



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112946412 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 01

(21) 申请号 202110462967.1

(22) 申请日 2021.04.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112946412 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(73) 专利权人 中国振华(集团)新云电子元器件
有限责任公司(国营第四三二六
厂)

地址 550000 贵州省贵阳市乌当区新添大
道北段232号

(72) 发明人 张承 彭永燃 刘婷 代东升
高文官 秦钟华 张志光 晏顺忠

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务
所(特殊普通合伙) 11463
专利代理师 唐菲

(51) Int.Cl.

G01R 31/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102033182 A, 2011.04.27

CN 208833260 U, 2019.05.07

US 2016061877 A1, 2016.03.03

彭浩等. 多层陶瓷电容器应用与可靠性研
究.《环境技术》.2016, 全文.

审查员 彭鼎原

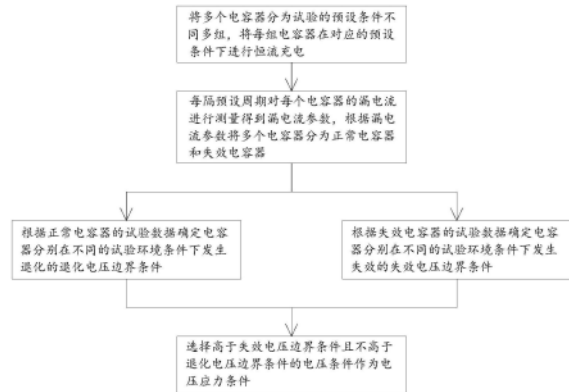
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54) 发明名称

一种电容器的筛选应力的选择方法

(57) 摘要

本申请提供一种电容器的筛选应力的选择方法,属于器件筛选技术领域。选择方法包括:将多个电容器分为预设条件不同的多组进行恒流充电,预设条件包括多种试验电压和多种试验环境条件,试验环境条件包括多种试验温度。每隔预设时间对电容器进行测量得到漏电流参数,根据漏电流参数将电容器分为正常电容器和失效电容器。根据正常电容器的试验数据确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生退化的退化电压边界条件。根据失效电容器的试验数据确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生失效的失效电压边界条件。选择高于失效电压边界条件且不高于退化电压边界条件的电压条件为电压应力条件。该选择方法能有效防止出现过筛选应力与欠筛选应力的问题。



1. 一种电容器的筛选应力的选择方法,其特征在于,包括:

将多个电容器分为试验的预设条件不同的多组,将每组所述电容器在对应的所述预设条件下进行恒流充电,所述预设条件包括多种试验电压和多种试验环境条件,所述试验环境条件包括多种试验温度;

每隔预设时间对每个所述电容器的漏电流进行测量得到漏电流参数,根据所述漏电流参数将所述多个电容器分为正常电容器和失效电容器;

根据所述正常电容器的所述预设条件及对应的所述漏电流参数确定所述电容器分别在不同的所述试验环境条件下发生退化的退化电压边界条件,所述退化电压边界条件为所述电容器发生退化时对应的所述试验电压与电容器形成电压的比值;

根据所述失效电容器的所述预设条件及对应的所述漏电流参数确定所述电容器分别在不同的所述试验环境条件下发生失效的失效电压边界条件,所述失效电压边界条件为所述电容器发生失效时对应的所述试验电压与电容器形成电压的比值;

针对所述试验环境条件,对应地选择高于所述失效电压边界条件且不高于所述退化电压边界条件的电压条件作为电压应力条件。

2. 根据权利要求1所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,根据所述正常电容器的所述预设条件及对应的所述漏电流参数确定所述电容器分别在不同的所述试验环境条件下发生退化的退化电压边界条件,包括:

以公式I为基础公式,公式I为 $y = e^{(\alpha + \beta x)}$,y值为所述漏电流参数,x值为试验时间,对相同的所述预设条件下的所述正常电容器的所述漏电流参数和对应的所述试验时间进行非线性拟合,获取每个所述预设条件下的所述正常电容器的 β 值拟合结果;

对相同的所述试验环境条件下的所述正常电容器的所述 β 值拟合结果与试验电压条件进行线性拟合,得到 β 值线性拟合公式,所述试验电压条件为所述正常电容器的所述试验电压与电容器形成电压的比值;

根据所述 β 值线性拟合公式获取 β 值为0时所述试验电压条件的电压条件拟合值,将所述电压条件拟合值作为所述退化电压边界条件。

3. 根据权利要求2所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述 β 值拟合结果通过高斯-牛顿算法迭代计算获得。

4. 根据权利要求1所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述根据所述失效电容器的所述预设条件及对应的所述漏电流参数确定所述电容器分别在不同的所述试验环境条件下发生失效的失效电压边界条件,包括:

以公式II为基础公式,公式II为 $N(\bar{X}) = e^{a_0 + \sum_{j=1}^n a_j X_j}$, $N(\bar{X})$ 为失效数, a_0 和 a_j 为常数, \bar{X} 为应力矢量,所述应力矢量包括试验电压条件、试验环境因子和试验时间,所述试验电压条件为所述失效电容器的所述试验电压与电容器形成电压的比值,所述试验环境因子为所述试验环境条件的阿伦尼斯模型与Peck模型中加速因子的乘积,将所述失效电容器的所述预设条件及对应的所述漏电流参数代入所述公式II获取 a_0 值和 a_j 值,得到失效数优化公式;

对于不同的所述试验环境条件下的所述失效电容器,分别根据所述失效数优化公式获取所述试验时间为预设时间且所述失效数为1时的电压条件优化值,将所述电压条件优化值作为所述失效电压边界条件。

5. 根据权利要求4所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述预设时间为恒流充电时间最短的所述电容器对应的试验完成时间。

6. 根据权利要求4所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述 a_0 值和 a_j 值通过高斯-牛顿算法迭代计算获得。

7. 根据权利要求1~6任一项所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述电容器额定电压为 U ,所述多种试验电压的选择范围为 $0.5\sim 1.5U$;

和/或,所述多种试验温度的选择范围为 $25\sim 175^\circ\text{C}$ 。

8. 根据权利要求7所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述多种试验电压包括 $1.0U$ 、 $1.2U$ 和 $1.4U$ 。

9. 根据权利要求7所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述多种试验温度包括 85°C 、 125°C 和 175°C 。

10. 根据权利要求1~6任一项所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述预设时间为 240h ;

和/或,所述电容器的恒流充电的试验完成时间的选择范围为 $4\sim 2000\text{h}$ 。

11. 根据权利要求10所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述电容器的恒流充电的试验完成时间包括 960h 、 1200h 、 1680h 和 1920h 。

12. 根据权利要求1~6任一项所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述试验环境条件还包括多种试验湿度。

13. 根据权利要求12所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述多种试验湿度的选择范围为 $20\sim 95\%RH$ 。

14. 根据权利要求12所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述多种试验湿度包括 $20\%RH$ 和 $85\%RH$ 。

15. 根据权利要求1~6任一项所述的筛选应力的选择方法,其特征在于,所述电容器额定电压为 U ,所述试验环境条件还包括试验湿度,所述试验温度包括 85°C 和 125°C 和 175°C ;

所述试验温度为 85°C 的试验分组中,所述试验电压包括 $1.0U$ 、 $1.2U$ 和 $1.4U$,所述试验湿度包括室内空气湿度和 $85\%RH$,所述电容器的恒流充电的试验完成时间包括 960h 和 1920h ;

所述试验温度为 125°C 的试验分组中,所述试验电压包括 $1.0U$ 、 $1.2U$ 和 $1.4U$,所述试验湿度为室内空气湿度,所述电容器的恒流充电的试验完成时间包括 1200h 和 1680h ;

所述试验温度为 175°C 的试验分组中,所述试验电压包括 $1.0U$ 和 $1.2U$,所述试验湿度为室内空气湿度,所述电容器的恒流充电的试验完成时间包括 960h 和 1200h 。

一种电容器的筛选应力的选择方法

技术领域

[0001] 本申请涉及器件筛选技术领域,具体而言,涉及一种电容器的筛选应力的选择方法。

背景技术

[0002] 片式固体电解质钽电容器因其体积小、容量大、温度特性好、稳定性和可靠性高等优点被广泛应用于各类高端电子装备。在实际的使用过程中需要对电容器进行应力筛选,以保证电容器的使用可靠性。

[0003] 目前的筛选应力是根据额定电压的倍数进行选择,由于现有的片式钽电解电容器已进行多次工艺革新,产品性能与可靠性都得到了提升,原有的筛选应力条件已经不能较好地满足现有的电容器的筛选需求,通常出现过筛选应力与欠筛选应力的情况。其中,过筛选应力会导致产品受损,而欠筛选应力会导致不能剔除缺陷产品。

发明内容

[0004] 本申请的目的在于提供一种电容器的筛选应力的选择方法,能有效防止出现过筛选应力与欠筛选应力的问题。

[0005] 本申请的实施例是这样实现的:

[0006] 本申请实施例提供一种电容器的筛选应力的选择方法,包括:

[0007] 将多个电容器分为试验的预设条件不同的多组,将每组电容器在对应的预设条件下进行恒流充电,预设条件包括多种试验电压和多种试验环境条件,试验环境条件包括多种试验温度;

[0008] 每隔预设时间对每个电容器的漏电流进行测量得到漏电流参数,根据漏电流参数将多个电容器分为正常电容器和失效电容器;

[0009] 根据正常电容器的预设条件及对应的漏电流参数确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生退化的退化电压边界条件,退化电压边界条件为电容器发生退化时对应的试验电压与电容器形成电压的比值;

[0010] 根据失效电容器的预设条件及对应的漏电流参数确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生失效的失效电压边界条件,失效电压边界条件为电容器发生失效时对应的试验电压与电容器形成电压的比值;

[0011] 根据试验环境条件,对应地选择高于失效电压边界条件且不高于退化电压边界条件的电压条件作为电压应力条件。

[0012] 本申请实施例提供的电容器的筛选应力的选择方法,有益效果包括:

[0013] 本申请中,通过试验电压与电容器形成电压的比值进行电压边界条件的选择,结合了形成电压对电容器的影响因素,能够更为准确地确定电压条件。根据失效电容器的试验数据确定失效电压边界条件,选择高于失效电压边界条件的电压条件作为电压应力条件,有效防止出现欠筛选应力的问题。根据正常电容器的试验数据确定退化电压边界条件,

选择不高于退化电压边界条件的电压条件作为电压应力条件,有效防止出现过筛选应力的问题。

附图说明

[0014] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本申请的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0015] 图1为本申请实施例提供的电容器的筛选应力的选择方法的流程图;

[0016] 图2为本申请实施例提供的电容器漏电流变化趋势原理图;

[0017] 图3为A101组电容器中的2号样品的漏电流趋势图;

[0018] 图4为未剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器以公式I进行非线性拟合的非线性回归图;

[0019] 图5为未剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器公式I进行非线性拟合的非线性残差图;

[0020] 图6为剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器以公式I进行非线性拟合的非线性回归图;

[0021] 图7为剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器公式I进行非线性拟合的非线性残差图;

[0022] 图8为A102组电容器中的3号样品的漏电流趋势图;

[0023] 图9为剔除A102组电容器中的3号样品的情况下,对A102组电容器以公式I进行非线性拟合的非线性回归图;

[0024] 图10为剔除A102组电容器中的3号样品的情况下,对A102组电容器公式I进行非线性拟合的非线性残差图;

[0025] 图11为试验温度为85℃且试验湿度为室内空气湿度的试验环境条件下, β 值拟合结果与试验电压条件的线性拟合关系图;

[0026] 图12为同试验环境条件下敏感参数退化模型和复合应力失效模型的对比图。

具体实施方式

[0027] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0028] 需要说明的是,本申请中的“和/或”,如“特征1和/或特征2”,均是指可以单独地为“特征1”、单独地为“特征2”、“特征1”加“特征2”,该三种情况。

[0029] 另外,在本申请的描述中,除非另有说明,“数值a~数值b”的范围包括两端值“a”和“b”,“数值a~数值b+计量单位”中的“计量单位”代表“数值a”和“数值b”二者的“计量单位”;“一种或多种”中的“多种”的含义是指两种及两种以上。

[0030] 下面对本申请实施例的电容器的筛选应力的选择方法进行具体说明。

[0031] 本申请提供一种电容器的筛选应力的选择方法,其示例性地适用于片式钽电解电容器。请参阅图1,本申请的筛选应力的选择方法包括:

[0032] S1.将多个电容器分为试验的预设条件不同的多组,将每组电容器在对应的预设条件下进行恒流充电,预设条件包括多种试验电压和多种试验环境条件,试验环境条件包括多种试验温度。

[0033] S2.每隔预设时间对每个电容器的漏电流进行测量得到漏电流参数,根据漏电流参数将多个电容器分为正常电容器和失效电容器。

[0034] S3. (a)根据正常电容器的预设条件及对应的漏电流参数确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生退化的退化电压边界条件,退化电压边界条件为电容器发生退化时对应的试验电压与电容器形成电压的比值。

[0035] (b)根据失效电容器的预设条件及对应的漏电流参数确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生失效的失效电压边界条件,失效电压边界条件为电容器发生失效时对应的试验电压与电容器形成电压的比值。

[0036] S4.根据试验环境条件,对应地选择高于失效电压边界条件且不高于退化电压边界条件的电压条件作为电压应力条件。

[0037] 发明人研究发现,目前的筛选应力通常是根据电容器额定电压的倍数进行选择,而施加电压对电容器的影响实际上与制造过程的形成电压关系更密切,因此目前的筛选应力通常出现过筛选应力与欠筛选应力的问题。

[0038] 本申请中,考虑到在制造过程中的形成电压对电容器的影响,通过试验电压与电容器形成电压的比值进行电压边界条件的选择,结合了形成电压对电容器的影响因素,能够更为准确地确定电压条件。

[0039] 本申请的选择方法中,考虑到失效电容器的试样参数能够有效地反映电容器失效情况与电压边界条件的关系,且正常电容器的试样参数能够有效地反映电容器的退化情况与电压边界条件的关系,将根据漏电流参数将多个电容器分为正常电容器和失效电容器。根据失效电容器的预设条件及对应的漏电流参数确定失效电压边界条件,选择高于失效电压边界条件的电压条件作为电压应力条件,有效防止出现欠筛选应力的问题。选择不高于退化电压边界条件的电压条件作为电压应力条件,有效防止出现过筛选应力的问题。

[0040] 可以理解的是,在本申请的实施例中,试验电压、试验环境条件、漏电流检测间隔周期和电容器恒流充电的时间等参数,可以根据电容器型号规格、电容器应用要求和本领域公知参考标准进行选择。在本申请的实施例中,退化电压边界条件和退化电压边界条件也可以通过本领域公知的统计方式分析、归纳和计算得到。以下将对一些可选的实施方案进行示例。

[0041] 关于S1步骤:

[0042] 考虑到不同严酷程度的应力条件对电容器有不同的老化作用,对诱发产品故障的效果也不同。选择一些严酷程度较高的应力条件,同时根据电容器的应用需要和产品性能将应力条件在一定范围内分布,有利于更准确地反映预设条件和产品老化作用之间的关系,使得依据试验预设条件及对应的漏电流参数获得的退化电压边界条件和失效电压边界条件的可靠性更高。

[0043] 可选地,电容器额定电压为 U ,该多种试验电压的选择范围为 $0.5\sim 1.5U$,例如但不

限于包括0.5U、0.6U、0.7U、0.8U、0.9U、1.0U、1.1U、1.2U、1.3U、1.4U和1.5U中的多个点值。

[0044] 作为一种示例,该多种试验电压包括1.0U、1.2U和1.4U。

[0045] 可选地,电容器的恒流充电的试验完成时间的选择范围为4~2000h,或为480~1920h,或为720~1920h,或为960~1920h。

[0046] 作为一种示例,电容器的恒流充电的试验完成时间包括960h、1200h、1680h和1920h。该试验完成时间是指每个电容器完成恒流充电的试验时所用的总时长。

[0047] 需要说明的是,本申请中C试验条件包括C1、C2和C3的描述是指:在预设条件不同的各组电容器中,有不同组别的电容器进行试验时的A试验条件分别为C1、C2和C3。作为示例,试验电压包括1.0U、1.2U和1.4U的描述是指:在预设条件不同的各组电容器中,有部分组别的电容器进行试验时的试验电压为1.0U,有部分组别的电容器进行试验时的试验电压为1.2U,还有部分组别的电容器进行试验时的试验电压为1.4U。

[0048] 考虑到不同的应用场景下环境条件不同,根据电容器的应用对应地选择多组不同的试验环境条件,通过分别获得不同试验环境条件下的电压边界条件,以便在对应的试验环境条件下进行应力筛选,从而实现更准确的电容器筛选。

[0049] 可选地,该多种试验温度的选择范围为25~175℃。作为一种示例,该多种试验温度包括85℃和125℃。考虑到在一些特殊的使用环境下的温度较高,进一步地,该多种试验温度还包括175℃,以较好地体现在较高温度下的极限应力情况,以更好地实现不同应用和需求下的应力筛选。

[0050] 发明人研究发现,温度、电压和湿度均是影响电容器失效情况的核心因素。在环境湿度较高的应用场景下,在应力筛选时还需要考虑到环境湿度对电容器失效的影响,以保证筛选合格的电容器在该严酷条件下具有较好的工作可靠性。

[0051] 可选地,试验环境条件还包括多种试验湿度。

[0052] 作为一种示例,该多种试验湿度的选择范围为20~95%RH,例如但不限于为20%RH、30%RH、40%RH、50%RH、60%RH、70%RH、80%RH、85%RH和95%RH中的多个点值。

[0053] 作为一种示例,该多种试验湿度包括接近室内空气湿度的条件以及较高湿度的条件,例如该多种试验湿度包括20%RH和85%RH,接近室内空气湿度的条件适合常规应用的电容器应力筛选,85%RH的条件适合环境湿度条件较严酷情况下是电容器应力筛选。

[0054] 在一些示例性的实施方案中,试验温度为85℃的试验分组中,试验电压包括1.0U、1.2U和1.4U,试验湿度包括室内空气湿度和85%RH,电容器的恒流充电的试验完成时间包括960h和1920h。

[0055] 试验温度为125℃的试验分组中,试验电压包括1.0U、1.2U和1.4U,试验湿度为室内空气湿度,电容器的恒流充电的试验完成时间包括1200h和1680h。

[0056] 试验温度为175℃的试验分组中,试验电压包括1.0U和1.2U,试验湿度为室内空气湿度,电容器的恒流充电的试验完成时间包括960h和1200h。

[0057] 作为一种示例,多个电容器分为第一组电容器、第二组电容器、第三组电容器、第四组电容器、第五组电容器、第六组电容器、第七组电容器、第八组电容器、第九组电容器和第十组电容器。

[0058] 第一组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为1920h,预设条件为:试验温度为85℃、试验电压为1.0U且试验湿度为室内空气湿度。

- [0059] 第二组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为1920h,预设条件为:试验温度为85℃、试验电压为1.2U且试验湿度为室内空气湿度。
- [0060] 第三组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为1920h,预设条件为:试验温度为85℃、试验电压为1.4U且试验湿度为室内空气湿度。
- [0061] 第四组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为1680h,预设条件为:试验温度为125℃、试验电压为1.0U且试验湿度为室内空气湿度。
- [0062] 第五组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为1680h,预设条件为:试验温度为125℃、试验电压为1.2U且试验湿度为室内空气湿度。
- [0063] 第六组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为1200h,预设条件为:试验温度为125℃、试验电压为1.4U且试验湿度为室内空气湿度。
- [0064] 第七组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为1200h,预设条件为:试验温度为175℃、试验电压为1.0U且试验湿度为室内空气湿度。
- [0065] 第八组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为960h,预设条件为:试验温度为175℃、试验电压为1.2U且试验湿度为室内空气湿度。
- [0066] 第九组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为960h,预设条件为:试验温度为85℃、试验电压为1.2U且试验湿度为85%RH。
- [0067] 第十组电容器中,每个电容器的恒流充电的试验完成时间为960h,预设条件为:试验温度为85℃、试验电压为1.4U且试验湿度为85%RH。
- [0068] 关于S2步骤:
- [0069] 在检测漏电流时,一定的时间间隔有利于保证在相邻两次检测能够较好地反应漏电流的变化情况,因此检测漏电流的间隔预设时间需要有一定的时间长度要求,以保证每次检测的有效性和整个检测过程的效率。同时,考虑到检测漏电流的间隔预设时间的时间越短时,在相同的试样条件下能够获得更多的检测数据,有利于提高数据分析的准确性,因此,在满足一定时间间隔需求的情况下,较佳地尽量减小检测漏电流的间隔预设时间。
- [0070] 可选地,为了较好地兼顾检测效率和检测数据量,预设时间为240h。
- [0071] 在本申请中,漏电流参数的检测方法可以参照本领域公知的方式进行。作为示例,在本申请中,每隔预设时间对每个电容器的漏电流进行测量时,保持电容器所处的试验环境条件与恒流充电试验过程中相同,使用相同的仪表和相同的测试方法进行电容器额定直流电压漏电流测量。在检测时,可选地,在120s时读取漏电流值。为了保证数据采集的有效性与准确性,可选地,数据采集采用专人专机的方式。
- [0072] 可以理解的是,正常电容器和失效电容器可以按照本领域公知的标准进行划分。作为示例,由于电容器在进行恒流充电的试验后,一些电容器会出现短路现象或者漏电流超过标准值的问题,将出现短路现象或者漏电流超过标准值的电容器划分为失效电容器,其余电容器划分为正常电容器。
- [0073] 关于S3(a)步骤:
- [0074] 发明人对式钽电容器混合应力加速试验退化表征参数进行研究,发现在不同的条件下电容器漏电流会出现上升趋势或者下降趋势。说明在不同的应力影响下,会激发片式钽电容器的不同机理,而影响直接体现氧化膜质量的漏电流参数。
- [0075] 第一方面,片式钽电容器的介质氧化膜为五氧化二钽,而氧化膜的质量很大程度

上取决于钽芯子的纯度。钽粉中总存在少量杂质,而且该杂质通过高温烧结很难完全去除,因此在形成五氧化二钽膜时,这些杂质会占据氧化膜的位置,形成介质层疵点。由于这些疵点的存在,当片式钽电容器工作时,疵点位置通过电流较大,其它位置通过电流较小,使得电流分布不均匀,热量集中在疵点位置,特别是在温度较高的环境条件下,导致热致晶化,漏电流增加。

[0076] 第二方面,当电流集中流过疵点时,由于热电效应使得疵点位置出现高温,高温点的 MnO_2 开始释放出氧,变为 Mn_2O_3 。由于 Mn_2O_3 电阻率很高,这些点相当于被隔离起来,从而起到了修复的作用。这种效应在固体钽电容器中称为自愈,自愈机理使得漏电流下降。

[0077] 如图2所示,基于片式钽电容器的基本结构与原理分析,影响漏电流上升与下降的机理和现象同时存在,漏电流最终表现是上升还是下降取决于哪种机理占主要因素。

[0078] 基于以上机理,漏电流的变化可以认为是两个方向变化趋势的总和,而经过研究发现,使用对数广义线性模型进行非线性回归拟合,结合高斯-牛顿算法迭代出最优参数,是较为符合漏电流退化规律的,能够较好地反映电容器的试验环境条件和电容器退化情况的关系,从而能够较为准确地确定不同试验环境条件下的退化电压边界条件。

[0079] 在一些示例性的实施方案中,根据正常电容器的预设条件及对应的漏电流参数确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生退化的退化电压边界条件,包括:

[0080] 首先,选择以公式I为基础公式,公式I为 $y = e^{(\alpha + \beta x)}$ 。y值为漏电流参数,其示例性的为漏电流的 μA 数;x值为试验时间,其示例性地为试验时间的小时数。

[0081] 需要说明的是,本申请中的试验时间,是指每次进行漏电流测量时对应的已进行试验的时间;公式I中的y值也是指与试验时间一一对应的漏电流参数。

[0082] 其次,在公式I的基础上对相同的预设条件下的正常电容器的漏电流参数和对应的试验时间进行非线性拟合,并通过高斯-牛顿算法迭代出最优参数而计算获得 α 值拟合结果和 β 值拟合结果。

[0083] 可以理解的是,对相同的预设条件的正常电容器进行非线性拟合,是指对相同的预设条件下的所以正常电容器的漏电流参数和对应的试验时间进行非线性拟合,并得到一个与该预设条件对应的非线性拟合公式。即当有M组预设条件不同的正常电容器时,分别对每组预设条件下的正常电容器进行非线性拟合,并得到M个分别与对应的预设条件匹配的非线性拟合公式。

[0084] 然后,对相同的试验环境条件下的正常电容器的 β 值拟合结果与试验电压条件进行线性拟合,得到 β 值线性拟合公式,试验电压条件为正常电容器的试验电压与电容器形成电压的比值。

[0085] 由于在试验环境条件相同的情况下,不同的试验电压会产生不同的应力进而导致不同的漏电流现象。对试验环境条件相同而试验电压条件不同的多组电容器进行基于 β 值拟合结果与试验电压条件的线性拟合,能够较为准确地反应在一定的试验环境条件下 β 值拟合结果与试验电压条件的线性关系。

[0086] 可以理解的是,对相同的试验环境条件下的正常电容器进行线性拟合,是指在试验环境条件相同的情况下,将试验电压条件相同的正常电容器作为一组,将不同试验电压条件下各组正常电容器的试验电压条件分别与其对应的 β 值拟合结果一一对应进行拟合。即当M(M为大于等于1的整数)组预设条件不同的正常电容器有N(N为小于等于M的正整数)

种试验环境条件时,通过线性拟合得到N个分别与对应的试验环境条件匹配的 β 值线性拟合公式。

[0087] 最后,根据 β 值线性拟合公式获取 β 值为0时试验电压条件的电压条件拟合值,将电压条件拟合值作为退化电压边界条件。

[0088] 根据非线性拟合公式可知, β 值的正负能够反应漏电流的升降情况,其中: β 值为负值时漏电流呈现出下降趋势; β 值为正值时漏电流呈现出上升趋势; β 值等于0时漏电流保持不变,说明此时修复速率与氧化膜缺陷劣化速率相同。以 β 值为0时对应的电压条件拟合值作为退化电压边界条件,建立试验环境条件与退化电压边界条件的一一对应关系,作为界定电容器退化的敏感参数退化模型,能够较为准确地划定一定的试验环境条件下电容器因敏感参数综合影响发生退化的电压边界条件。

[0089] 关于S3(b)步骤:

[0090] 考虑到电容器失效主要是由于复合应力作用导致的,而温度、电压和湿度均是影响电容器失效情况的核心因素。对失效电容器进行分析时,把电容器失效数当作时间、温度、湿度及电压该多个应力元素相结合的矢量函数,能够更准确地确定在一定的试验环境条件下试验预设时间的电容器的失效情况与电压应力的对应关系。

[0091] 在一些示例性的实施方案中,根据失效电容器的试验参数确定电容器分别在不同的试验环境条件下发生失效的失效电压边界条件,包括:

[0092] 首先,以公式II为基础公式,公式II为 $N(\mathbf{X}) = e^{a_0 + \sum_{j=1}^n a_j X_j}$, $N(\mathbf{X})$ 为失效数, a_0 和 a_j 为常数, \mathbf{X} 为应力矢量。

[0093] 应力矢量包括试验电压条件、试验环境因子和试验时间。试验电压条件为失效电容器的试验电压与电容器形成电压的比值。试验环境因子为试验环境条件的阿伦尼斯模型与Peck模型中加速因子的乘积。可以理解的是,在试验环境条件不包括试验湿度的情况下,该试验环境因子为试验温度因子;在试验环境条件还包括试验湿度的情况下,该试验环境因子为试验温湿度因子。

[0094] 以 X_t 表示试验时间,是指试验时间的小时数;以 X_e 表示试验环境因子变量,以 X_v 表示试验电压,上述公式II还可以表示为 $N(X_t, X_e, X_v) = e^{a_0 + a_t X_t + a_e X_e + a_v X_v}$ 。其中, a_0 、 a_t 、 a_e 和 a_v 均为常数; $N(X_t, X_e, X_v)$ 为失效数,与应力矢量相关。

[0095] 然后,将失效电容器的预设条件及对应的漏电流参数代入公式II,并通过高斯-牛顿算法迭代出最优参数而计算获得 a_0 值和 a_j 值,即获取 a_0 值、 a_t 值、 a_e 值和 a_v 值,从而得到以 X_t 、 X_e 和 X_v 为变量的失效数优化公式。

[0096] 最后,对于不同的试验环境条件下的失效电容器,分别根据失效数优化公式获取试验时间为预设时间且失效数为1时的电压条件优化值,将电压条件优化值作为失效电压边界条件。

[0097] 失效数优化公式中,失效数为1能够较为准确地划定电容器开始出现失效的条件。在试验环境条件和预设时间一定的情况下,能够通过失效数优化公式较为准确地确定在一定试验环境条件下电容器退化的电压边界条件,建立试验环境条件与失效电压边界条件的一一对应关系,作为界定电容器失效的复合应力失效模型,能够较为准确地划定一定的试验环境条件下电容器因复合应力发生失效的电压边界条件。

[0098] 在一些可能的实施方案中,预设时间为恒流充电时间最短的电容器对应的试验完成时间,保证确定得到的电压边界条件能够在较短时间内实现应力筛选。当然,在本申请的实施例中,预设时间也可以根据实际筛选或者应用的需求进行选择。

[0099] 需要说明的是,在本申请中,S3步骤中的(a)、(b)并不表示步骤实施的先后顺序,S3(a)步骤可以在S3(b)步骤之前实施,S3(a)步骤也可以和S3(b)步骤同时开始实施,S3(a)步骤还可以在S3(b)步骤之后实施。

[0100] 关于S4步骤:

[0101] 考虑到电压条件越接近退化电压边界条件时,在避免出现筛选应力的同时,能够通过施加更大的应力作用实现更好的筛选效果。

[0102] 可选地,根据实际情况选择接近或等于退化电压边界条件的电压条件作为电压应力条件,保证达到更好的应力筛选效果。

[0103] 以下结合实施例对本申请的特征和性能作进一步的详细描述。

[0104] 一种电容器的筛选应力的选择方法,包括:

[0105] S1.选取CAK45-E-16V-47 μ F-K和CAK45-C-25V-10 μ F-K两个规格的电容器各500只。CAK45-E-16V-47 μ F-K电容器的形成电压为71V,额定电压U为25V;CAK45-C-25V-10 μ F-K电容器的形成电压为101V,额定电压U为16V。

[0106] 将CAK45-E-16V-47 μ F-K电容器记为A1,将A1电容器分为10组,每组50只电容器,依次对应10组不同的预设条件进行恒流充电,试验样品代号依次为A101、A102、A103、A104、A105、A106、A107、A108、A109和A110。将CAK45-C-25V-10 μ F-K电容器记为A2,将A2电容器分为10组,每组50只电容器,依次对应10组不同的预设条件进行恒流充电,试验样品代号依次为A201、A202、A203、A204、A205、A206、A207、A208、A209和A210。各组试验电容器的组别及试验条件如表1所示。

[0107] 表1. 试验电容器的组别及试验条件

试验组	试验样品代号	预设条件			试验完成时间 (h)	
		试验电压	试验环境条件			
			试验温度 (°C)	试验湿度		
[0108]	1	A101/ A201	1.0U	85	室内空气 湿度	1920
	2	A102/ A202	1.2U	85	室内空气 湿度	1920
	3	A103/ A203	1.4U	85	室内空气 湿度	1920
	4	A104/ A204	1.0U	125	室内空气 湿度	1680
	5	A105/ A205	1.2U	125	室内空气 湿度	1680
[0109]	6	A106/ A206	1.4U	125	室内空气 湿度	1200
	7	A107/ A207	1.0U	175	室内空气 湿度	1200
	8	A108/ A208	1.2U	175	室内空气 湿度	960
	9	A109/ A209	1.2U	85	85%RH	960
	10	A110/ A210	1.4U	85	85%RH	960

[0110] S2. 每隔240h对每个电容器的漏电流进行测量得到漏电流参数。在检测时,保持电容器所处的试验环境条件与恒流充电试验过程中相同,使用相同的仪表和相同的测试方法进行电容器额定直流电压漏电流测量,在120s时通过采用专人专机的方式读取漏电流值。

[0111] 根据漏电流参数将出现短路现象或者漏电流超过标准值的电容器划分为失效电容器,其余电容器划分为正常电容器。对于漏电流超过标准值的电容器,以下将通过具体示例进行说明。

[0112] A101组中的2号样品为失效电容器,出现了个别氧化膜明显缺陷的情况,即钽电容器本身自愈机理已无法对试验过程电应力的损伤进行修复,因此出现了漏电流持续上涨的

情况。

[0113] 请参阅图3,图3为A101组电容器中的2号样品的漏电流趋势图。通过图3可以看出,A101组中的2号样品的漏电流基本呈线性上升,其劣化速度要大于修复速度。

[0114] 图4为未剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器以公式I进行非线性拟合的非线性回归图;图5为未剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器公式I进行非线性拟合的非线性残差图;图6为剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器以公式I进行非线性拟合的非线性回归图;图7为剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,对A101组电容器公式I进行非线性拟合的非线性残差图。

[0115] 通过图4和图5可以看出,在未剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,拟合较不合理。通过图6和图7可以看出,在剔除A101组电容器中的2号样品的情况下,拟合较合理。说明将失效电容器剔除后,对A101组正常电容器进行拟合能够得到更可靠的敏感参数退化模型。

[0116] A102组的3号样品为失效电容器,请参阅图8,图8为A102组电容器中的3号样品的漏电流趋势图。通过图8可以看出,A102组电容器中的3号样品在试验960h时,漏电流从0.187 μ A急剧上升至0.741 μ A,之后又逐步下降,但是无法靠自愈机理修复至突然变化前。

[0117] 图9为剔除A102组电容器中的3号样品的情况下,对A102组电容器以公式I进行非线性拟合的非线性回归图;图10为剔除A102组电容器中的3号样品的情况下,对A102组电容器公式I进行非线性拟合的非线性残差图。

[0118] 通过图9和图10可以看出,在剔除A102组电容器中的3号样品的情况下,拟合较合理。说明将失效电容器剔除后,对A102组正常电容器进行拟合能够得到更可靠的敏感参数退化模型。

[0119] 需要说明的是,在本申请的图4~7和图9~10中,是为了显示简洁清楚,将接近的点整合为一个点,其引用的数据为检测得到的所有对应的数据。

[0120] 对不同组别的试验电容器的失效情况进行统计,其结果如表2所示。

[0121] 表2. 试验电容器的失效情况统计

试验组	失效总数量
1	0

[0123]	2	0
	3	1
	4	1
	5	2
	6	12
	7	10
	8	38
	9	19
	10	66

[0124] 注:需要说明的是,由于钽电容器的自愈机理,因此对于漏电流异常增大但是在后续反复测量和持续老化后漏电流又降至标准值的样品,不计入失效总数量。例如A101组电容器中的2号样品和A102组电容器中的3号样品,因此试验组1和试验组2中的失效总数量均为0。

[0125] S3(a).以公式I为基础公式,分别对A101、A102、A103、A201、A202和A203等各组电容器中的正常电容器的漏电流参数和对应的试验时间进行非线性拟合,并通过高斯-牛顿算法迭代出最优参数而计算获得 α 值拟合结果和 β 值拟合结果。将各组电容器中的正常电容器的 α 值拟合结果、 β 值拟合结果和电压数据进行统计,以A101、A102、A103、A201、A202和A203组的电容器作为示例,其结果如表3所示。

[0126] 表3.正常电容器非线性拟合结果及电压数据

试验样品代 号	α 值拟合结 果	β 值拟合结果	试验电 压 (V)	形成电 压 (V)	试验电压条 件
A201	-3.27365	-0.00015686	25	101	0.2475
A202	-3.29973	-1.337e-006	30	101	0.2970
A203	-3.25786	0.000237681	35	101	0.3465
A101	-2.17572	-0.000251401	16	71	0.2254
A102	-1.88896	-0.000338343	19.2	71	0.2704
A103	-2.03436	-0.00033324	22.4	71	0.3155

[0129] 对相同的试验环境条件下的正常电容器的 β 值拟合结果与试验电压条件进行线性拟合,得到 β 值线性拟合公式。

[0130] 其中,A101、A102、A103、A201、A202和A203组的电容器的试验环境条件均相同,其试验温度为85℃,试验湿度为室内空气湿度。以该试验环境条件作为示例,对A101、A102、A103、A201、A202和A203组中的 β 值拟合结果与试验电压条件进行线性拟合。得到试验温度

为85℃且试验湿度为室内空气湿度的试验环境条件下,β值拟合结果与试验电压条件的线性拟合关系图,如图11所示。

[0131] 根据图11可以确定,试验温度为85℃且试验湿度为室内空气湿度的试验环境条件下,β值线性拟合公式为 $\beta = -0.000966 + 0.002911 * X$ 。其中,X为试验电压条件,即为试验电压与电容器形成电压的比值。

[0132] 根据β值线性拟合公式获取β值为0时试验电压条件的电压条件拟合值,将电压条件拟合值作为退化电压边界条件。

[0133] 结合图11和β值线性拟合公式,试验温度为85℃且试验湿度为室内空气湿度的试验环境条件下,β值为0时,试验电压条件为0.3318。按照相同的方法对所有组别的电容器的退化电压边界条件进行确认,其结果如表4所示。

[0134] 表4. 不同试验环境条件下的退化电压边界条件

[0135]	试验环境条件		退化电压边界条件
[0136]	试验温度 (°C)	试验湿度	
	85	室内空气湿度	0.3318
	125	室内空气湿度	0.3136
	175	室内空气湿度	0.2440
	85	85%RH	0.2782

[0137] S3(b).以公式II为基础公式,将失效电容器的预设条件及对应的漏电流参数代入公式II,并通过高斯-牛顿算法迭代出最优参数而计算获得 a_0 值、 a_t 值、 a_e 值和 a_v 值。得到的结果中, $a_0 = -12.7693$, $a_t = 0.00137589$, $a_e = 0.00164497$, $a_v = 34.7825$ 。因此,得到失效数优化公式如下:

$$[0138] \quad N(X_t, X_e, X_v) = e^{-12.7693 + 0.00137589X_t + 0.00164497X_e + 34.7825X_v}$$

[0139] 以最短的试验完成时间(960h)为预设时间,对于不同的试验环境条件下的失效电容器,分别根据失效数优化公式获取失效数为1时的电压条件优化值,将电压条件优化值作为失效电压边界条件,其结果如表5所示。

[0140] 表5. 不同试验环境条件下的失效电压边界条件

试验环境条件		预设时间 (h)	失效电压边界条件
试验温度 (°C)	试验湿度		
[0141] 85	室内空气湿度	960	0.3268
125	室内空气湿度	960	0.3124
175	室内空气湿度	960	0.2113
85	85%RH	960	0.2360

[0142] S4. 建立试验环境条件与退化电压边界条件的一一对应关系,作为界定电容器退化的敏感参数退化模型;建立试验环境条件与失效电压边界条件的一一对应关系,作为界定电容器失效的复合应力失效模型。

[0143] 请参阅图12,其示出了不同试验环境条件下敏感参数退化模型和复合应力失效模型的对比图。

[0144] 通过图12可以看出,敏感参数退化模型的电压边界条件在复合应力失效模型的电压边界条件之上。

[0145] 根据试验环境条件,对应地选择高于失效电压边界条件且不高于退化电压边界条件的电压条件作为电压应力条件。

[0146] 采用本申请实施例提供的电容器的筛选应力的选择方法进行应力选择然后进行产品筛选,筛选后的产品在后续使用未出现因欠筛选应力导致的早期失效反馈以及因过筛选应力出现的批次失效反馈。

[0147] 以上所描述的实施例是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。本申请的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本申请的范围,而是仅仅表示本申请的选定实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

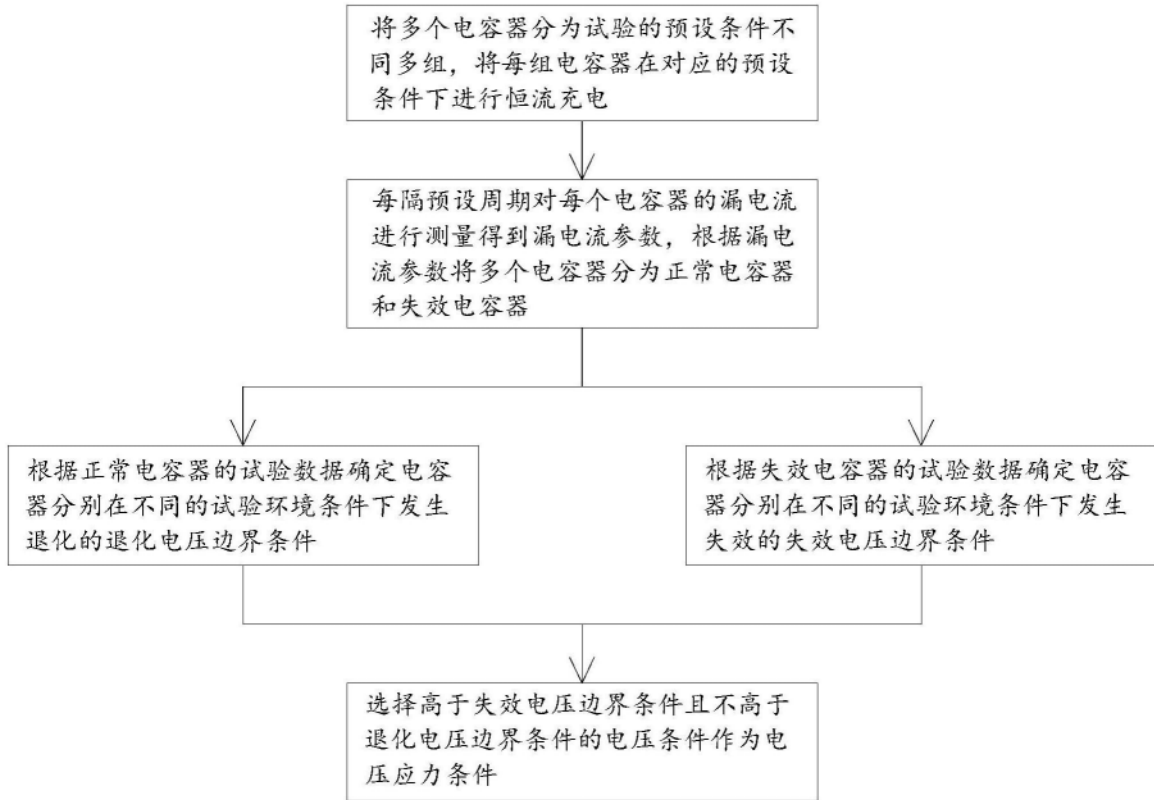


图1

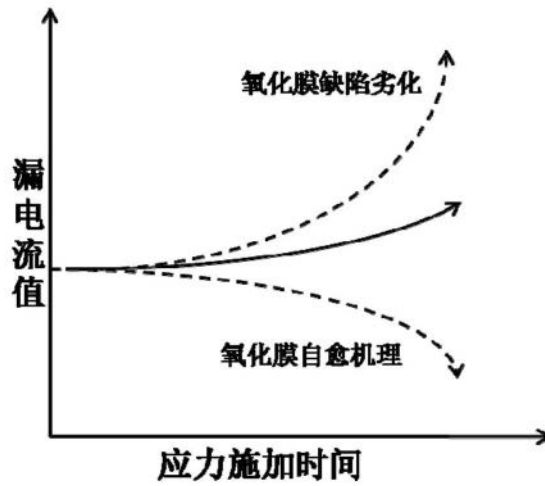


图2

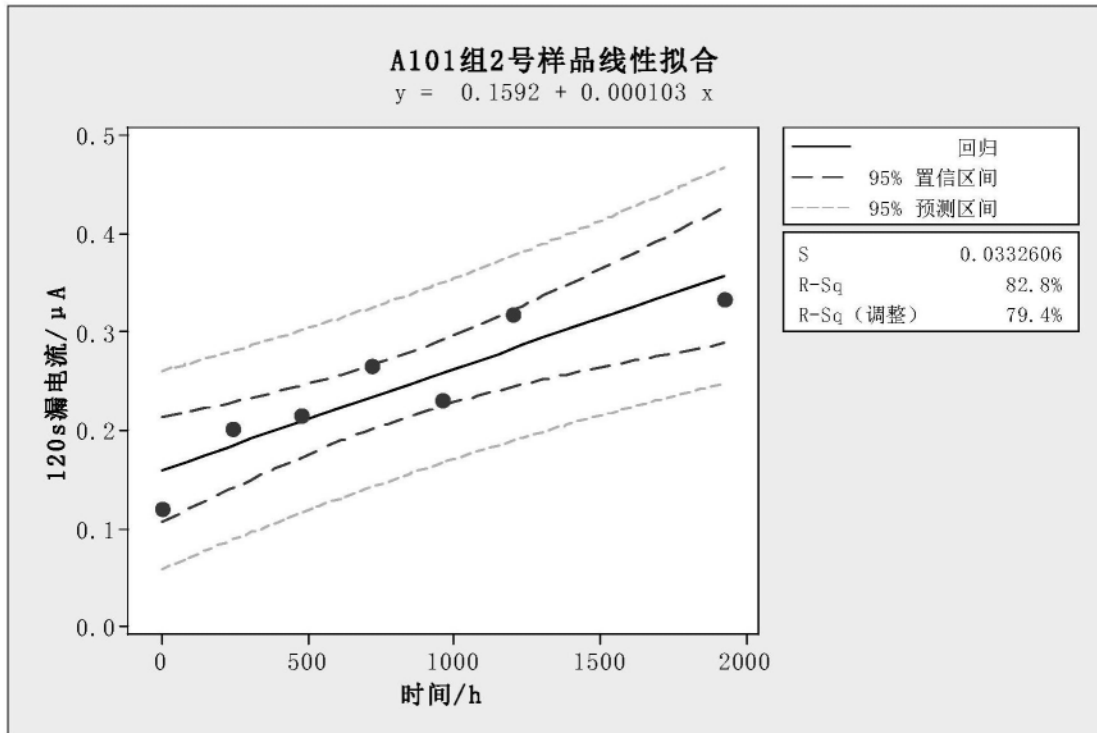


图3

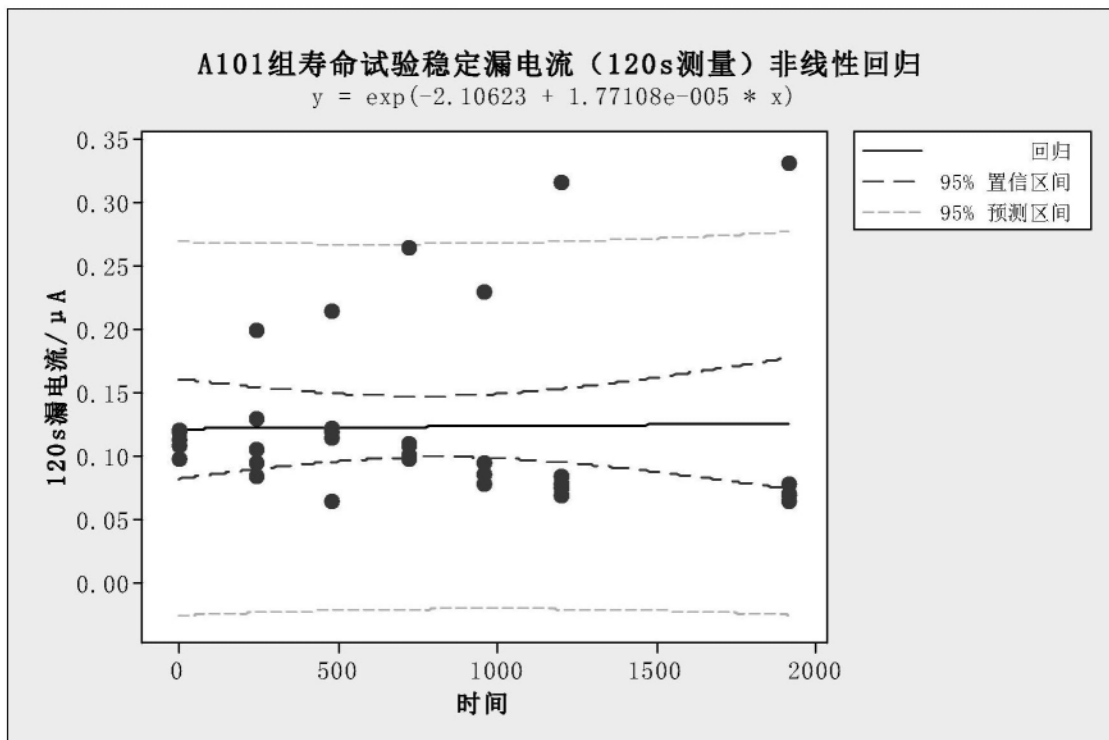


图4

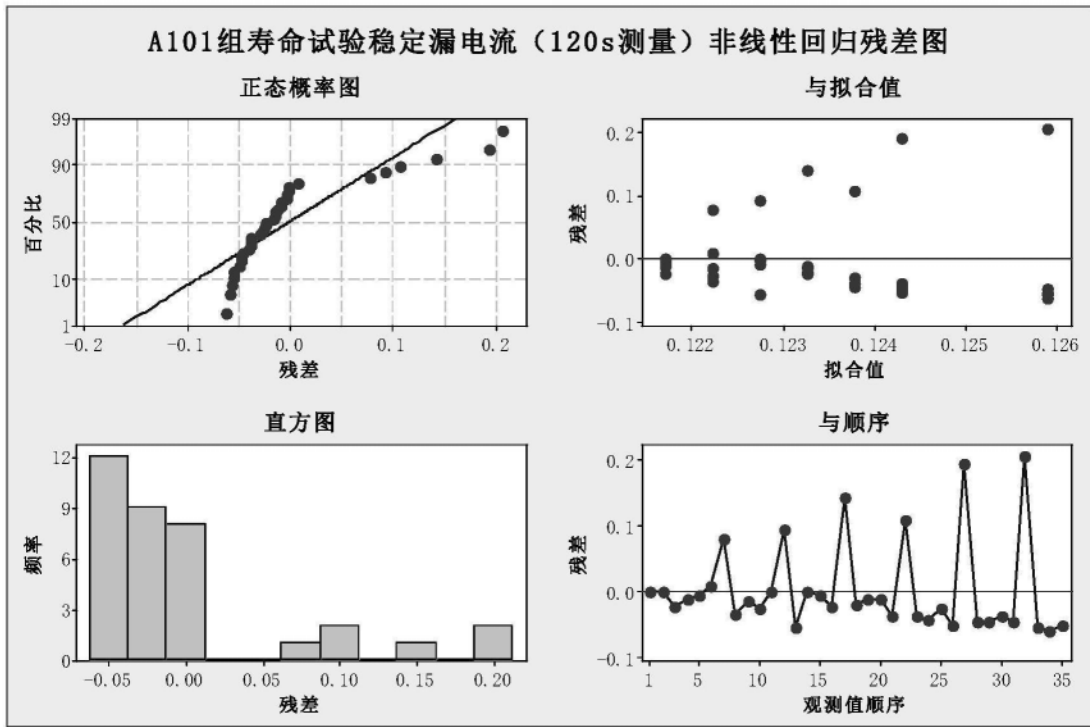


图5

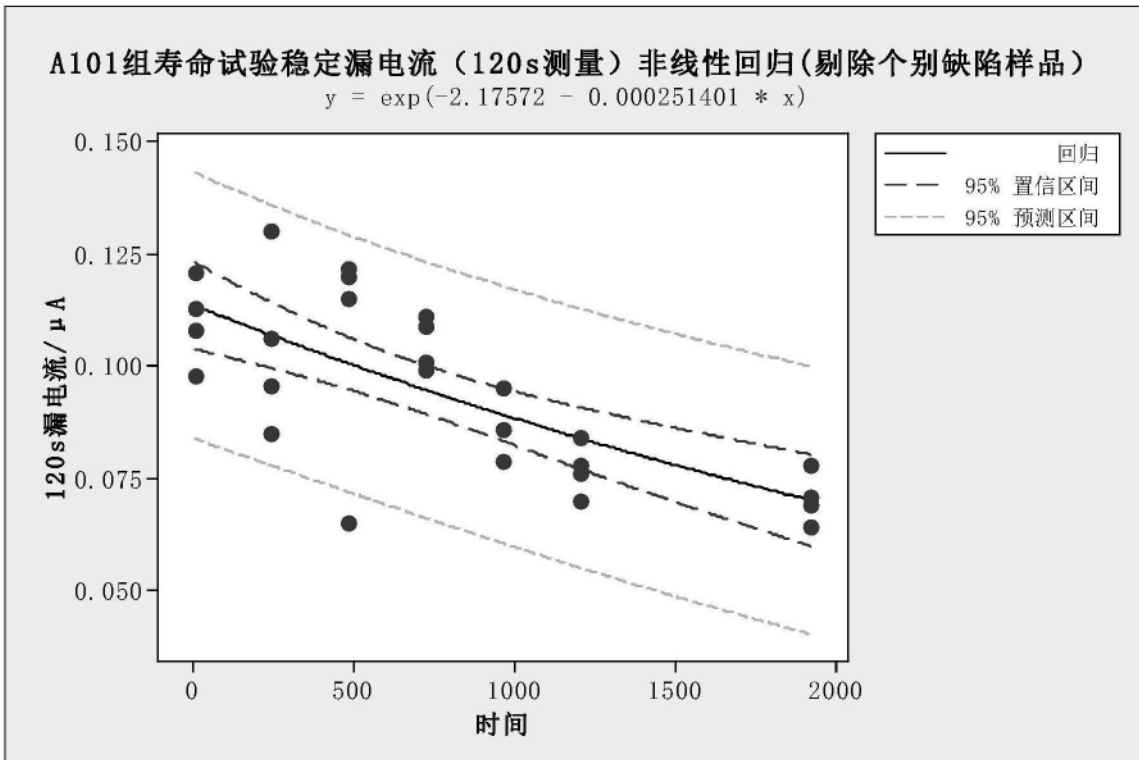


图6

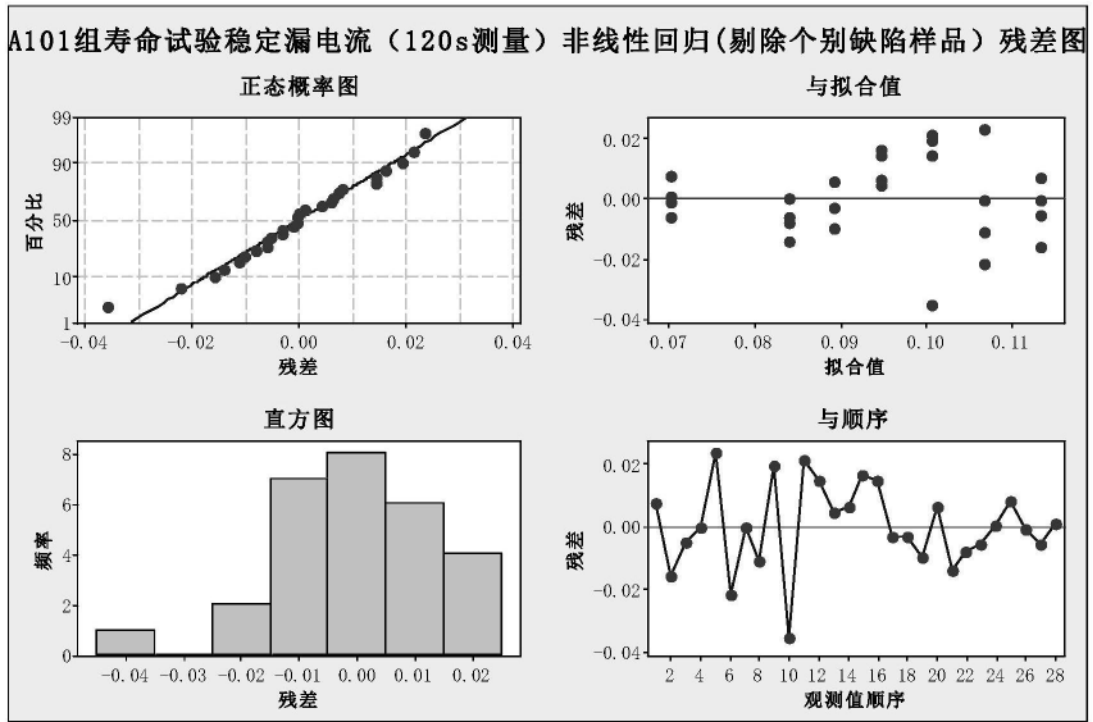


图7

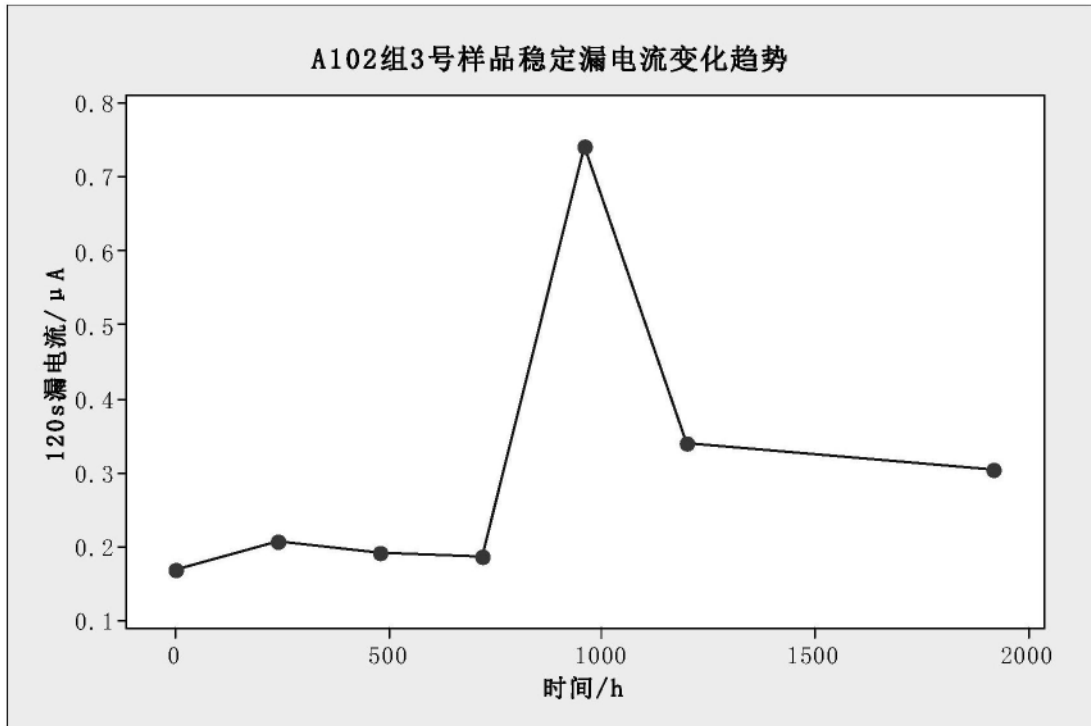


图8

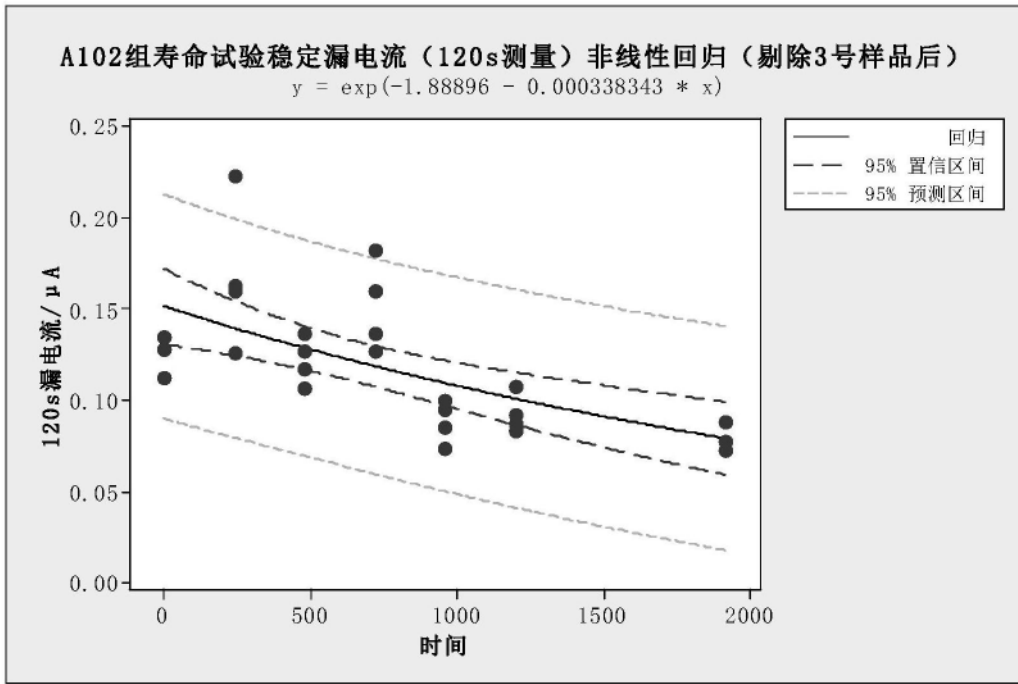


图9

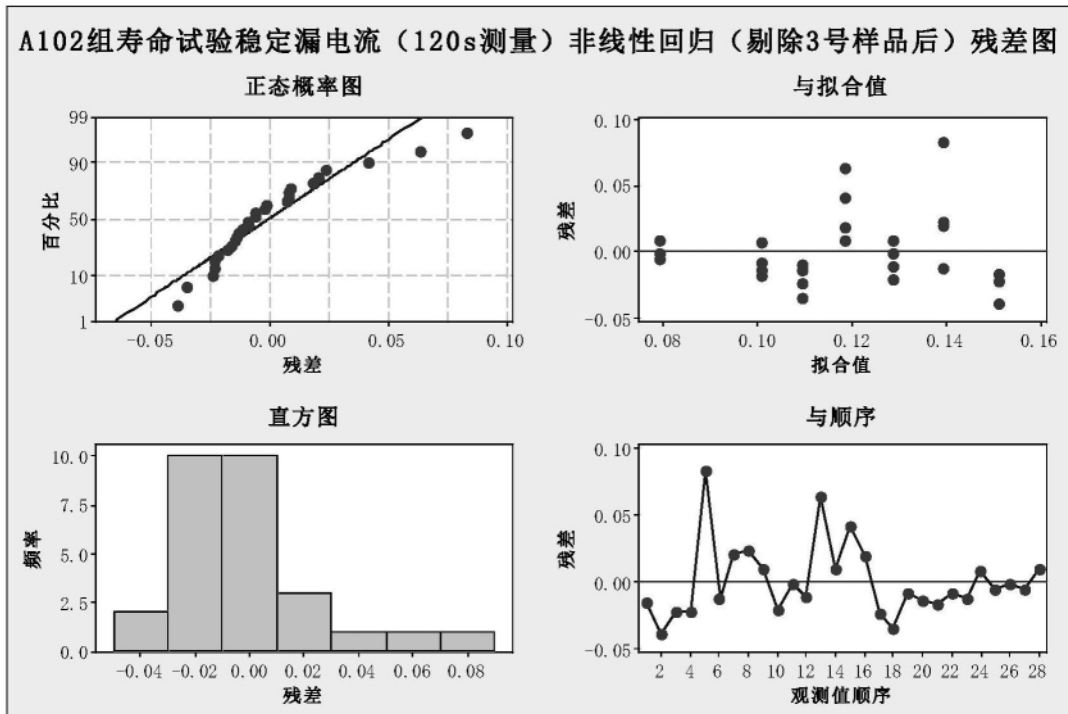


图10

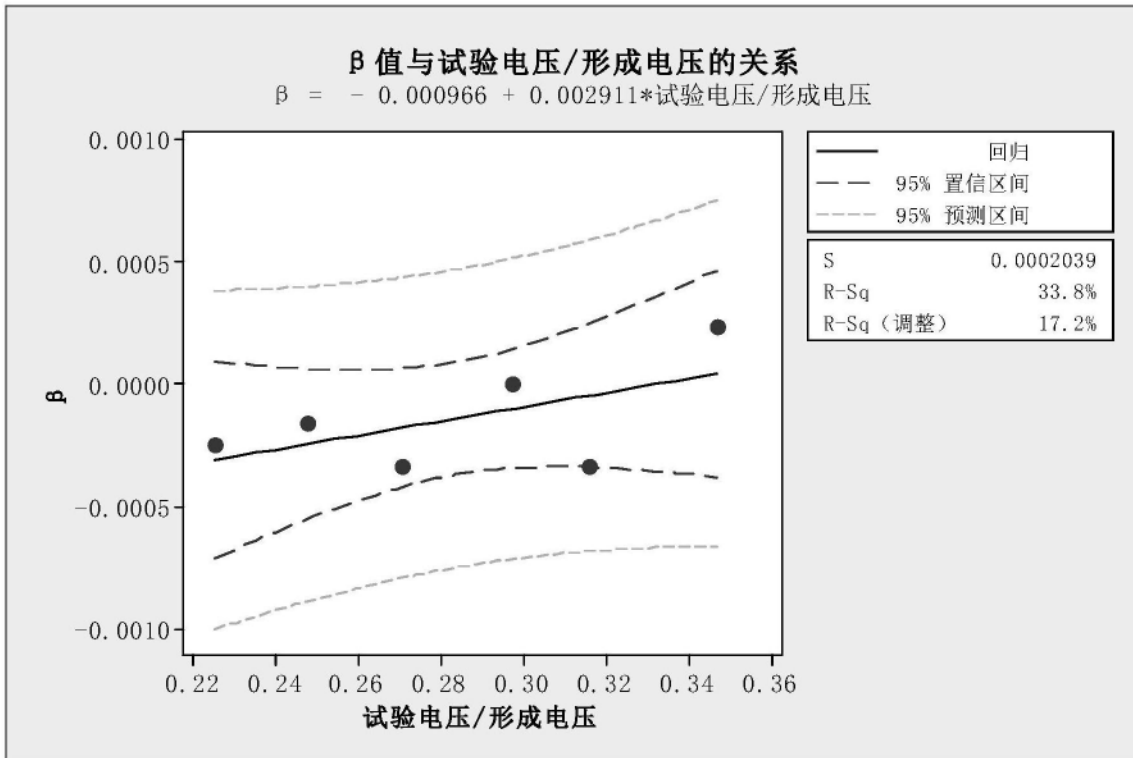


图11

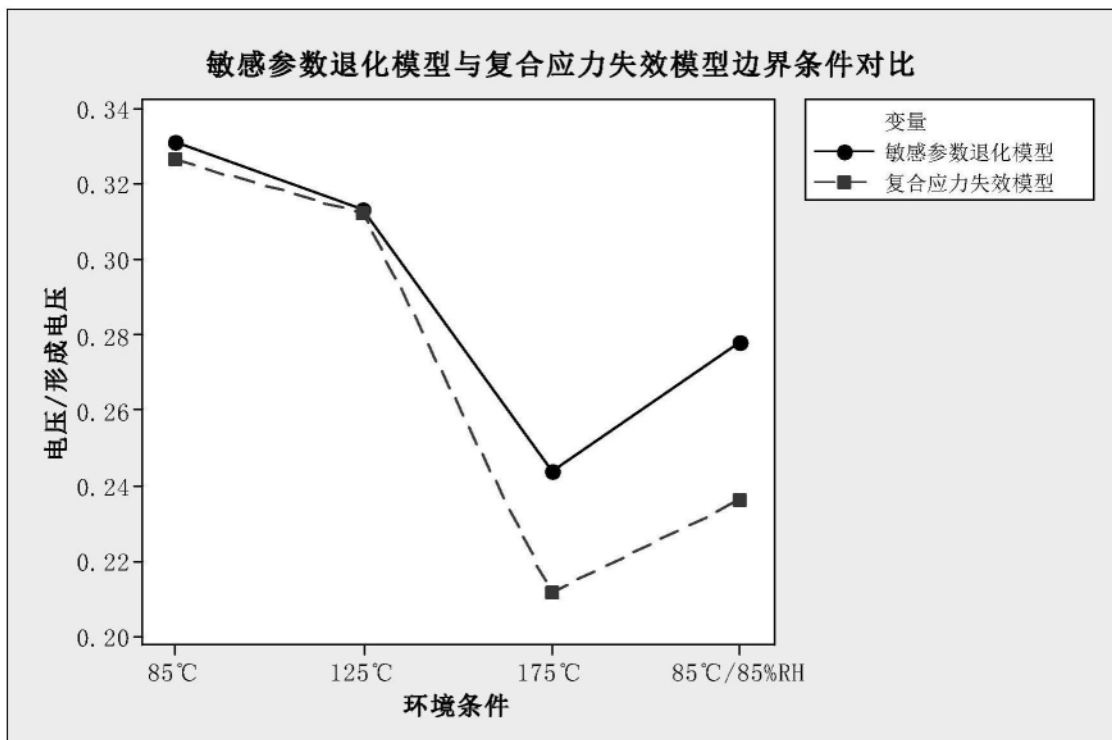


图12