標準雖有定義但仍讓人不甚理解何物與實際安裝情形。而從表 2 觀察，採用保護阻抗限制繞組溫升者，明顯比採用保護裝置者有較嚴格的限制值，為何會怎樣？本文以捕蚊燈昇壓變壓器及其附屬電路舉例，實務演練標準條文所言，提供國內安規從業人員與廠商精進產品之參考。

表1 CNS 60335-1 章節內容(表格自製)

1	適用範圍	9	電動器具起動	17	變壓器及相關電路之過載保護	25	電源線及其連接方法
2	用語釋義	10	消耗功率與電流	18	耐久性	26	連接外部導線的端子
3	一般規定	11	溫升	19	異常操作	27	接地
4	一般試驗條件	12	空白	20	穩定性與機構上的危險	28	螺釘與連接
5	空白	13	絕緣耐電壓與洩漏電流(插電)	21	機械強度	29	絕緣距離與厚度
6	分類	14	空白	22	構造	30	耐熱與耐燃
7	標示與說明	15	耐溼性	23	內部配線	31	耐蝕
8	防電擊保護	16	絕緣耐電壓與洩漏電流(不插電)	24	零組件	32	放射性及毒性

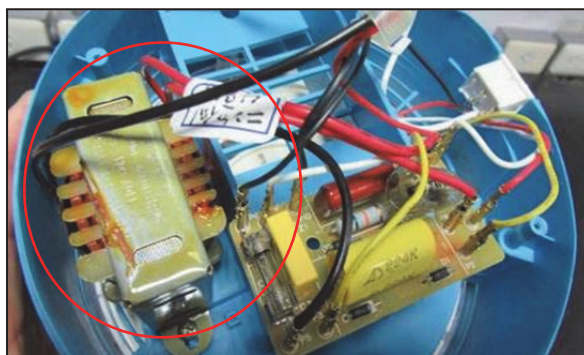


表2 變壓器繞組溫升限制 (同CNS 60335-1 表8)

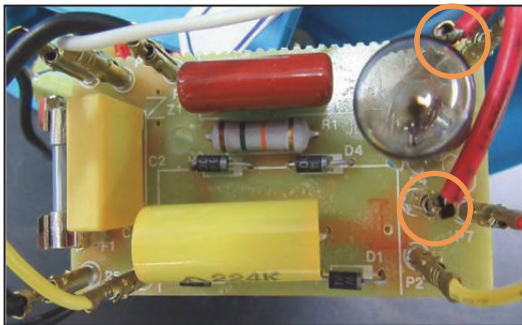
電器類型	溫 度(°C)							
	A級	E級	B級	F級	H級	200級	220級	250級
不須操作至穩定狀態建立的電器	200	215	225	240	260	280	300	330
操作至穩定狀態建立的電器 — 若有保護阻抗者	150	165	175	190	210	230	250	280
— 若以保護裝置保護者								
● 第1小時期間之最大值	200	215	225	240	260	280	300	330
● 第1小時後之最大值	175	190	200	215	235	255	275	305
● 第1小時後之算術平均值	150	165	175	190	210	230	250	280

## 二、捕蚊燈變壓器及其附屬電路應用

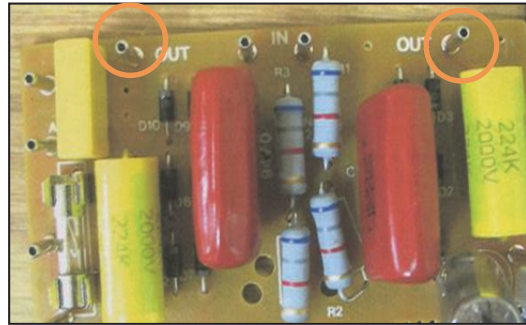
捕蚊燈是用波長近似人體發熱光譜的燈管來吸引蚊蟲飛入，再於飛行途徑設下具有高電壓輸出的電擊網，電擊網電路由兩部份組成，一是昇壓變壓器，一是昇壓變壓器輸出側的單倍壓電路(由二極體及電容構成)。這個單倍壓電路就是變壓器附屬電路的一個例子，利用電容器週期性充放電與二極體續斷電流效應，將變壓器二次輸出側交流電壓 600 V 轉換成直流電擊電壓 1500 V，而當串接兩組單倍壓電路即構成雙倍壓電路的直流輸出電擊電壓 3000 V。圖 2 顯示捕蚊燈電路結構、單倍壓電路及雙倍壓電路，不過 1500 V 或 3000 V 已都足以電昏蚊蟲。



(a)捕蚊燈電路結構



(b)單倍壓電路輸出側 1500 V(圈處)



(c)雙倍壓電路輸出側 3000 V(圈處)

圖2 電捕蚊燈的倍壓電路種類(左：3000 Vdc；右：1500 Vdc)

### 三、CNS 60335-1 第 17 節變壓器及其附屬電路過載保護

第 17 節條文要談的對象有兩個，一個是變壓器，一個是變壓器輸出側附屬電路，此兩者在負載側發生正常短路時，各需有限制負載短路引起的過載電流過大現象。變壓器可採用繞組串接一組保護裝置，典型的例子就是溫控開關或溫度保險絲如圖 3(a)，其可在繞組急遽溫升過高時切斷過載電流；還有一種限制過載電流的方式就是在繞組始末端各並聯一只高阻抗 Y 電容至接地金屬殼上如圖 3(b)，前者是完全切斷電流；後者不過是提供短路電流分流至地，使通過繞組之過載電流降低，以避免引起高溫。以 E 級絕緣漆繞組舉例，表 2 就可觀察出繞組串接溫控開關者，其溫升限制容許第 1 小時 215 °C；繞組採用雙 Y 並聯金屬殼接地者，溫升限制僅容許 165 °C，這說明保護裝置方式比保護阻抗方式安全，但成本較高。筆者為何在圖 3 不直接以變壓器繞組舉例，而以馬達類繞組舉例呢？事實上保護阻抗與保護裝置在捕蚊燈變壓器繞組上並不多見，捕蚊燈變壓器繞組大部份都是採用漆包線自身的阻抗作為過載保護，一旦電流過大，由漆包線自行燒斷如圖 3(c)。由於標準只提供表 2 作繞組溫升限制值，條文並無說繞組一定要安裝保護阻抗或保護裝置，唯像這種什麼都不裝的變壓器繞組，真能通過表 2 溫升限制？也許第 17 節因變壓器與負載側間有嵌入附屬過載保護電路，限制了流經繞組的短路電流，使繞組溫升尚可通過表 2，但第 19.11.2 節(d)項變壓器輸出側直接短路可能就無法滿足表 2 規定，理由是沒辦法確認繞組漆包線本身什麼時候才會燒斷，趨時繞組溫升恐早已燒毀其他零組件，臨近電器外殼可能會發生熱



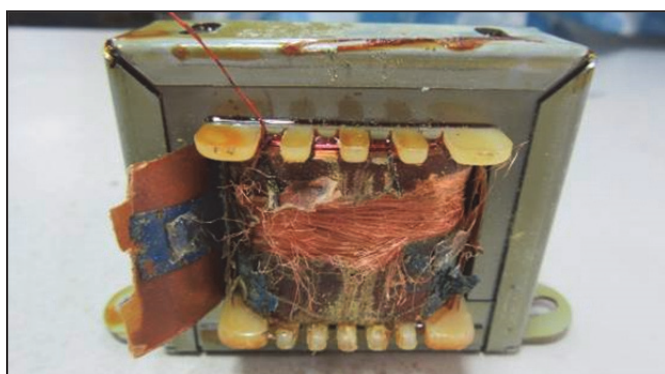
熔。



(a)保護裝置(繞組 LN 相串接溫控開關)



(b)保護阻抗(繞組 LN 相並接 Y 電容)



(c)變壓器繞組並無裝保護裝置或及保護阻抗

圖 3 保護裝置(具繞組之感應馬達)及保護阻抗(具繞組之直流馬達)舉例

### (一) CNS 60335-1 第 17 節變壓器及附屬電路之過載保護

條文：含有以變壓器供電之電路的電器，應於正常使用下可能之短路情況發生時，變壓器或變壓器附屬之電路其溫度不得過高。

備考1. 操作於安全超低電壓下可觸及電路，其導體絕緣不良或裸露為造成短路情況例子。

備考2. 基本絕緣之破壞不視為在正常使用中可能發生的情況。

對電器施以 1.06 倍或 0.94 倍的額定電壓，取其較不利者，藉此來產生正常使用時所可能發生之短路或過載等最不利的情況，以便檢查是否符合規定。

安全超低電壓電路導線的絕緣其溫升不得超過CNS 60335-1 表3 規定值15 K 以上。

變壓器繞組溫度，不得大於表2之最大溫度限制值。然而，符合IEC 61558-1 第15.5節之故障安全變壓器(fail-safe transformers)不受此限制。

實測：測試時將捕蚊燈操作在1.06倍額定電壓( $1.06 \times 110 \text{ V} = 116.6 \text{ V}$ )，電極網以螺絲起子短路，再以溫度記錄器熱電偶監測變壓器繞組溫升，圖4(a)與圖4(b)顯示測試情形與溫度監測結果，變壓器繞組溫度至穩定狀態後始終維持 $49.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，符合表2對繞組最大溫度 $165 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的限制。問題來了！為何變壓器繞組溫升沒想像的高？這是因變壓器前置附屬過載保護電路限制了負載短路電流，降低了通過繞組的過載電流，而這個負載短路被限制的短路電流，在IEC 60335-2-59 捕蚊燈的個別標準第22.104節是有規定大小的(如下)。

## (二) IEC 60335-2-59 第 22.104 節 捕蚊燈負載短路的電流限制

正如之前所言捕蚊燈的變壓器附屬過載保護電路就是倍壓電路，倍壓電路上的二極體逆向偏壓斷路特性大大限制負載側短路電流大小，所以並未造成變壓器極高溫升，IEC 60335-2-59 第 22.104 節特別規定此電流的大小：

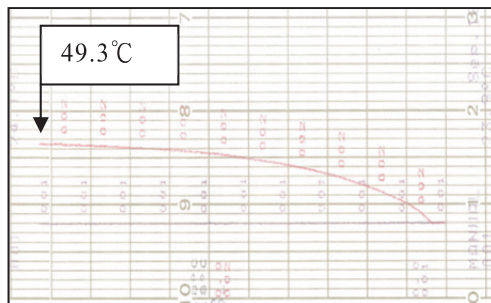
條文：輸出短路電流(output short-circuit current)應不超過下列規定。以試驗檢查是否符合要求，電器供以額定電壓，在 2 柵(grid)之間及每 1 柵(grid)與地線之間進行短路，並故各別量測電流值不應超過 10 mA。

實測：測試時將捕蚊燈操作額定電壓，並以電流錶本身作為短路回路的一部份，與電極網進行串接，圖 4c 與圖 4d 為量測情形，結果柵極間  $3.15 \text{ mA} < 10 \text{ mA}$ ；柵極對地  $0.81 \text{ mA} < 10 \text{ mA}$ 。

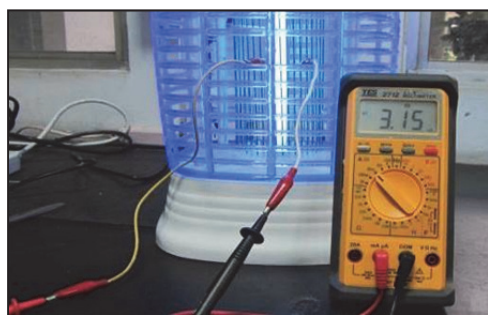




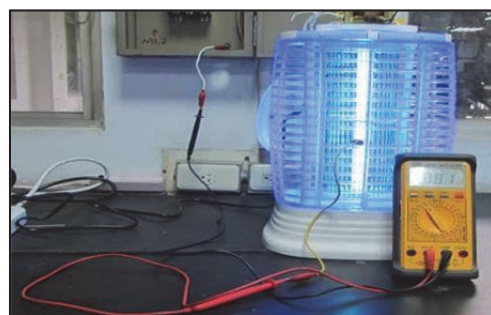
(a)捕蚊燈負載側電擊網短路情形



(b)變壓器繞組溫升監測(y 軸 3°C/格)



(c)柵極間 3.15 mA < 10 mA



(d)柵極對地 0.81 mA < 10 mA

圖 4 捕蚊燈負載側短路，變壓器繞組溫升與過載保護電路之限制短路電流量測

## 四、CNS 60335-1 第 19 節 變壓器輸出側的直接短路

捕蚊燈與其他電器最大不同就是具備高電壓電極網，所以電子電路基板上具有昇壓變壓器、二極體、電容器等零組件，這些元件極有可能在電極網長期充放電效應中發生故障，所以應評估零組件異常對捕蚊燈的安全運作影響，評估依 CNS 60335-1 第 19.11.2 節電子電路異常情況執行，每一個異常狀況下，變壓器繞組溫升值都不得超過前述表 2 繞組溫升限制值，就算符合表 2 規定，過程中還必須符合 CNS 60335-1 第 19.13 節現象判定規定「不得有火燄、金屬熔化、有毒氣體」，有關 CNS 60335-1 第 19.11.2 節電子電路異常情況共有(a)(b)(c)(d)(e)(f)等六種操作狀況，變壓器輸出側短路適用(d)情況，其描述如下：

## (一) CNS 60335-1 第 19.11.2 節(d)電子電路異常情況

條文：除積體電路外，將電子零組件任2端加以短路，但此項故障狀況不施加於光耦合器的電路之間。

對於模擬的故障狀況時，電器在第11節規定的條件下操作，但以額定電壓供電。

當模擬任何故障時，試驗的時間依下列之規定：

- 凡故障狀況下所產生的結果不能由使用者發覺者(如溫度的變化)，則依第 11.7節時間規定「只進行1次操作週期」；
- 凡故障狀況可由使用者發覺者(如廚房電器的電動機停止)，則依第19.7節之規定「電器堵轉」；
- 對於持續連接至主電源的電路(如待機電路)，直到穩定狀態建立。

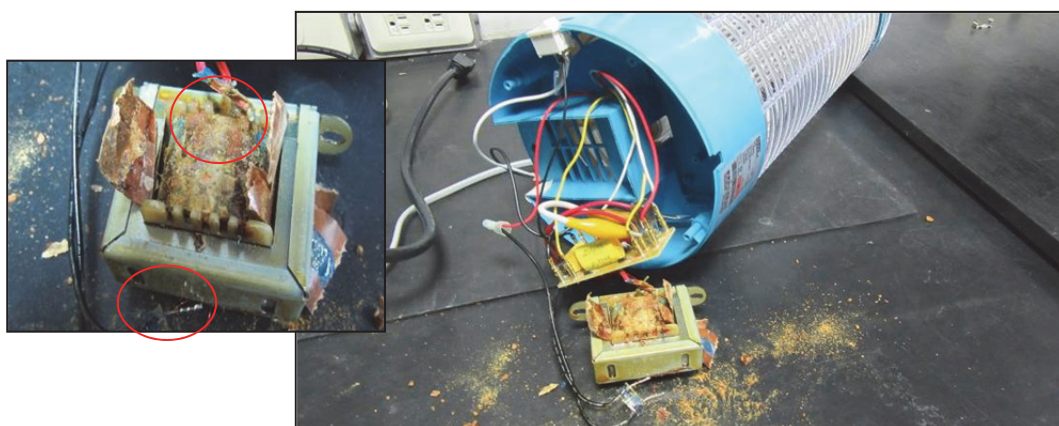
在每1項模擬故障狀況中，若電器內發生電源中斷，則視為試驗結束。

實測：將變壓器二次側直接短路，並以溫度記錄器監測變壓器二次側繞組溫，觀察異常現象，操作時間為1次操作週期，若電器內發生電源中斷，則視試驗結束。圖5(a)顯示溫升量測情形，監測過程發現電源中斷時繞組溫升198 °C，此繞組溫度明顯不符表2之165 °C限制規定；圖5(b)顯示拆解變壓器二次側繞組並無看到任何保護裝置與保護阻抗，此變壓器是以繞組本身的阻抗作為保護，繞組有燒斷，但變壓器溫升已超出標準限制，何況繞組燒斷時溫度198 °C仍會因積熱持續上升，最後針對此樣品通知廠商向本局核備增列具有保護裝置之變壓器作為結案，從其繳交變壓器技術規格可查到此核備變壓器具有內藏溫度保險絲150 °C。





(a)變壓器二側短路，熱電偶監測繞組溫升情形(此時已上升至 121 °C)



(b)變壓器二次側繞組無任何保護裝置與保護阻抗，只靠本身繞組阻抗斷開過載電流  
圖 5 異常操作(變壓器二次側直接短路)

## 五、結論

家電內部的變壓器通常具大體積，加上金屬殼導熱快，往往在負載側短路過載時造成變壓器繞組極速升溫形成熱源，電器外殼熱熔或引燃周遭易燃物變得可能，所以 CNS 60335-1 家電安規標準才以第 17 節正常短路之變壓器及第 19.11.2(d)節異常短路，分別測試變壓器繞組溫升對過載電流的限制能力，此能力指的就是於變壓器繞組上安裝保護裝置如溫控開關與溫度保險絲，或於變壓器繞

組與變壓器金屬殼間安置保護阻抗如雙 Y 電容。至於變壓器附屬保護電路也需具有限制負載短路電流能力，此限制短路電流程度通常在 IEC 60335-2-X 家電個別標準會有規定。

第17節正常短路情況指的是電器負載側短路，捕蚊燈正常運作可點破這個條文；第19.11.2節異常短路情況指的零組件本身的短路，短路故障往往是長期使用造成，如變壓器輸出側接腳強化絕緣束套脫落、突波衝擊導致繞組漆包線絕緣漆熔化短路、變壓器輸出側接腳插入電子基板的銅軌間距不符合功能絕緣距離要求等。

本文測試 CNS 60335-1 第 17 節及第 19.11.2(d)節的結果顯示，第 17 節正常短路情況下繞組 49.3 °C，第 19.11.2(d)節異常短路情況下繞組 198 °C，明顯後者遠高於前者且超出表 2 限制值，主因於短路點不同所致，第 17 節也因有附屬過載保護電路對短路電流進行阻擋，相對繞組溫升不大，主要利用二極體續斷特性限制短路電流不衝擊到繞組溫升，但 19.11.2 節(d)項直接短路就無此緩衝電路，繞組有較嚴重溫升，導致無法通過標準限制值，當然 19.11.2 節電子電路異常還包括：二極體、電晶體、MOSFET、電容、積體電路等元件短開路，但看來以變壓器零組件短路傷害電器較大，本文量測確認變壓器異常短路溫升過高，值得安規工程師注意，而廠商採購應用於家電內的變壓器時，應注意選擇內藏保護裝置者，對標準檢驗局審查安規報告之公務人員，則應重視廠商所繳變壓器規格書內容是否涵蓋內藏保護裝置，若沒有，則應多關注第 19.11.2 節(d)項的變壓器輸出側短路。以上為筆者個人見解，希望有更多安規工程師能分享對標準條文與檢驗的經驗分享，讓更多入門者有興趣加入此行業，帶動台灣家電安規檢驗產業蓬勃發展，提升 MADE IN TAIWAN 家電產品品質與國際認同，使台灣家電產業更具國際競爭力。

## 六、參考文獻

CNS 60335-1:2014，家用和類似用途電器－安全性－第 1 部：通則，經濟部標準檢驗局。