

关于铝电解电容器腐蚀失效的研究进展

余云国 朱云松

南通江海电容器股份有限公司 江苏 南通 226361

摘要: 铝电解电容器是一种常见的电子元器件, 其具有体积小、容量大、工作稳定等优点, 广泛应用于各个领域。然而, 由于其内部结构的特殊性, 铝电解电容器容易受到腐蚀的影响, 进而导致失效, 铝电解电容器的腐蚀失效主要是由于电解液中存在的一些化学物质对铝箔产生腐蚀作用。本文通过对铝电解电容器腐蚀失效的研究进展进行综述, 探讨了其原因和预防措施, 旨在提供关于铝电解电容器腐蚀失效方面的相关参考。

关键词: 铝电解电容器; 腐蚀失效; 研究进展

铝电解电容器是一种以铝箔或铝箔为极板, 以含有盐酸、硫酸等电解液的溶液作为介质的电子元器件, 具有容量高、体积小、运行稳定等优异性能, 在电源、通信和计算机中得到了广泛的应用。但铝电解电容器长期运行易受腐蚀影响而诱发故障, 腐蚀失效不但使电容器性能下降, 而且会造成电路故障, 设备损坏甚至事故^[1]。所以, 对铝电解电容器腐蚀失效机理及预防措施进行深入研究是非常有意义的。

1 铝电解电容器腐蚀失效的机理概述

铝电解电容器作为常用电子元件在电子电路上应用非常广泛。但随着运行时间的延长, 铝电解电容器有可能发生腐蚀失效等现象, 极大地影响了电路正常运行。铝电解电容器主要由阳极铝箔、阴极铝箔、电解纸、电解液、铝壳等组成。电解液起导电、充电作用, 铝箔担负存储电荷。通常电解液中氧化剂与阳极还原反应生成保护层阻止氧化反应。但有些因素可以打破这种平衡而使铝电解电容器腐蚀失效。在电解液中水的存在可触发铝发生氧化反应生成氢氧化铝, 放出氢气, 导致腐蚀, 氢氧化铝将导致电容器电解液电导率下降, 从而对电容器性能产生影响。与此同时, 氢气产生将使电容器内压力增大, 并最终造成电容器膨胀和爆裂等一系列严重问题。同时电容器内含有杂质亦是造成腐蚀失效最主要原因之一^[2], 在长时间运行时, 电解液可能含有某些杂质, 例如金属离子和有机物, 这些杂质能促使铝发生氧化反应而加快电容器腐蚀。另外, 电容器内的温度、湿度和电压等环境因素都能影响腐蚀失效。

对于铝电解电容器的腐蚀失效, 可采用一些行之有效的防治与维修措施。比如选择合适的电解液和电解纸是关键, 相应的材料应具有较高的纯度, 以减少杂质对电容器的影响。另外还需要严格控制电容器制造过程并加以检测。在运行时, 电容器工作电压、温度要合理调

控, 以免过高电压、温度损坏。铝电解电容器腐蚀失效机理复杂, 涉及到多种因素共同影响。弄清这些机制对于人们更好地解决腐蚀失效问题具有十分重要的意义。通过选用适当材料, 控制好制造过程及合理应用, 可使电容器寿命延长, 电子电路可靠性增强。

2 铝电解电容器腐蚀需要的条件

铝电解电容器是常用电子元件之一, 广泛应用于各类电子设备。但随着时间推移, 腐蚀问题已逐步成为影响铝电解电容器使用性能及寿命的主要原因之一, 所以对铝电解电容器的腐蚀进行条件分析就显得非常关键, 在电容器中, 当电解液电势高于铝箔表面氧化层电势后, 氧化层在电解液作用下还原生成氧化铝。这一过程由电解质内离子传导来实现, 在正负极板间构成电流通路。但正因为这一工艺可使铝箔腐蚀。铝电解电容器的腐蚀条件是多种多样的。一是湿度是个不可忽视的影响因素。在高湿度环境中, 电解液中的水更易和铝箔表面氧化层反应而加速腐蚀。二是温度对铝电解电容器腐蚀亦有影响。高温在电解液中会使反应速度加快, 使铝箔腐蚀风险增大。另外化学物质存在会影响铝电解电容器腐蚀。一些化学物质如酸性物质或者含氯离子等均可加快铝箔腐蚀进程。

除环境条件之外, 铝电解电容器自身结构对腐蚀产生也有一定影响。第一, 铝箔纯度高, 厚度大。纯度低的铝箔更容易被腐蚀, 较薄的铝箔则更容易被腐蚀破坏^[3]。第二, 电解液组成及浓度。不同电解液成分对腐蚀过程影响不一。有些电解液相对较为温和, 对铝箔的腐蚀影响较小, 而有些电解液则具有较高的腐蚀性。所以选择适当的电解液成分及浓度对降低腐蚀问题具有十分重要意义。

针对铝电解电容器的腐蚀问题, 可采取多方面的措施: 比如改善环境条件降低腐蚀, 维持适当湿度与温

度，并避免接触腐蚀性化学物质，可延缓铝电解电容器腐蚀进程。之后选用优质铝箔及适当电解液成分与浓度亦至关重要。高纯度铝箔、电解液能有效减少腐蚀风险。另外，应定期对铝电解电容器进行状态维护与检查，减少外界对电容器使用的不良影响。腐蚀条件分析对解决铝电解电容器的腐蚀起了决定性作用。通过对铝电解电容器工作原理及结构的了解，综合考虑环境条件、电解液等因素，可采取相应措施降低腐蚀发生的危险，提高其使用寿命。

3 铝电解电容器腐蚀失效的原因

在日常生活中，经常碰到铝电解电容器发生腐蚀失效现象。要想更深刻的认识这一问题就必须深入分析其中的成因。

一是铝电解电容器发生腐蚀失效其中一个重要原因就是环境因素。铝电解电容器经常被应用于潮湿、高温以及有腐蚀性气体的多种恶劣环境。这些环境因素可使铝电解电容器外壳及内部电极，受到腐蚀而发生故障。尤其当温度高、湿度高、腐蚀性气体大时，铝电解电容器将加速腐蚀，从而大大地缩短使用寿命。

二是铝电解电容器的腐蚀失效，也可能由材料选择及制造工艺等因素引起。铝电解电容器壳体一般采用铝合金材质，铝合金有一定腐蚀性。若材料选择、制造工艺等方面出现缺陷，将使铝电解电容器腐蚀失效更为严重^[4]。如外壳表面处理不当，或者有焊接缺陷，都可能使铝电解电容器腐蚀失效。

铝电解电容器的腐蚀失效除环境因素及选材制造工艺等因素之外，还与其使用条件及维护保养等因素有关。铝电解电容器在实践中经常要经受电压，电流及温度的变化。若使用工况超过铝电解电容器使用指标。将造成腐蚀失效，另外，若铝电解电容器检修不到位，例如长期处于潮湿环境或者不经常清洗等，都会加快腐蚀失效。

铝电解电容器的腐蚀失效原因可归结为环境因素，材料选择与制造工艺，使用条件及维护保养诸多方面。要破解这一难题，就必须多角度地着手并采取适当措施。在设计制造阶段要选用耐腐蚀性能良好的材料及优化制造工艺，减少铝电解电容器发生腐蚀失效的可能性；在实际工作中要合理选择工况，尽量避免过载、高温环境的影响，定期维护铝电解电容器的使用寿命。

综上所述，铝电解电容器的腐蚀失效问题比较复杂，其成因涉及到很多。对其产生的原因进行深入的分析，就能采取适当的措施加以防范和化解，以确保铝电解电容器能够正常工作。同时提醒人们在工业生产与科

研中对电子元件腐蚀失效需提高警惕，注意选材，制造工艺及使用条件与维修。

4 铝电解电容器腐蚀失效的预防对策

4.1 存储方向

尽管铝电解电容器有很多优点，如尺寸小、容量高、造价低等，但是这些电容器都存在一定的问題，主要表现在腐蚀失效方面。腐蚀失效会造成电容器内电介质被破坏和电解液泄漏的严重后果，从而影响电路正常工作^[5]。所以，要防止铝电解电容器腐蚀失效就必须采取系列应对措施。

第一，是对存储方向进行调控，所述储存方向为铝电解电容器储存、输送、使用时的摆放方向。适当的存储方向能有效降低铝电解电容器暴露于环境湿气、化学物质的几率，进而推迟腐蚀失效。在防止腐蚀失效铝电解电容器的储存过程中，应尽可能避免暴露于湿气及高温环境。由于湿气及高温环境对铝金属腐蚀有重要影响，所以储存时应选择一个干燥、通风好、温度合适的环境。同时储存时电容器要竖直摆放以免电解液漏出。

第二，在存储控制中应考虑电容器中的符号与标识，铝电解电容器一般都在壳体上标有正、负极性及电容值，正确地使用这些符号及标识对控制存储方向具有十分重要意义。在储存及使用吋，电容器要按标志及标识所指示方向摆放，以保证正、负极性连接无误，避免引起电容器损坏及性能降低。此外，在实际工作中也需考虑电容器的封装与防护。在储存与运输时，要选用适当的包装材料与包装方法，避免电容器遭受到外部的撞击、挤压与摩擦，使电容器内部结构与性能免遭破坏。合理包装及保护措施能有效降低腐蚀失效风险。控制存储是防止铝电解电容器发生腐蚀失效最主要的对策。通过适当选择存储方向，可降低电容器暴露在湿气和化学物质中的几率，并推迟腐蚀失效。另外，对储存方向的把控还要关注标志与标识的用途、包装与防护，从而保证电容器储存及使用时的安全性与稳定性。

4.2 安装方向

铝电解电容器因结构特殊、工作原理复杂等原因，腐蚀失效现象长期困扰工程技术人员。为防止铝电解电容器腐蚀失效的重要对策之一就是安装方向要端正，适当的安装方向能最大限度保护铝电解电容器，不被外界环境腐蚀破坏，以延长使用寿命。现就铝电解电容器安装的几个重要意义及有关预防对策作一具体阐述。

一是要知道铝电解电容器构造，铝电解电容器包括两块极板，中间有氧化铝薄膜相隔。在氧化铝薄膜中起电介质作用使电容器能储存电荷^[6]。但由于氧化铝本身

的性质,若氧化铝薄膜被破坏,铝电解电容器将腐蚀失效。在铝电解电容器装设过程中,适当的装设方向能有效地避免氧化铝薄膜被过高电压,温度或者电流冲蚀。通常电容器极性标识很重要,要保证正极接正极引脚、负极接负极引脚。这就能确保电容器内电流的正确方向,以免电流过大或过高会损坏氧化铝薄膜。

二是安装方向得当也有助于有效地散热,降低电容器工作温度。铝电解电容器运行时会产生一些热,若长期处在高温环境下或热量不能有效散去,电容器氧化铝薄膜将被破坏,所以在铝电解电容器的安装过程中,要尽可能选择一个通风好、温度合适的地方,以免长期处在高温环境下。

除了正确的安装方向之外,还可以采取其他的预防措施来保护铝电解电容器。常用的办法之一就是采用合适额定电压的电容器,电压过高可能使电容器氧化铝薄膜断裂而引起腐蚀失效。所以在对电容器进行选型的时候,需要从实际需要出发,选择适当的额定电压进行设计。另外,定期进行维护与检验是防止铝电解电容器发生腐蚀失效的一个重要途径。定期对电容器安装状态进行检查,以保证引脚连接牢靠,不发生松动^[7]。同时要检查电容器的外观有无膨胀和漏液等异常情况,并对破损电容器进行及时替换,避免腐蚀失效风险的扩大。正确安装是防止铝电解电容器发生腐蚀失效最主要的应对措施,通过适当安装可避免氧化铝薄膜因电压过高、温度过高或者电流过大而损坏。另外安装方向合理有利于散热、降低工作温度、减小氧化铝薄膜损伤。考虑到安装方向、额定电压选择及定期检修与检验等因素,可有效地延长铝电解电容器寿命并提高电子器件可靠性。尽管铝电解电容器腐蚀失效一直都是一个难题,但只要采取适当的设置方向等预防对策,就能对其起到较好的防护作用,延长了器件的使用寿命,对电子器件稳定工作提

供了有力保证,因此工作人员要引起足够的重视,根据现场的情况确定合适的应对方案,以此来提高整体的管理水平。

结束语

铝电解电容器腐蚀失效问题是关系到电容器能否稳定运行的一个重要课题,对腐蚀失效机理及影响因素进行深入研究对提高电容器质量及可靠性有着十分重要的意义。通过选用适当的电解液成分,控制工作温度湿度和合理调控电压范围等防治措施,可有效地推迟腐蚀失效时间,延长铝电解电容器寿命。今后,有必要对铝电解电容器腐蚀失效机理进行进一步深入的研究,找出更加有效的预防措施,从而更好地保证电容器的推广应用。

参考文献

- [1] 胥珊珊,高美,王海丽. 快速制备铝电解电容器用阳极箔的腐蚀发孔动力学[J]. 腐蚀与防护,2023,44(7):12-19.
- [2] 许建. 小孔腐蚀在铝电解电容器用铝箔质量评价中的有效应用[J]. 电子元件与信息技术,2023,7(3):41-44.
- [3] 陈锦雄,方铭清,何凤荣,等. 低压铝电解电容器用腐蚀化成箔构效关系研究[J]. 电子元件与材料,2020,39(1):37-41.
- [4] 胥珊珊,张珊珊,魏范彬,等. 快速铝电解电容器阳极箔腐蚀发孔工艺研究[J]. 新疆有色金属,2020,43(1):99-102.
- [5] 黄新民,吴玉程,刘衍芳,等. 铝电解电容器用腐蚀箔的SEM与EBSD研究[J]. 电子显微学报,2008,27(6):478-482.
- [6] 吕根品,方铭清,闫小宇,等. 低压铝电解电容器用腐蚀箔结构模型探讨[J]. 电子元件与材料,2021,40(1):36-41.
- [7] 沈梓涵,谢悦,陈文莲,等. 阳极箔扩面腐蚀中缓蚀剂的研究进展[J]. 材料保护,2021,54(9):138-141.