



如何選擇 EV 車載充電器的最佳瞬態浪湧保護裝置

■文：Littelfuse

汽車環境是電子產品的最嚴苛使用環境之一。現代的車輛設計中充斥著大量的敏感電子元件，包括電子控制裝置、資訊娛樂系統、感測系統、電池組、電池管理系統、電動車動力系統，以及車載充電器。汽車環境中除了熱量、瞬態電壓和電磁干擾 (EMI) 之外，車載充電器還必須與交流電網連接，因此需要針對交流線路干擾提供保護功能，以確保可靠運行。

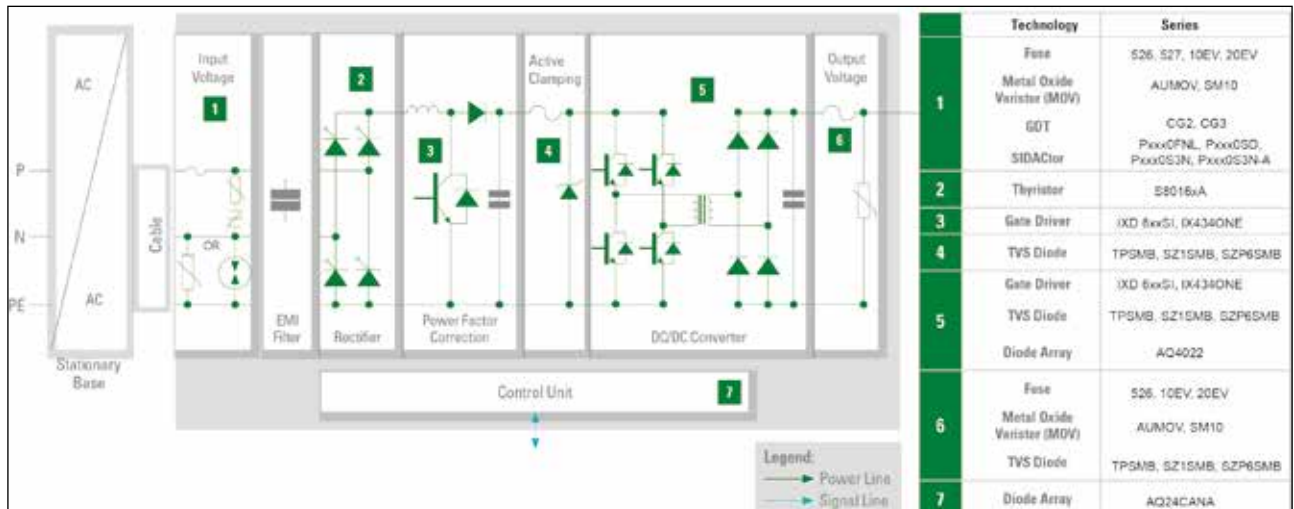
保護元件製造商提供了多種元件來保護電子電路。由於車載充電器與電網相連，因此必須使用獨

特的保護元件來避免電壓浪湧的影響。

Littelfuse 解決方案側重於先進的過電流和過電壓保護技術，包括金屬氧化物壓敏電阻 (MOV)、瞬態電壓抑制二極體 (TVS)、氣體放電管 (GDT) 和 SIDACtor 保護晶閘管元件。設計工程師面臨的挑戰是最佳化元件選擇，並確定多種技術的最優異組合，以實現最理想的效能和價格取舍。

一款獨特的解決方案結合了 SIDACtor 和壓敏電阻 (SMD 或 THT)，在高浪湧脈衝下實現低箝制電壓。借助 SIDACtor 和 MOV (SIDACtor+MOV) 的組

圖 1: 車載充電器方塊圖



合，汽車設計工程師能夠最佳化功率半導體選擇，從而降低成本。在設計中需要這些元件將交流電壓轉換為直流電壓，以便為車載電池充電。

在電動車充電期間，車載充電器 (OBC) 可能會面臨電網的過電壓事件風險。設計必須保護功率半導體免受過電壓瞬變的影響，因為超過其最大限值的電壓可能導致這些功率半導體損壞。為了提升電動車的可靠性和使用壽命，汽車工程師必須滿足不斷增加的浪湧電流要求，並降低其設計中的最大箝制電壓。

OBC 的潛在浪湧脈衝來自間接雷擊、負載切換和系統故障。想像一下，如果直接雷擊的功率達到 100 kA，很快就可以理解本規範中的高浪湧電流要求。造成浪湧脈衝的其他潛在原因可能是突然的負載切換和電力系統故障。

瞬態電壓浪湧的源頭包括如下：

- 電容性負載的開關 (電容器組，新連接的設定)
- 低壓系統和諧振電路的開關
- 施工、交通事故或暴風雨引起的短路
- 觸發保險絲和過電壓保護。



浪湧脈衝的耦合在並聯電纜上是電容性的，在導體回路上是電感性的，並且在近場中是發射性的。瞬態浪湧基本上在電纜 (電源線、資料線或訊號線)

表 1: IEC 61000-4-5 峰值電壓和峰值電流耐受額定值

Open circuit peak voltage v_{oc} : 50% of generator output	Short circuit peak current i_{sc} : 50% of generator output
0.5 kV	0.25 kA
1 kV	0.5 kA
2 kV	1.0 kA
4 kV	2.0 kA

表 2: IEEE C62.41.2-2002 標準 1.2/50 μ s-8/20 μ s 的預期電壓和電流浪湧數值。

Location Category	Voltage (kV)	Current (kA)	Effective Impedance (Ω)
A	6	0.5	12
B	8	3	2

產生的，它可以是對稱的 (線對線) 或不對稱的 (線對地)。如果必須解決應用中的問題，那麼瞭解耦合和傳播的源頭極為重要。

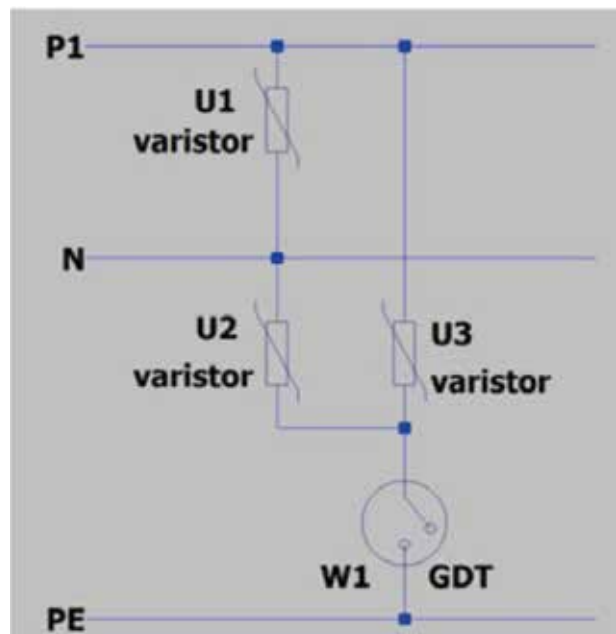
IEC 61000-4-5 是浪湧抗擾度的相關標準，表 1 列出了最高 4 kV 浪湧電壓，2 Ω 發生器電阻產生 2 kA 浪湧脈衝。

IEEE C62.41.2-2002 標準規定 6 kV/3 kA 浪湧額定值。如今，大多數與電網相關的交流電源電路設計都要求抵抗 IEEE 浪湧。

針對 6 kV/3 kA 浪湧，許多設計人員在交流初級側電路中使用 14 mm MOV。

為了獲得更好的可靠性和保護功能，最好使用 20 mm MOV，它比 14 mm MOV 更加穩健，通常可以處理 45 個 6 kV / 3 kA 的浪湧電流脈衝。14 mm 保護元件在使用壽命內只能處理大約 14 次浪湧。

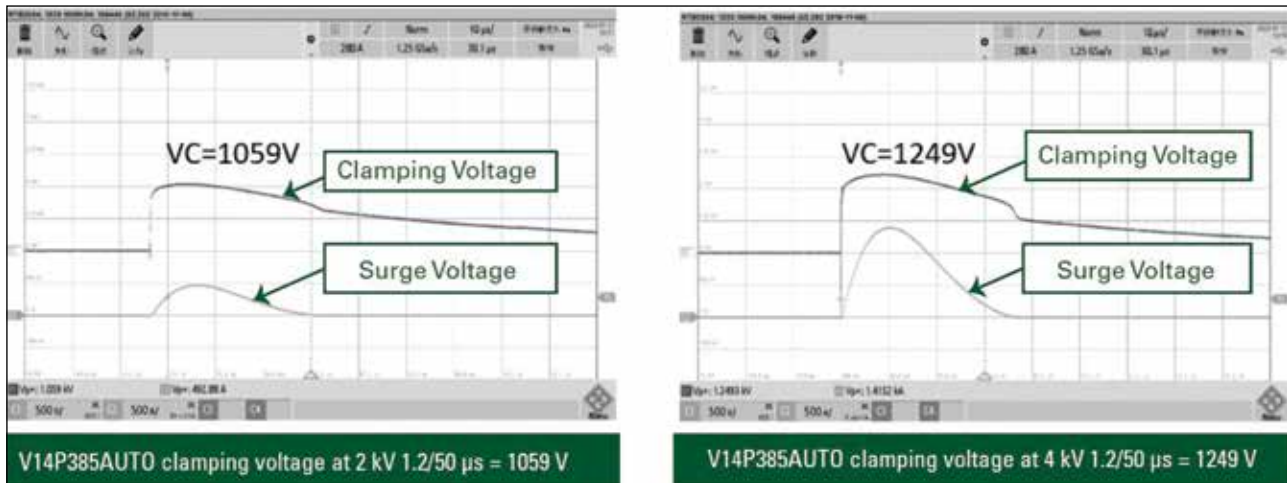
圖 2: 使用 MOV 和氣體放電管進行差分共模瞬態電壓電路保護的建議電路配置



瞬態電壓保護元件的性能比較

以下將對 MOV 的瞬態電壓保護性能與 MOV 和 SIDACtor 保護晶閘管的組合進行比較。圖 3 顯示 14 mm MOV 在受到 2 kV 和 4 kV 浪湧衝擊時的箝制性能。MOV 的最大工作電壓為 385 VACRMS，箝制電壓超過 1000 V，對功率半導體造成了很高的

圖 3: Littelfuse V14P385AUTO MOV 在 2 kV 和 4 kV 浪湧下的箝制性能，箝制電壓超過 1000 V。



應力負擔。

MOV 瞬態電壓性能

以下將 MOV 的瞬態電壓保護性能與 MOV 和 SIDACtor 保護晶閘管的組合進行比較。圖 3 顯示 14 mm MOV 在受到 2 kV 和 4 kV 浪湧衝擊時的箝制性能。MOV 的最大工作電壓為 385 VACRMS，箝制電壓超過 1000 V，對功率半導體造成了很高的應力負擔。

選擇 MOV 的參數包括如下：

- 額定工作電壓—受保護電路的最大連續電壓。
- 環境溫度—MOV 周圍區域的溫度，用於確定是否需要熱降額。
- 瞬態電壓波形—定義瞬態脈衝，包括峰值電壓、持續時間和瞬態源阻抗，通常在標準中提供（例如 IEC 61000-4-5）。
- 瞬態電壓脈衝數量—由標準定義，這是元件必須承受的脈衝數量，也是 MOV 需要吸收的脈衝數量。
- 峰值脈衝電流—瞬態電壓脈衝和發生器的內部電阻提供的峰值電流。
- MOV 的安裝要求（直、彎引線或 SMD）。

MOV 的選擇需要滿足 6 kV / 3 kA 波形要求，典型的使用壽命要求是承受 10 個浪湧脈衝。

以下是一個選擇範例：

1 級充電器—120 VAC，單相電路：預期環境

溫度為 100 °C。

第一步是確定 MOV 的最小額定電壓，考慮到不完善的供電服務，經驗法則是將標稱交流線路電壓增加 25%， $120 \text{ VAC} \times 1.25 = 150 \text{ VAC}$ 。這是建議的最小電壓額定值，最大峰值浪湧電流則必須大於 3 kA。

重複浪湧能力必須符合標準要求，必須根據溫度降額表降低峰值浪湧電流和額定能量。高電位容量取決於塗層的選擇。使用 GDT 有助於保護配置達到高電位測試的洩漏要求，而 MOV 無法單獨滿足這些要求。

MOV 和 SIDACtor 組合的瞬態電壓性能

採用 SIDACtor+MOV 組合的全新方法具有數項優點，主要優勢是對於 6 kV / 3 kA 浪湧的箝制電壓低於 1000 V，如表 3 所示。

在多次浪湧衝擊之後，單獨使用的 MOV 會出現退化。洩漏電流隨著 MOV 必須吸收的浪湧次數的增加而上升。而且，擊穿電壓預期隨著浪湧衝擊次數的增加而下降。洩漏電流的上升和箝制電壓的變化反映了 MOV 參數的漂移。設計人員必須選擇更大的圓盤尺寸，以避免 MOV 出現此種情況。這種解決方法會影響成本，並佔用非常重要的 PC 電路板空間。然而，SIDACtor+MOV 組合的性能更加

圖 4：SIDACtor 和 MOV 組合用於保護線路和中性線之間發生的瞬態電壓

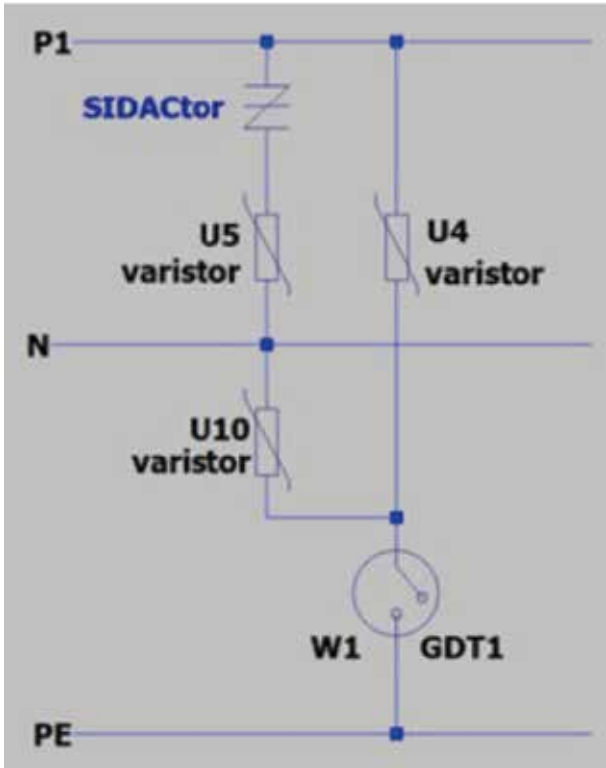
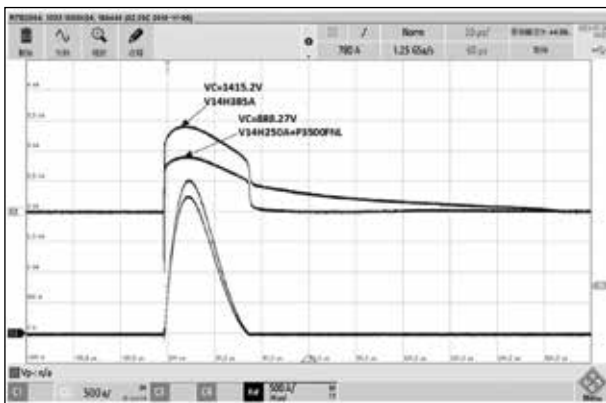


表 3：Littelfuse V14H385A MOV 與 Littelfuse P3800FNL SIDACtor 和 V14H250A MOV 組合在不同浪湧電壓下的箝制電壓比較。

Surge Voltage	V14H385A Clamping Voltage	P3800FNL+V14H250A Clamping Voltage	Delta
2 kV	1059 V	727 V	352 V
4 kV	1240 V	859 V	381 V
6 kV	1415 V	888 V	527 V

圖 5：顯示 MOV 和 SIDACtor+MOV 組合的電壓對時間回應，再次顯示 SIDACtor+MOV 組合的箝制電壓更低。



穩定，而且 SIDACtor 延長了 MOV 的使用壽命。

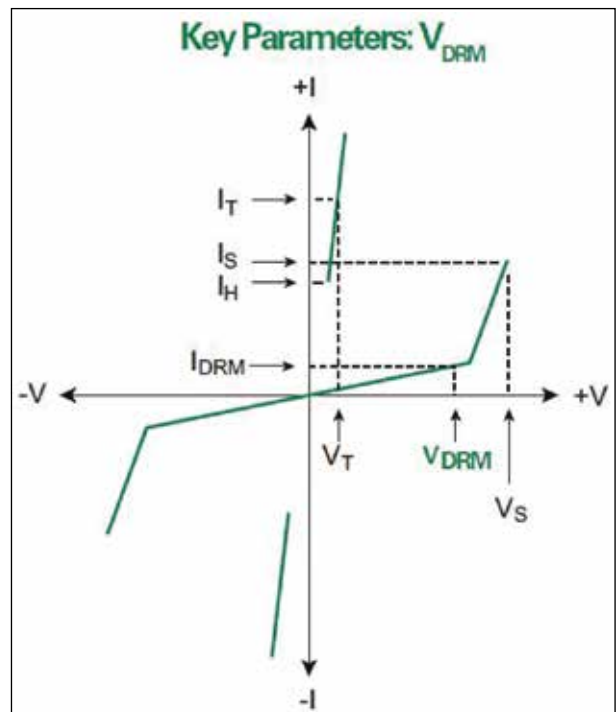
更好的瞬態浪湧保護解決方案： SIDACtor+MOV

設計人員會考慮使用 MOV 來保護下游電路的瞬態電壓，但 Littelfuse 可將 SIDACtor 保護晶閘管與 MOV 串聯，為設計人員提供卓越的解決方案。SIDACtor+MOV 組合具有較低的箝制電壓，可降低半導體元件的應力。此外，該組合的洩漏電流更低，而且，隨著瞬變衝擊的增加，其擊穿電壓降低的幅度很小。使用 SIDACtor+MOV 組合進行瞬態浪湧保護，可使車載充電器更加可靠和安全。

附錄 I. SIDACtor 簡介

SIDACtor 是 PNP 半導體，它是沒有閘極的晶閘管元件；SIDACtor 元件是撬棒型保護元件。一旦觸發，它就會使保護線路短路，從而將能量從半導體引開。如果超過其關斷狀態峰值電壓 (VDRM)，SIDACtor 就會將瞬態電壓箝制在元件的額定開關電壓 (VS) 範圍內。當電流低於保持電流 (IH) 時，SIDACtor 將會關斷。當電壓降至 MOV 擊穿電壓以下，就會出現這種情況。

圖 6：SIDACtor V-I 特性

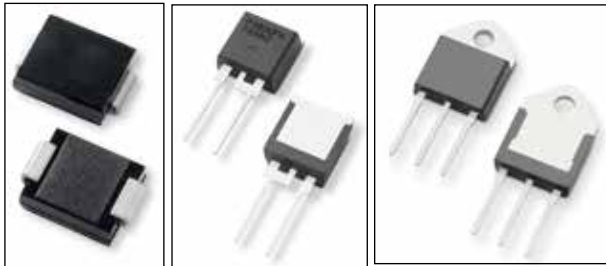




SIDACtor 的優點包括：

1. 在多次浪湧衝擊下不會導致性能下降
2. 低導通電壓與 MOV 結合使用時，箝制電壓會大幅降低
3. 與 TVS 二極體相比，可承受更大的浪湧電流
4. 提供引腳封裝或 SMD 封裝。

SIDACtor 封裝選項：



Pxxx0S3N, DO-214AB Pxxx0ME, TO-218 Pxxx0FNL, TO-262M

Pxxx0S3N-A (汽車級) DO-214AB

表 4: MOV+SIDACtor 產品選擇參考表

MOV ¹⁾	元件編號 ²⁾	最大連續電壓 ³⁾		1mA 下電阻 溫度 ⁴⁾	最大箝制 ⁵⁾ 電壓 ⁶⁾	最大峰值電流 (8 x 20µs 1 脈衝) ⁷⁾
		Vrms ⁸⁾	Vdc ⁹⁾			
AUMOV [®] Series ¹²⁾						
SM10 Series ¹³⁾						

SIDACtor ¹⁾	元件編號 ²⁾	V _{DRM} ³⁾	V _s ⁴⁾	I _H ⁵⁾	I _{pp} ⁶⁾
Pxxx0FNL Series ¹⁰⁾					
Pxxx0S3N-A Series ¹¹⁾					

MOV	Part Number	Max Continuous Voltage		Varistor Voltage at 1mA	Maximum Clamping Voltage	Max Peak Current (8 x 20µs 1 pulse)
		Vrms	Vdc			
AUMOV [®] Series	V14H250AUTO	250	320	390±10%	650	6500
	V20H250AUTO	250	320	390±10%	650	10000
	V14H320AUTO	320	420	510±10%	650	6500
	V20H320AUTO	320	420	510±10%	650	10000
	V14H385AUTO	385	505	620±10%	1025	6500
	V20H385AUTO	385	505	620±10%	1025	10000
	V14H420AUTO	420	560	680±10%	1120	6500
	V20H420AUTO	420	560	680±10%	1120	10000
SM10 Series	V250SM10	250	320	390±10%	650	5000
	V320SM10	320	420	510±10%	840	5000
	V350SM10	350	460	560±10%	930	5000
	V385SM10	385	505	620±10%	1025	5000
	V420SM10	420	560	680±10%	1120	5000
	V460SM10	460	615	750±10%	1240	5000

附錄 II. MOV 與 SIDACtor+MOV 的比較結論

MOV 是箝制元件裝置，SIDACtor 則是撬棒元件裝置。在相同負載下，我們可以看到兩者的箝制電壓的差異。SIDACtor+MOV 方法可以達到最佳的性價比；通過將 SIDACtor 與 MOV 串聯的方式，我們可以選擇箝制電壓較低的 MOV，以實現較低的整體電路箝制電壓。與單獨使用 MOV 相比，組合電路的擊穿電壓降更低，洩漏電流隨著瞬態衝擊的增加而變化不大，而且，這種組合方法的洩漏電流更小，尤其是在高溫條件下。在元件的使用壽命期間，洩漏電流不會發生漂移。此外，由於 SIDACtor 限制了洩漏電流，因此這種組合有利於延長 MOV 的使用壽命。SIDACtor 不會發生損耗，在長時間使用和多次浪湧衝擊後仍具有較高的可靠性。

附錄 III. 用於 OBC 保護的大功率 SIDACtor+MOV 元件選擇清單

免責聲明 — 我們相信所提供的訊息是準確和可靠的。但是，使用者應為自己的應用來獨立評估每個選用產品的適用性並進行測試。Littelfuse 產品並非為所有應用程式而設計，也可能無法適用於所有應用。請瀏覽 www.littelfuse.com/disclaimer-electronics 以閱讀完整的免責聲明。CTA

SIDACtor	Part Number	V _{DRM}	V _s	I _H	I _{pp}
			@ 100 V/µs	mA min	A min
Pxxx0FNL Series	P1900FNLTP	155	220	50	3000
	P2300FNLTP	180	260	50	3000
	P2600FNLTP	220	300	50	3000
	P3500FNLTP	320	400	50	3000
	P3800FNLTP	350	430	50	3000
Pxxx0S3N-A Series	P1900S3NLRP-A	155	220	50	3000
	P2300S3NLRP-A	180	260	50	3000
	P2600S3NLRP-A	220	300	50	3000
	P3500S3NLRP-A	320	400	50	3000
	P3800S3NLRP-A	350	430	50	3000