

# 降低高频低阻电容器的漏电流不良率

金 恒 余云国

南通江海电容器股份有限公司 江苏南通 226361

**摘要:** 在电源电路中, 整流电路将交流成为脉动的直流, 而在整流电路以后接入一个较大容量的电解电容, 在实践运用中, 为了避免电路各部分供电电压因负载改变而发生改变, 通常在电源的输出端及负载的电源输入端, 接有数十至数百微法的电解电容。因为大容量的电解电容通常具有必定的电感, 对高频及脉冲干扰信号不能有效地滤除, 故在其两头并联了一只容量 0.001-0.1PF 的电容, 以滤除高频及脉冲干扰。

**关键词:** 高频低阻; 电容器; 漏电流

## Reduce the leakage current defect rate of high frequency low resistance capacitors

Jin Heng, Yu yun Guo

Nantong Jianghai Capacitor Co. , Ltd. , Jiangsu, Nantong 226361

**Abstract:** In power circuits, the rectifier circuit converts AC to pulsating DC, and a large-capacity electrolytic capacitor is usually connected after the rectifier circuit. In practical applications, in order to prevent the voltage supplied to each part of the circuit from changing due to changes in the load, electrolytic capacitors with tens to hundreds of microfarads are usually connected at the output of the power supply and the input of the load power supply. However, because large-capacity electrolytic capacitors usually have inherent inductance, they cannot effectively filter high-frequency and pulse interference signals. Therefore, a capacitor with a capacity of 0.001-0.1PF is connected in parallel at both ends of the large-capacity electrolytic capacitor to filter out high-frequency and pulse interference.

**Keywords:** high frequency low resistance; capacitor; leakage current

### 前言

高频低阻电容器因其损耗低、高频特性好、耐纹波电流大的特点, 产品广泛用于电源、家用电器、通讯设备、工具控制及 5G 新能源项目, 使得该类电容器产品的寿命比普通类电容器长。高频低阻电容器的潜在质量风险较大, 同行在市场中出现电性能不良反馈, 如何控制该类电容器质量以适应增长的市场需求, 成为亟待解决的问题。

### 一、现状调查

通过现场观察、数据统计, 从高频低阻电容器的制程开片、刺卷、浸渍、装配、清洗、套管、老化、外检各工序展开分层调查。高频低阻电容器漏电流变化主要体现在制程开片、刺卷、装配、老化工序中。而浸渍、清洗、套管、包装工序投入产出率则对漏电流影响不大。所以, 小组判断高频低阻漏电流大主要症结在于开片、刺卷、装配、老化工序中。

### 二、目标设定

#### 2.1 目标设定:

小组成员汇总了 2021 年 1-12 月中高频低阻电容器漏电流不良批次在不合格批次中的占比, 平均不良批次

率为 48.69%, 小组通过系统分析, 将高频低阻电容器电性能不良率的 QC 活动目标设定为 (如图 1):

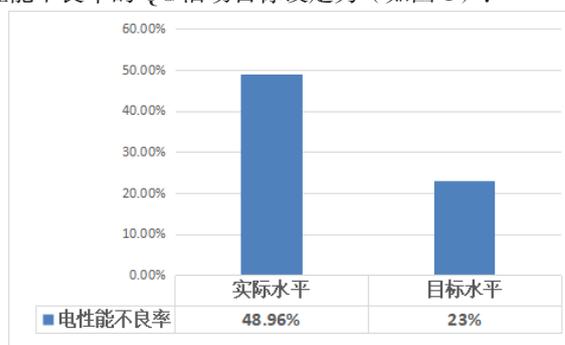


图 1

#### 2.2 可行性分析:

根据历史数据, 2021 年 8 月份的电性能参数不良率为 22.76%, 即连续四周不良率均值降至 23% 以下, 说明具有挖掘潜力。

#### 三、原因分析

小组运用头脑风暴法、鱼骨图及 5M 因素法, 结合开片、刺卷、装配、老化四大症结工序, 对高频低阻电容器漏电流大的原因进行分析:

末端原因 1：分切箔片人员刷箔未到位

确认方法：现场检查。

确认标准：在满足切箔毛刺检测要求，毛刺控制在  $< 0.02\text{mm}$ ，且任意  $10\text{mm}$  范围内毛刺个数  $\leq 10$  个，进行二次刷箔，即对每并箔顺时针方向转动 5 次。

确认过程：对分切箔片人员进行现场突击检查，判断分切后是否按工艺文件对每并箔进行二次刷箔和吸尘处理。

确认结果：分切箔人员切箔后进行刷箔，并增加磁棒，现场检查操作人员操作状态及毛刺检测记录表，均无异常。

结论：“分切箔片人员刷箔未操作到位”为非要因。

末端原因 2：刺卷操作人员未及时清扫送箔台面，造成箔灰堆积

确认方法：现场巡检、查阅记录。

确认标准：现场清扫频次满足工艺文件要求且效果佳。该系列产品所生产刺卷设备，卫生打扫频次 1 小时一次。

确认过程：通过查看近期的刺卷工序培训记录，23 名操作人员参培率 100%，考试成绩均在 90 分以上；对刺卷操作人员一周的清扫送箔台频次及打扫卫生情况，并进行汇总。

确认结果：随机抽取 3 名刺卷操作人员成绩，均满足作业要求。

结论：“操作人员未及时清扫设备”为非要因。

末端原因 3：分切刀具耐磨程度差

确认方法：试验对比。

确认标准：选取 CD282L 25V220 $\mu\text{F}$ ， $\Phi 8*11.5$ ，分 4 个批次，一次老化无异常。

确认过程：正极箔刀具切箔累计长度各阶段的刀具所切铝箔分 4 批次投产，制程中各工序确保设备一致，对 4 批次产品老化漏电流大结果进行比对。

确认结果：分切箔片刀具随着累计分切长度的增加而磨损严重，导致电容器漏电流大不良占比增幅明显，故二者程正相关。

结论：“分切刀具耐磨程度差”为要因。

末端原因 4：铆接部位模具压力控制不稳定导致翻花毛刺

确认方法：不良品解析与测试、数据统计。

确认标准：正极箔铆接处翻花毛刺与电容器漏电流大的相关性。

确认过程：选取 CD285 63V680 $\mu\text{F}$ ， $\Phi 12.5*30$  规格高频低阻电容器，查阅近一周生产老化数据，对其不良品进行剖析，统计翻花毛刺导致电容器短路导致漏电流大的占比。

确认结果：由于铆接部位模具压力控制不稳定，受力不均时易导致正极箔铆接处翻花不达标，存在毛刺情况。

结论：“铆接部位模具压力控制不稳定导致翻花毛刺”为要因。

末端原因 5：吸尘设备风速不达标

确认方法：测量吸尘风速、放大镜检查铝箔表面。

确认标准：刀具吸尘罩吸尘速度  $\geq 2\text{m/s}$ ，且箔片毛刺符合工艺要求。

确认过程：在高频低阻电容器箔片裁切过程中，随机对切箔设备上、下滚刀位置测量风速，并任意处取一并箔毛刺检查。

确认结果：上述数据显示，切箔设备上、下滚轮吸尘速度均大于  $2\text{m/s}$ ，满足工艺作业要求；并通过对不同批次铝箔的表面用放大镜检验毛刺，均在合格范围内。

结论：“吸尘装置风速不足”为非要因。

末端原因 6：拉脚装置使芯包受拉力变形

确认方法：现场解析、防爆试验对比。

确认标准：芯包受拉力变形导致电解纸受损，则电容器漏电流增大。

确认过程：选取 CD284L 35V100 $\mu\text{F}$ ， $\Phi 6.3*11$ ，同批次芯包，在装配工序分两批流转，每批 5 万只，批次 1 芯包合格，批次 2 芯包中有 20 只模拟拉脚装置托拉受力导致电解纸受损。

确认结果：批次 2 中芯包电容器击穿比例明显大于批次 1。

#### 四、对策实施

##### 4.1. 增加钨钢刀具分切铝箔，代替锰钢刀具

对同规格同批次铝箔，分别采用锰钢刀和钨钢刀裁切铝箔，检验标准：毛刺控制在  $< 0.02\text{mm}$ ，且任意  $10\text{mm}$  范围内毛刺个数  $\leq 10$  个。

##### 4.2. 增加数字化毛刺检测仪器

为了加强毛刺管控，增加数字化毛刺检测仪器，LS-M01-18 检测设备，代替原始投影仪下人工观测，采用激光扫描，取样  $30\text{cm}$ ，毛刺大小数据分布在控制线内，便于及时观测出不良毛刺处，从根源及时发现分切箔毛刺问题，严格把关。

##### 4.3. 改进刺铆模具

完善铆接翻花的检查手段，增加放大镜检查铆接翻花质量，在 10 倍放大镜下观察预刺孔与铆接孔是否完全重合、翻花毛刺情况及其他铆接不良现象，减少操作工目视检查误判现象的发生。

效果验证：

上述同一生产批次任意取出一段铆接结束的正极铝箔，测量 5 批产品接触电阻，改进后的翻花毛刺也明显改善，同时测得改进前后的接触电阻分别如下，同时降低了漏电流。

##### 4.4. 改进卷绕针和刺铆针

4.4.1 卷绕过程过程折弯处箔片断裂，容易造成箔片裂开，对使用卷绕针进行倒角打磨。

4.4.2 对不同刺卷设备 200 机、600 机、2800 机、海

泰机使用的刺铆针直径进行整顿, 每种型号设备固定刺铆针直径尺寸。调整卷绕针尺寸, 规范使用并对卷绕针固定设备。

#### 4.5. 芯包外围胶带加宽, 调整装配设备

4.5.1 卷绕时做到初卷1—2圈, 增加展切面毛刺管控, 刺卷胶带加宽: 使用胶带需要满足其宽度小于电解纸宽度1—2mm之间。

4.5.2 此产品装配必须要有拉脚装置的功能, 拉脚需要调到位置。

4.5.3 增加浸装套一体设备, 优先自动设备生产。

4.5.4 批次更换及时调整送芯包夹具不能太紧。

### 五、效果评价

#### 5.1 电性能不良率降低

为了验证措施的实际效果, 针对全部措施完成后, QC小组跟踪统计自2022年7月4日开始, 为期2个月高频低阻电容器电性能的不良率, 高频低阻电容器电性能不良率(均值)已降到21.84%, 低于设定目标不良率23%, 活动目标实现。

#### 5.2 成品率提高



图2

通过QC小组全员的努力, 高频低阻电容器成品率显著提高, 平均增加1.1%, 且超过2022年公司引线式成品率指标值98.65%。(如图2)

#### 5.3 经济效益增加

##### 5.3.1 成本——项目投入资金

固定资产投入: 引进装配自动浸装套一体设备

设备部件改进: 改造刺卷工序铆接模具。合计花费16.2万元。

##### 5.3.2 经济效益

###### ①成品率提高1.1%

2022年1—6月高频低阻电容器的总产量为18102

万只, 各壳号半成品的平均单价约1.2元, 电性能不良率降低后, 经济效益增加159.29万元。

###### ②减少复练节约电费

产品不用二次老化, 减少复练数量1354万, 共节约工时25.08万元。合计经济效益增加168.17万元, 预计全年经济效益增加336.34万元。

#### 5.4. 无形效益增加

高频低阻电容器的研发是公司填补了市场上该系列产品的空白, 实现了从无到有的突破, 率先占领市场份额, 对高频低阻电容器有效的质量改进管理。

### 六、结束语

此次QC攻关活动的成功离不开小组成员的齐心协力, 活动中我们学习成长了很多, 但也存在一些不足, 需要总结改进。通过对高压、超高压引线式铝电解电容器电性能不良率, 尤其是高频低阻产品漏电流大的原因进行分析, 进一步提高了小组成员对于高压产品漏电流管控的意识, 积累了经验, 并在改进意识方面有所突破。本次QC小组活动, 小组成员能够熟练运用QC工具, 对数据统计、分析的理念和重要性有了更深的认知, 通过QC工具的有效应用大大提升了小组成员分析解决问题的能力, 更有利于今后活动的开展。

高频低阻电容器电解液具高电导率, 其相应的粘度就越低, 从而导致其渗透性越强, 易产生铝箔水合反应、电容器无容量的隐患, 影响其性能导致早期失效。可作为下一期的研究课题。逐步实现刺卷、浸渍、装配、套管、老化自动连线设备, 减少搬运过程中的产品质量问题。

#### 参考文献:

[1] 马治龙. 高频低ESR片式有机钽电解电容器的性能参数及其可靠性问题研究[J]. 科技视界, 2013(35):80+148.

[2] 陈永真. 高压电解电容器现状及展望[J]. 电源学报, 2012(05):1-4.

[3] 宁昆, 王德全, 曹玉明, 谢志国, 许恒生. 铝电解电容器的宽温高频低阻抗特性研究[J]. 电子元件与材料, 2008(09):61-64.

基金项目 BA2021060: 2021年度江苏省科技成果转化专项资金项目—5G通信电源用耐125℃高温超长寿命高可靠铝电解电容器研发及产业化