

# 從源頭掌握專業知識 重新認知聚合物混合電容器

聚合物混合電容器產品就像水滴一樣，彼此看來十分相似，至少在看產品規格手冊時是這樣的。因此，為了找到最佳的組件，建議使用者可從製造商和經銷商的專業知識借鑒。因為組件彼此間一定有差異。

■作者：Christian Kasper

儒卓力電解和聚合物電容器技術支援

聚合物混合電容器 (Polymer hybrid capacitor) 的特點包括極端條件下的穩定性、使用壽命長、等效串聯電阻 (ESR) 低、高達 165°C 溫度的規格選項以及 AEC-Q200 認證。由於這些特性，它們現已被應用到包括汽車在內的衆多領域中，例如用於油泵或水泵的電動控制單元 (electric control unit, ECU)、冷卻風扇和電動動力轉向 (electric power steering, EPS) 系統。儘管如此，在選擇合適的電容器時要很小心，因為各家製造商的產品規格手冊看起來都大致相同，難以發現彼此間任何細微的差異。但它們之間確實存在差異，而這些差異唯有通過測試才能顯現出來。

一般而言，聚合物混合電容器的生產製程是有專利的。除了生產差異之外，製造商還選擇使用不同的原材料，例如在量和質 (材料) 方面皆不同的聚合物成分。因此，對於汽車應用，電容器的 ESR 行為特性可能是在 10kHz 或 20kHz 範圍內變化，儘管各自的產品規格手冊完全沒有差別。而且，在負溫度範圍內，不同製造商的組件之間也存在著差異。因此，利用製造商或「中立」經銷商的技術訣竅是值得的。

## 阿瑞尼斯公式

舉例而言，混合電容器的預期壽命就是一項關鍵因素。為了確定這項因素，開發人員喜歡使用著名的阿瑞尼斯公式 (Arrhenius formula) 來計算。為

此，他們需要製造商所規定的使用壽命  $L_b$ 、最高溫度  $T_{max}$ 、施加紋波電流時的上升溫度  $\Delta T_0$  (最大允許值 6K，可能隨著產品系列和製造商而有所變化)，以及使用期間電容器的表面溫度  $T_c$ 。預期壽命的計算公式如下：

$$L = L_b \times 2^{\frac{T_{max} + \Delta T_0 - T_c}{10}}$$

然而，此一公式並不適用於聚合物混合電容器技術。這是因為它只是粗略地描述了定量溫度依賴性，但是因為只假設了最大值的情況，所以並未充分考慮到紋波電流對電容器的影響。然而，由紋波電流引起的自發熱 (self-heating) 對於電容器的使用壽命具有顯著的影響。此外，在實際應用中，紋波電流很少會在整個使用壽命期間的任何溫度下保持恆定。因此，盡力實現精確工作並使用製造商或專家在使用壽命計算方面的專業知識，是提供有效設計的關鍵所在。

在網路上或產品規格手冊中並未提供更精確的資料和某些特定數值，而只能由實際的製造商提供。根據這些技術訣竅、可用的公式和內部測量資料，製造商計算出使用壽命。此外，製造商分析電容器的可能最大負載，並將此資訊傳遞給客戶以便提升他們對產品的瞭解程度。這可為客戶提供何種電容器型號最適合相對應應用的列表，例如對於一並聯電路而言，哪種數量是理想的，而在給定條件下，電容器將可持續工作多長的時間。畢竟，這也是製

造商所保證的。

## 使用壽命表格和任務資料

在所謂的使用壽命表格中，製造商列出了測試結果中的變化數值。這可用來確定如何通過封裝溫度和 100kHz 下紋波電流參數來將各自電路的使用壽命最大化。例如，如果基於虛構的使用壽命表(圖 1)，假設溫度為 125°C、電流為 2A 的情況下，則使用壽命為 5,000 小時。在 145°C 和 6A 時，電容器的使用

圖 1：使用壽命表格顯示聚合物混合電容器在不同溫度和電流下的使用壽命。

Case temperature (°C)	Irms @100kHz (A)						
	Rated Area			Extended Area			
	0	1	2	3	4	5	6
40	1900000	1800000	1700000	1600000	1500000	1400000	1250000
60	500000	483000	455000	420000	387000	345000	308000
80	125000	120000	109000	104000	94000	87000	78000
90	62000	59000	56000	52000	47000	42000	38000
105	21000	20000	19500	17800	17000	15000	13900
125	5500	5200	5000	4600	4200	3800	3400
145	1300	1250	1150	1100	950	900	850

所有圖片來源：Rubycon

圖 2：通過任務資料可以計算出電容器的使用壽命。

Capacitor p/n	35 RX30 220 M [REDACTED] 10X16					
Lifetime	2000 hrs at 125°C					
Ripple	1.3 Arms at 125°C/100kHz					
Delta Ts	5 °C					
ESR	0.067 ohm at 20°C/100kHz					
ESR	0.4 ohm at -40°C/40kHz (Typical value)					
Capacitor number	1 pcs					
Lifetime calculation						
Ambient Temperature (°C)	Time (hrs)	RMS current (Arms at 40kHz)	RMS current (Arms/pcs)	*delta Tj (°C)	Lifetime (hrs)	Consumption rate (%)
-40	25	0.87	0.87	2.2	788823.5	0.003
-20	25	0.87	0.87	2.2	788823.5	0.003
0	100	0.87	0.87	2.2	788823.5	0.013
100	5438	0.48	0.48	0.7	16023.1	33.9
120	1863	0.48	0.48	0.7	4005.8	46.5
7451					Total	80.5
*delta Tj : Heat rise at capacitor's core by ripple current.						
*Under 40degC condition is regarded as 40degC for lifetime calculation.						

壽命為 850 小時。額定區域是指由測量結果確定的範圍，而擴展區域則是指基於測量結果的推論。

製造商的使用壽命表格顯示，實際使用壽命可能比產品規格手冊中提供的數值更高，這使得人們對聚合物混合電容器技術充滿信心。

任務資料 (mission profile)( 圖 2) 描述了電容器暴露在實際使用環境中的應力和應變 (strain)。舉例來說，這些包括改變的環境和工作溫度、負載持續時間以及在特定頻率下所測量到的紋波電流。這種任務資料的測量會耗費寶貴的開發時間，不過，如果電路可以更有效率地設計，並且製造商可以確認並聯電路中使用的是三個而不是四個電容器時，則是值得的。這顯然可為客戶提供在各自應用中電容器可靠性的精確資訊。

## 組件的超載測試

此外，製造商會進行超載測試 (overload test) 並將各自的研究結果納入其計算中。由於這項技術出現不到十年，因此仍是一種相對較新的技術，這些測試資料是製造商關於電容器品質和進一步發展的重要資訊來源。

例如，對於一個測試，會用到一顆 10mm x 10mm 設計的 25V 電容器，其指定數值為 2A 紹波電流、100kHz、20mΩ ESR、以及 125°C 環境溫度下使用壽命為 4,000h。此一元件會暴露在紡波電流相當高的情況下。這項測試在恒定環境溫度為 125°C 的兩個位置進行，每個位置使用 200 顆組件。使用 6A 電流 (即三重超載) 進行測試時，電容器的使用壽命超過 19,000 小時，並且工作時間更長。電容漂移穩定在 -18% 左右。而根據產品規格手冊，壽命終止的定義為漂移 -30%。ESR 保持不變 (從 18mΩ 開始，產品規格手冊的數值為 20mΩ，在 22mΩ 左右穩定下來)。

儒卓力的專家得出了類似的結論：即使電容器被冷凍到 -55°C，ESR 也沒有改變。為此，產品行銷工程師與儒卓力的實驗室工程師合作開發出了一款可攜式的展示工具，可將低 ESR SMD 電容器和聚合物混合電容器在幾秒鐘內冷凍，同時還可不斷地測量 ESR 數值。在此過程中，可以即時觀察到聚合物混合電容器的 ESR 如何保持絕對穩定，而電解電容器的 ESR 則增加超過五倍。

在每個電容器的最高超載電流 14A 下 (對應於電容器中大約 150°C 的核心溫度)，在 4,300 小時後，四個批次產品中僅有一個批次測試失效。然而，其失效原因並不是技術本身，而是熱導致橡皮塞變成多孔狀。為了解決此一現象，製造商已經在尋求其他的密封機制和新設計。

這些測試顯示，離用盡聚合物混合電容器技術的可能性還很遠。所有製造商仍在努力進一步最佳化其聚合物混合電容器產品，從而最大限度地提高性能。目標是要在更長的使用壽命內實現更高的容

圖 3：以聚合物混合電容器取代軸向電容器的範例：所減少的空間、重量和成本非常明顯。

Axialleaded Capacitor		Hybrid Capacitor	
Capacitance	470µF		150µF
Size	18x25 (63.6cm³)	-75%	10x20 (15.7cm³)
ESR (20°C)	43mΩ/10kHz	Lower ESR	12mΩ/10kHz (measured value)
Ripple <sup>1)</sup> (Tc=125°C)	11.1Arms/10kHz	Same Ripple	12.0Arms/100kHz
Useful life (125°C)	4000 hours		4000 hours

<sup>1)</sup> Maximum ripple current at 125°C capacitor case temperature Tc (measured at case surface), when mounted to a heat sink

量、電壓和溫度，以及更進一步發展 SMD 電容器蓋的尺寸，以期在更高的負載下實現更進一步的小型化。

以聚合物混合電容器代替其他類型的電容器通常是值得的。例如，如果可以使用一個混合電容器來替代電路中的兩個或甚至三個鋁電解電容器，這相當於可大幅節省尺寸和 PCB 空間，及降低安裝高度。此外，由於其特定的性能，與鋁電解電容器相比，在 ESR 增加、使用壽命期間的漂移、頻率和溫度以及電容數值變化方面，混合電容器保證具有更高的穩定性。

## 取代電路中的電容器產品

例如，在特定應用中，可以使用混合電容器取代軸向電容器（圖 3）。實際的選擇是傳統的軸向鋁電解電容器或者混合電容器，兩者都採用引線設計。兩種電容器的紋波電流相似，只是混合電容器的總電容較低。此一因素會出現在大多數的聚合物混合電容器解決方案中，但通常並不會影響它們在電路中的運作。由於這些電容器的使用狀況是由 ESR 和紋波電流決定的，在一個範圍內，即使是大型軸向電容器或 SolderStar 電容器也具有優勢，但也表現出了鋁電解電容器所具有的典型缺點。除此之外，混合電容器需要的安裝空間少很多、具有明顯更低的 ESR、並且在整個使用壽命期間提供高穩定性。除了省下電路中的空間和重量外，混合電容器也確保可以節省成本。

同樣也希望從中受益的客戶應該利用製造商的專有技術，特別是儒卓力專家的技術訣竅，這些專家能夠從中立的角度來評估技術。現場應用工程師團隊提供獨立於製造商的產品和技術建議，從而在客戶開發人員選擇產品時，在現場提供技術支援。儒卓力扮演著與製造商聘用的各種專家直接聯繫的媒介角色，以確保實現理想的電路設計。

## CEVA 和 Immervision 攜手發展先進影像增強技術

CEVA 宣佈與加拿大蒙特利爾的私有企業 Immervision, Inc. 達成一項策略合作協定。Immervision 是廣角鏡頭和影像處理技術的開發廠商和授權者，其專利影像增強演算法和軟體技術可大幅改善影像品質，消除使用廣角相機所導致的扭曲變形，特別是在圖幀的邊緣。到目前為止，憑藉其包括宏碁、大華、Garmin、韓華、聯想、摩托羅拉、廣達、索尼和 Vivotek 等廣大的客戶群，Immervision 技術的出貨量已超過 5,000 萬台設備。

根據合作協定，CEVA 將提供 1,000 萬美元的技術投資，以取得 Immervision 先進的專利廣角影像處理技術和軟體的獨家許可權，其中包括即時的自我調整消除彎曲技術、接合、影像顏色和對比度增強，以及電子防震 (electronic image stabilization) 技術。CEVA 還將獲得 Immervision 的 Data-in-Picture 專有技術授權許可，該技術可將融合的感測資料整合到每一視訊幀之中，而 CEVA 最近收購的 Hillcrest Labs 公司即可提供此等感測資料。這種技術可在每一視訊幀中加入情境資訊 (contextual information)，從而在 AI 應用中實現更好的影像品質、視訊穩定性和精確的機器視覺。兩家企業還將合作授權完整的端到端解決方案，包括 Immervision 的專利廣角 Panomorph 光學鏡頭設計和補充的影像增強軟體。

Immervision 將繼續為包含 GPU (圖形處理單元) 的所有系統單晶片 (SoC) 平臺提供硬體無關的軟體產品組合，以及為包含 CEVA-XM4 或 CEVA-XM6 智慧視覺 DSP 的 SoC 提供功耗優化版的軟體產品。除了 Immervision 的軟體產品，CEVA 還提供廣泛的其他電腦視覺和 AI 軟體技術，比如神經網路圖形編譯器 CEVA 深度神經網路 (CDNN)、CEVA-SLAM 軟體發展套件和 CEVA-CV 最佳化電腦視覺軟體庫。