

UPS 电容寿命探讨分析

何绍文

民航青海空管分局, 青海 西宁 810000

摘要：在现代电力系统中，UPS是保障电力连续性的关键设备，电容是其重要组件。随着对电力稳定性要求提高，UPS电容寿命问题凸显。本研究聚焦于此，通过对实际案例（如航管楼UPS）的分析，探讨影响电容寿命的环境温度、工作电压等因素，对比不同类型电容表现，研究维护措施（定期更换、环境维护等）对寿命的影响，以及电容选型和系统监控预警机制。结果表明合理措施可延长寿命，保障系统稳定。此研究对提高UPS可靠性，满足电力需求有重要意义。

关键词：UPS电容；寿命；影响因素；维护

Discussion and Analysis of UPS Capacitor Life

He Shaowen

Qinghai Air Traffic Control Branch of Civil Aviation, Xining, Qinghai 810000

Abstract： In modern power system, UPS is the key equipment to ensure power continuity, and capacitor is its important component. With the improvement of power stability requirements, the problem of UPS capacitor life is prominent. This study focuses on this. Through the analysis of practical cases (such as UPS in air traffic control building), this paper discusses the environmental temperature, working voltage and other factors that affect the life of capacitors, compares the performance of different types of capacitors, and studies the influence of maintenance measures (regular replacement, environmental maintenance, etc.) on life, as well as capacitor selection and system monitoring and early warning mechanism. The results show that reasonable measures can prolong the service life and ensure the stability of the system. This research is of great significance to improve the reliability of UPS and meet the power demand.

Keywords： UPS capacitor; life span; influencing factors; maintain

引言

在当今数字化时代，电力供应的稳定性至关重要，UPS作为保障电力连续性的关键设备受到广泛关注。其中，电容作为UPS的核心组件，其寿命直接影响UPS的性能。随着科技发展，对UPS电容寿命的研究愈发重要。合理的电容寿命管理不仅能提高UPS的可靠性，还能降低维护成本。然而，电容寿命受多种因素影响，深入探讨这些因素以及相应的维护策略，对保障电力系统稳定运行具有重要意义，以下将对此展开详细分析。

一、UPS电容在系统中的重要作用

（一）保障电力供应连续性

在市电正常时，电容作为储能元件，能够吸收和储存电能，以应对可能出现的瞬间电压波动，确保输出电压的稳定性，从而保障连接设备的正常运行。当市电中断时，电容能够迅速释放储存的电能，为UPS的逆变器提供必要的能量支持，使逆变器能够持续将直流电转换为交流电，维持对负载设备的电力供应，避免因电力中断导致设备停机，保障了电力供应的连续性，满足了对关键设备持续供电的需求。

（二）稳定电压和滤波功能

在电路中，电容能够通过自身的充放电特性来调节电压。当电

压升高时，电容吸收多余的电能进行充电，从而降低电压；当电压降低时，电容释放储存的电能，提升电压，使得输出电压保持在稳定的范围内^[1]。电容还具有滤波功能。在电力系统中，不可避免地存在各种谐波和纹波干扰，电容能够阻止这些高频干扰信号通过，只允许直流或低频的有用信号通过，从而提高了电能质量，为负载设备提供了纯净、稳定的电源，确保设备的正常运行和性能稳定。

二、影响UPS电容寿命的因素

（一）环境温度的影响

随着环境温度升高，电容内部的电解液会加速挥发，导致电容容量逐渐减小。这种容量的变化会使电容在电路中的性能发生改

作者简介：何绍文（1990.01—），男，青海人，本科，专业电子信息工程，中级职称，研究方向：电气（UPS配置及维护，10kv高压线路维护，高原台站供电配置及维护）。

变，如滤波效果变差，无法有效滤除杂波，进而影响整个 UPS 系统的输出电能质量。高温还会使电容内部的化学反应速率加快，加速电容的老化过程。在一些高温环境下的工业应用场景中，UPS 电容的实际寿命可能只有理论寿命的一半甚至更短。另外，低温环境也会对电容产生不利影响，可能会导致电解液凝固，使电容无法正常工作。因此，为了延长 UPS 电容的寿命，需要对其工作环境温度进行合理控制，确保电容处于适宜的温度范围内。

（二）工作电压的作用

当电容长期处于过高的工作电压下，其内部的电场强度会增大，这会导致电容的绝缘介质更容易被击穿。一旦绝缘介质被击穿，电容就会失去其正常的功能，无法再储存和释放电能。而且，过高的工作电压还会加速电容内部的电化学反应，使电容的极板和电解液发生化学反应的速度加快，从而导致电容的老化和损坏^[2]。相反，如果工作电压过低，电容可能无法充分发挥其储能和滤波等功能，影响整个 UPS 系统的性能。因此，在 UPS 系统的设计和使用过程中，需要合理选择电容的额定工作电压，并确保实际工作电压在合适的范围内，以延长电容的寿命并保证系统的正常运行。

（三）纹波电流及谐波电流的影响

纹波电流是指在直流电源中存在的微小交流成分，谐波电流则是指电力系统中存在的非正弦波电流成分。当电容处于有纹波电流和谐波电流的电路中时，这些电流会在电容内部产生热量。由于电容本身的散热性能有限，热量的积累会导致电容温度升高，进而加速电容内部电解液的挥发和化学反应速率，使电容容量减小，性能下降。而且，纹波电流和谐波电流的存在还会使电容承受额外的应力，这种应力会导致电容的极板和绝缘介质发生变形和损坏，从而缩短电容的寿命。为了减少纹波电流和谐波电流对电容寿命的影响，需要在电路设计中采用合适的滤波措施，如增加电感、电容等滤波元件，以降低纹波电流和谐波电流的幅值，提高电容的使用寿命。

三、UPS 电容实际寿命与理论寿命的差异

（一）滤波电解电容的寿命对比

滤波电解电容在 UPS 系统中具有重要作用，其寿命受到多种

因素影响，与理论设计寿命存在一定差异。理论上，滤波电解电容的设计寿命在（8 - 10）年之间，但实际工作寿命往往更短。从实际案例来看，如某航管楼的两台 120KVA 维谛 UPS 自 2013 年运行至 2024 年，其滤波电解电容在使用 11 年后出现明显老化迹象。在这期间，环境温度、工作电压以及纹波电流或谐波电流等因素都对电容寿命产生了作用。环境温度方面，设备内部的高温环境加速了电容电解液的挥发，导致电容容量减小。工作电压的影响也不可忽视，过高的电压会使电容内部电场强度增大，加速绝缘介质的击穿和电化学反应。纹波电流或谐波电流则使电容发热，进一步影响其性能和寿命。与其他类型电容相比，滤波电解电容的寿命特点较为明显。在一些 UPS 系统中，金膜交流滤波电容虽然也会受到环境等因素影响，但由于其结构和材料特性，在相同使用条件下，其寿命可能相对较长。这种寿命对比反映了不同电容在 UPS 系统中的适应性和可靠性差异，为 UPS 电容的选型和维护提供了重要参考。

（二）不同类型电容的实际表现

以滤波电解电容为例，如前所述，其在长期运行过程中，由于电解液挥发等原因，容量会逐渐减小，在对航管楼 UPS 电容的检测中发现，编号为 C5137 - J300 的电容，容量为 133 μ F，实际测量数据在 135.8 μ F - 141.5 μ F 之间，容量虽有变化但仍合格；而编号为 C65T2166JP18700 的电容，容量为 16 μ F，实际测量数据为 15.05 μ F - 15.31 μ F，出现了一定偏差，金膜电容器则有不同的表现，如金膜电容器 - 450VAC - 10uF $\pm$ 10%--Hipulse 专用，在 UPS 系统中主要用于特定的滤波功能^[3]。其在长期运行中，受环境温度影响相对较小，主要得益于其材料和制造工艺。但如果工作电压超出额定范围，也可能出现性能下降的情况。防爆型金膜电容器在安全性方面表现突出，防爆型金膜电容器 - 500VAC - 100 μ F - $\pm$ 5%，在一些对安全性要求较高的 UPS 应用场景中，即使在复杂的环境条件下，也能保证其基本的电容性能，为 UPS 系统的稳定运行提供了保障。不同类型电容的这些实际表现，为 UPS 系统的设计和维护人员在选择和使用电容时提供了详细的参考依据，有助于提高 UPS 系统的整体性能和可靠性。如表 1 所示：

表 1：不同类型电容在 UPS 系统中的主要参数对比

电容类型	容量范围 (μ F)	额定电压 (V)	内部 ESR (Ω)	工作温度范围 ($^{\circ}$ C)	纹波电流承受 能力 (A)	寿命预期 (年)	实际寿命偏差 (%)	使用材料	适用环境
滤波电解电容	100 - 10000	25 - 450	0.05 - 0.5	-40 to +85	0.5 - 10	8 - 10	-15 to -25	铝电解液、电极纸	高温环境，波动电压
固态电容	10 - 5000	6 - 500	0.01 - 0.1	-55 to +85	0.1 - 5	15 - 25	-5 to +10	固态电解质	低温、稳定环境
金属膜电容	1 - 1000	50 - 800	0.01 - 0.1	-40 to +125	0.05 - 3	20 - 30	+10 to +20	金属氧化物、聚丙烯	长期高温、低谐波
陶瓷电容	0.1 - 1000	50 - 500	0.001 - 0.05	-55 to +125	0.02 - 2	25 - 40	+5 to +15	陶瓷、银 / 镍电极	极端温差、高频应用
铝电解电容 (高温)	10 - 5000	25 - 600	0.05 - 0.2	-55 to +125	0.5 - 10	5 - 8	-20 to -30	铝电解液、电极纸	高温、波动环境

四、维护措施对 UPS 电容寿命的影响

（一）定期更换的必要性

从实际数据来看，如某航管楼的两台 120KVA 维谛 UPS 自 2013 年运行至 2024 年，其滤波电解电容在 11 年后出现明显老化迹象，这凸显了定期更换的紧迫性。电容在长期使用过程中，受多种因素影响，性能会逐渐下降，滤波电解电容的电解液会因环境温度、工作电压以及纹波电流或谐波电流等因素而挥发，导致电容容量减小。以航管楼 UPS 电容检测数据为例，编号为 C65T2166JP18700 的电容，容量为 $16\mu\text{F}$ ，实际测量数据为 $15.05\mu\text{F} - 15.31\mu\text{F}$ ，出现了偏差。随着容量的减小，电容的滤波效果变差，无法有效滤除杂波，影响整个 UPS 系统的输出电能质量。电容长期处于工作状态，其内部的绝缘介质可能会被击穿。一旦绝缘介质被击穿，电容就无法正常储存和释放电能，导致 UPS 系统在市电中断时无法为负载提供稳定的电力支持。电容的极板和电解液也会发生化学反应，加速电容的老化和损坏。因此，为了确保 UPS 系统的稳定运行，保障电力供应的连续性和可靠性，定期更换电容是非常必要的。根据电容的理论设计寿命以及实际工作环境和使用情况，合理确定更换周期，能够有效延长 UPS 系统的使用寿命，降低系统故障的风险。

（二）合理维护环境的作用

以航管楼的 UPS 系统为例，环境温度对电容寿命影响显著，在设备内部，高温环境会加速电容电解液的挥发，导致电容容量减小。如某滤波电解电容，其理论设计寿命在 (8 - 10) 年之间，但在高温环境下，实际工作寿命可能会大幅缩短。为了降低环境温度对电容的影响，可以采取多种措施，确保设备的通风良好，使热量能够及时散发出去。在 UPS 机房的设计和布局中，应考虑空气流通的合理性，避免设备过于密集，导致热量积聚^[4]。对机房的温度和湿度进行合理控制，使其保持在适宜电容工作的范围内。一般来说，温度应控制在一定的合理区间内，避免过高或过低的温度对电容造成损害。除了温度，工作环境中的灰尘也会对电容产生不利影响。灰尘可能会附着在电容表面，影响电容的散热性能，导致电容温度升高。灰尘还可能进入电容内部，造成短路等故障。因此，保持机房的清洁，定期对设备进行除尘处理，也是合理维护电容工作环境的重要措施之一。通过营造良好的工作环境，可以有效延长电容的寿命，提高 UPS 系统的稳定性和可靠性。

五、基于电容寿命的 UPS 系统优化策略

（一）电容选型的考虑因素

在 UPS 系统中，电容选型是确保系统稳定运行的关键环节，需要综合考虑多个因素，首先是电容的额定电压，它必须与 UPS 系统的工作电压相匹配。以航管楼的 120KVA 维谛 UPS 为例，其内部不同位置的电容工作电压要求各异。如直流母线电容可能需要承受较高的电压，而一些滤波电容则在相对较低的电压下工作。如果电容额定电压选择不当，过高可能导致电容过早损坏，过低则无法满足系统正常运行需求。电容的容量也是重要考量因

素。不同的应用场景和电路功能对电容容量有不同要求。在一些需要大量储能的电路中，就需要选择大容量的电容。从航管楼 UPS 电容数据来看，像编号为 C5137 - J300 的电容，容量为 $133\mu\text{F}$ ，适用于特定的电路功能。而对于一些滤波电路，可能需要根据滤波的频率范围和所需的滤波效果来选择合适容量的电容。电容的类型也至关重要。不同类型的电容具有不同的性能特点。如滤波电解电容在一些需要大容量储能和滤波的电路中应用广泛，但它受环境温度等因素影响较大。金膜电容器则在某些方面具有优势，如受环境温度影响相对较小，但其成本可能较高。防爆型金膜电容器则在安全性要求较高的场合更为适用。综合考虑这些因素，才能选择出适合 UPS 系统的电容，确保系统的高效稳定运行。

（二）系统监控与预警机制

建立有效的系统监控与预警机制对于 UPS 电容的维护和系统的稳定运行至关重要，对于 UPS 系统中的电容，需要实时监控其关键参数。以航管楼的 UPS 系统为例，需要监控电容的电压、电流、温度等参数。通过对这些参数的实时监测，可以及时发现电容是否处于正常工作状态。当电容的电压超出正常范围时，可能意味着电容存在故障风险。同样，电流异常也可能提示电容内部出现问题，如短路或漏电等情况^[5]。而温度的升高可能是由于环境温度过高、散热不良或电容自身性能下降等原因导致的。通过对这些参数的监控，可以及时采取措施进行调整或维修。预警机制则是在监控到异常参数后及时发出警报，提醒维护人员进行处理。当电容温度超过设定的阈值时，系统应立即发出警报，通知维护人员检查电容的散热情况或是否需要更换电容。预警机制还可以与远程监控系统相结合，使维护人员能够在远程实时了解电容的工作状态，及时做出决策，从而提高系统的可靠性和维护效率，确保 UPS 系统的稳定运行。

六、结语

UPS 电容寿命受多种因素影响，包括环境温度、工作电压、纹波电流等。不同类型电容表现各异，合理选型至关重要。定期更换和维护环境可延长寿命。通过对实际案例分析可知，准确把握这些因素，建立有效的监控预警机制，能保障 UPS 系统稳定运行，提高电容使用效率，为各行业电力供应提供可靠支持，满足对电力连续性和稳定性的需求。

参考文献

- [1] 李娇，曹明，高来超，等. 电路中电容充电对保险丝寿命影响分析 [J]. 电子质量，2022, (05): 54-58.
- [2] 姚知洋，金庆忍，郭敏. 宽频域纹波环境下电解电容寿命模型建立及老化速率分析 [J]. 电力电容器与无功补偿，2022, 43(01): 75-81.
- [3] 孙仲达，黄颖欣. 老旧电梯控制主板电容寿命评估分析 [J]. 机电工程技术，2020, 49(11): 236-237+246.
- [4] 慕芳，赵正虎，胡文斌，等. 接触网间歇式供电电容储能车辆全寿命周期成本分析 [J]. 机电信息，2019, (24): 133-135+137.
- [5] 沈峰，何建，徐文强. 基于定数截尾实验的航空发电机电容寿命分析 [J]. 中国科技信息，2018, (20): 36-37+13.