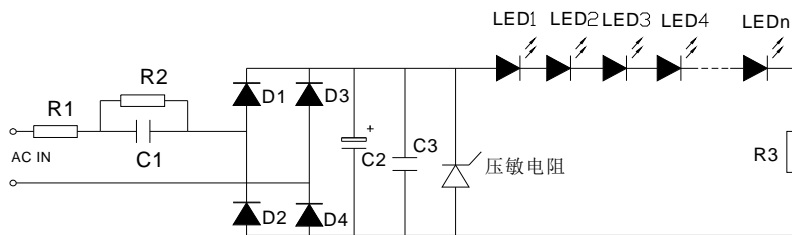


LED 驱动电路中安规电容降压应用的质量要求分析

撰文：广东丰明电子科技有限公司 徐滢涛

一. 安规电容应用于 LED 驱动电路背景:

阻容降压电路是一种常见的小电流、非隔离的低功率电源电路。因具有体积小、成本低、电流相对恒定等优点，常应用于 LED 驱动电路(如图一)。



图一

对于 C1 降压电容的选择，有经验的线路电子工程师通常会优先选择具有良好的抗脉冲电压性能及优良耐电压性能、可承受 4.3 倍额定电压等优点的多国认证 X2 安规电容。

然而在经过多年的市场验证后发现：即使选用了有安规认证的 X2 电容来降压，仍然存在大规模的因电容量严重衰减，导致驱动电流过小，产品功能失效的市场反馈及抱怨！工程师不得不重新选择成本很高的开关电源设计，但成本的压力使厂商面对市场订单也束手无策，苦不堪言。

二. 安规电容应用阻容降压回路失效机理分析

是什么原因导致额定电压至少是 275VAC 的安规 X2 电容应用于 220VAC 的市网电压时，却在一年甚至几个月的情况下就出现电容量严重衰减而失效的现象呢？丰明电子认为主要以下两个方面：

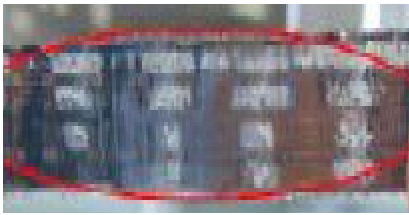
1. 因成本压力，安规 X2 电容尺寸日趋小型化，设计安全余量逐渐降低。

典型应用中的安规 X2 电容并联跨接在主电源回路，起 EMC 抑制电源电磁干扰作用，电路特性对安规电容的抗脉冲电压性能提出了较高的要求，但对电容在使用过程中的容量稳定性要求不严（容量允许变化率在 10%~20%）。

但以串联型式应用在阻容降压回路时，对电容量的稳定性要求就比较严格，一般要求容量变化率在±10%(标称容偏)范围以内。在电网电压的波动产生远高于额定电压的浪涌脉冲电压或产品使用的环境条件苛刻(如户外应用，湿热气候条件)时，极易造成电容在运行过程中容量出现衰减现象。电容制造商本身针对此类阻容降压用电容的设计没有针对性或当厂商在电容器选型不正确，没有与电容制造商作沟通确认电容实际线路应用场合以及本身产品使用的环境条件时，如果只是简单地选择应用在跨接回路的小型化安规电容时，产品就可能

在市场就会出现难以评估的风险。

2. 电容制造商生产工艺不完善或在批量生产过程中工艺执行不到位，产品质量特性无法满足线路要求。丰明电子通过对客户提供某些品牌的失效电容样品解剖分析，我们发现安规 X2 电容容量衰减主要是电容芯子金属膜层气泡出现局部电晕放电 corona (图三)，或电化学腐蚀现象(图四)，这种两种现象都会将蒸镀在聚炳烯薄膜上的锌铝金属发生离子化作用(ionization)，导致电容器电相对电极金属板的有效面减少，容量大幅衰减自然不可避免!



图三 薄膜电晕离子化



图四 薄膜电化学腐蚀

电容所承受的交流电压场强峰-峰值电压(V_{p-p})高于电晕起始电压(230~500VAC)时，就有可能发生一次电晕放电现象。特别是当金属化薄膜介质厚度设计偏薄或薄膜材料本身有瑕疵时，电晕起始电压也就比正常值偏低，同时电容内部如果存在过多的这种空气间隙时也就更容易发生持续性的电晕放电现象。

三. 阻容降压用安规电容材料的选择及关键工序工艺的控制

当我们知道电容降压回路中电容的质量要求及失效机理时，丰明电子作为一个专业的薄膜电容器制造厂商，对于此类用途的 X2 安规电容器，丰明电子镀膜公司通过对薄膜材料的优选，蒸镀方阻及结构特别设计以增强电容器薄膜的抗氧化性能及抗电化学腐蚀的能力；丰明电子工艺研究中心通过对关键工序如卷绕，热压热定型工艺研究完善，制程生产周期的严格管控等措施，来将电容芯子间的潮气，空气排除，并采用耐高湿热性能优良的酸酐类环氧树脂作最后封装。

丰明电子安规 X2 电容器从芯子从焊接，赋能，装壳，一、二次环氧封装工序全部采用一体化的全自动组立线生产，这样的生产模式不但因自动设备保证了产品在量产过程中产品品质的一致性。更重要的是因为采用自动组立线，电容从芯子装配到成品下线的过程中，电容芯子几乎始终在 105℃ 高温隧道烤箱内，完全避免传统安规 X2 电容人工生产模式过程中：一次环氧固化与二次封装交换过程中，产品从热区操作到冷区操作造成电容芯子吸潮现象!所以优等的薄膜，特殊的蒸镀结构，严格且完善的制程工艺管控是减少阻容降压用安规电容容量衰减失效率的有效保证。