



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109001598 A

(43)申请公布日 2018.12.14

(21)申请号 201810550603.7

(22)申请日 2018.05.31

(71)申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街
174号

(72)发明人 郝建 廖瑞金 杨丽君 但敏
邹润豪 冯大伟 廖强 赵学童
成立 李剑

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有
限公司 11275

代理人 赵荣之

(51)Int. Cl.

G01R 31/12(2006.01)

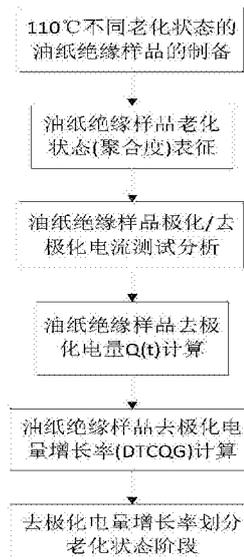
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种应用去极化电量增长率评估变压器油
纸绝缘老化状态的方法

(57)摘要

本发明涉及一种应用去极化电量增长率评
估变压器油纸绝缘老化状态的方法,属于油纸绝
缘老化状态评估技术领域,包含如下步骤:S1:制
备不同老化状态的油纸绝缘样品;S2:定期对油
纸绝缘样品进行聚合度测定;S3:进行油纸绝缘
样品的极化/去极化电流测试并分析计算出油纸
绝缘样品的去极化电量增长率;S4:将油纸绝缘
样品的去极化电量增长率与对应的聚合度进行
拟合,划分油纸绝缘样品的老化状态阶段。本发
明方法划分了去极化电量增长率与油纸绝缘聚
合度区间的对应关系,使得工程实际中评估变压
器油纸绝缘老化状态更加便捷。



1. 一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:该方法包含如下步骤:

S1:制备不同老化状态的油纸绝缘样品;

S2:定期对油纸绝缘样品进行聚合度测定;

S3:进行油纸绝缘样品的极化/去极化电流测试并分析计算出油纸绝缘样品的去极化电量增长率;

S4:将油纸绝缘样品的去极化电量增长率与对应的聚合度进行拟合,划分油纸绝缘样品的老化状态阶段。

2. 根据权利要求1所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:步骤S1具体为:

S11:对油纸绝缘样品进行真空干燥;

S12:将油纸绝缘样品装入装有绝缘油的热容量瓶中,并装入经过干燥后的绝缘纸板;

S13:将热容量瓶放在氮气操作箱中进行抽真空,并填充氮气至一个标准大气压并对热容量瓶进行密封;

S14:将密封好的热容量瓶放入老化箱中进行加速老化。

3. 根据权利要求2所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:所述油纸绝缘样品包含铜条,所述铜条上绕有10层厚度为75 μ m的绝缘纸,绕制在铜条上的绝缘纸与所述绝缘纸板为同种绝缘纸。

4. 根据权利要求3所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:步骤S12中,干燥环境设定为90 $^{\circ}$ C/50Pa,干燥后的油纸绝缘样品的绝缘纸的初始水分含量为2%,绝缘油的初始水分含量为13mg/kg,所述绝缘纸板用于调节热容量瓶中的油纸比例,装入经过干燥后的绝缘纸板后满足,油纸比例达到10:1。

5. 根据权利要求2所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:步骤S14中,老化箱加速老化的温度为110 $^{\circ}$ C。

6. 根据权利要求3所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:步骤S3中,包含如下步骤:

S31:定期取出老化好的油纸绝缘样品在常温下密封静止两个月;

S32:取出油纸绝缘样品,并在油纸绝缘样品绕有绝缘纸的外层绕制三段铝箔,其中中间段铝箔作为测量低压电极,剩下两段作为地电极;

S33:将制作好的油纸绝缘样品放入1000mL玻璃筒中,并加入400mL的与油纸绝缘样品一起老化的绝缘油;

S34:将各电极连接至测量仪器,进行测量;

S35:计算油纸绝缘样品在测试时间内的去极化电量,并根据去极化电量计算出去极化电量的增长率。

7. 根据权利要求6所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:所述测量仪器为PDC-Analyser-1MOD测量仪,极化/去极化的测试时间设定为5000s,测量电压值设定 $U_0 = 200V$,测试温度满足 $T = 27 \pm 0.1^{\circ}C$ 。

8. 根据权利要求7所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,其特征在于:步骤S35中,所述去极化电量按照公式:

$$Q(t) = \int_1^{5000} I_{dep}(t) dt$$

其中, $Q(t)$ 表示老化 t 时间后油纸绝缘样品的去极化电量, $I_{dep}(t)$ 为老化 t 时间后油纸绝缘样品的去极化电流。

9. 根据权利要求8所述的一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法, 其特征在于: 步骤S35中, 去极化电量的增长率满足:

$$DTCQG = \frac{Q_{DPt} - Q_{DP0}}{Q_{DP0}}$$

其中, DP_t 表示油浸渍绝缘纸老化时间 t 时的聚合度, DP_0 是油浸渍绝缘纸聚合度的初始值, Q_{DPt} 表示在聚合度 DP_t 处的去极化电量, Q_{DP0} 表示 DP_0 处的去极化电量。

一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法

技术领域

[0001] 本发明属于油纸绝缘老化状态评估技术领域,涉及一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法。

背景技术

[0002] 变压器是各种高压电气设备中最重要的设备,也是变电站的核心设备,它的运行状况直接关系到电力系统的安全运行。由于电力变压器自身的造价十分昂贵,因此电力变压器事故所带来的损失往往是巨大的。据统计,由变压器内部绝缘劣化导致的故障占变压器故障总数的一半以上。因此,利用现代技术和分析手段对变压器的绝缘老化状态进行评估,可对电网的安全、稳定运行具有重要意义。

[0003] 变压器内绝缘主要由绝缘油和绝缘纸或纸板构成的复合绝缘组成,在长期运行过程中受到各种老化因素的影响逐渐发生老化,导致绝缘的电气和机械性能下降。目前变压器内使用的绝缘油主要分为矿物油、天然酯、混合油这三大类,使用的绝缘纸主要是天然纤维素绝缘纸。矿物油为电力变压器中应用最广泛的绝缘油,但其闪点、燃点和水饱和度低,生物降解性差。天然酯具有高闪点、高生物降解率以及良好的电气性能等优点,用天然酯代替矿物油作为电力设备的绝缘油越来越受到国内外研究者的关注。

[0004] 自上世纪90年代起,美国、西欧和日本等国家和地区相继开发出天然酯产品,并成功应用于变压器。据不完全统计,天然酯变压器在国外已有超过十年、五十万台的应用经验,单台天然酯变压器电压等级和容量最大达到420kV/300MVA。国内于本世纪初开始天然酯的研究,目前已有110kV天然酯变压器研制成功并挂网试运行。随着天然酯相关研究的深入和绿色电网发展水平的提升,天然酯变压器将会逐渐得到推广应用。与矿物油变压器同等重要,天然酯变压器也急需一种有效的方法针对其油纸绝缘老化状态进行评估。

[0005] 针对油纸绝缘老化状态的检测与评估,目前国际公认的传统判据有:油中溶解气体分析、油中糠醛含量和绝缘纸聚合度。由于变压器中途滤油等各种因素的影响,油品化学参量测试结果无法可靠反映绝缘状况。虽然聚合度最能真实反映油纸绝缘的老化程度,但测量聚合度需要对变压器进行放油吊罩,在绕组中几处有代表性的部位进行取样,实施起来困难较大,还会对绝缘造成损伤。考虑到上述几种方法在诊断变压器绝缘老化状态时存在不足,寻找能够有效反映变压器绝缘老化状态的新特征量及评估技术日渐受到国内外学者和工程技术人员的高度重视。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,划分了去极化电量增长率与聚合度的对应区间,用于对变压器的绝缘老化状态进行评估。

[0007] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种应用去极化电量增长率评估变压器油纸绝缘老化状态的方法,该方法包含如下步骤:

[0009] S1:制备不同老化状态的油纸绝缘样品;

[0010] S2:定期对油纸绝缘样品进行聚合度测定;

[0011] S3:进行油纸绝缘样品的极化/去极化电流测试并分析计算出油纸绝缘样品的去极化电量增长率;

[0012] S4:将油纸绝缘样品的去极化电量增长率与对应的聚合度进行拟合,划分油纸绝缘样品的老化状态阶段。

[0013] 进一步,步骤S1具体为:

[0014] S11:对油纸绝缘样品进行真空干燥;

[0015] S12:将油纸绝缘样品装入装有绝缘油的热容量瓶中,并装入经过干燥后的绝缘纸板;

[0016] S13:将热容量瓶放在氮气操作箱中进行抽真空,并填充氮气至一个标准大气压并对热容量瓶进行密封;

[0017] S14:将密封好的热容量瓶放入老化箱中进行加速老化。

[0018] 进一步,所述油纸绝缘样品包含铜条,所述铜条上绕有10层厚度为75 μ m的绝缘纸,绕制在铜条上的绝缘纸与所述绝缘纸板为同种绝缘纸。

[0019] 进一步,步骤S12中,干燥后的油纸绝缘样品的绝缘纸的初始水分含量为2%,绝缘油的初始水分含量为13mg/kg,所述绝缘纸板用于调节热容量瓶中的油纸比例,装入经过干燥后的绝缘纸板后满足,油纸比例达到10:1。

[0020] 进一步,步骤S14中,老化箱加速老化的温度为110 $^{\circ}$ C。

[0021] 进一步,步骤S3中,包含如下步骤:

[0022] S31:定期取出老化好的油纸绝缘样品在常温下密封静止两个月;

[0023] S32:取出油纸绝缘样品,并在油纸绝缘样品绕有绝缘纸的外层绕制三段铝箔,其中中间段铝箔作为测量低压电极,剩下两段作为地电极;

[0024] S33:将制作好的油纸绝缘样品放入1000mL玻璃筒中,并加入400mL的与油纸绝缘样品一起老化的绝缘油;

[0025] S34:将各电极连接至测量仪器,进行测量;

[0026] S35:计算油纸绝缘样品在测试时间内的去极化电量,并根据去极化电量计算出去极化电量的增长率。

[0027] 进一步,所述测量仪器为PDC-Analyser-1MOD测量仪,极化/去极化的测试时间设定为5000s,测量电压值设定 $U_0=200V$,测试温度满足 $T=27\pm 0.1^{\circ}C$ 。

[0028] 进一步,步骤S35中,所述去极化电量按照公式:

$$[0029] \quad Q(t) = \int_1^{5000} I_{dep}(t) dt$$

[0030] 其中, $Q(t)$ 表示老化t时间后油纸绝缘样品的去极化电量, $I_{dep}(t)$ 为老化t时间后油纸绝缘样品的去极化电流。

[0031] 进一步,步骤S35中,去极化电量的增长率满足:

$$[0032] \quad DTCQG = \frac{Q_{DP_t} - Q_{DP_0}}{Q_{DP_0}}$$

[0033] 其中, DP_t 表示油浸渍绝缘纸老化时间 t 时的聚合度, DP_0 是油浸绝缘纸聚合度的初始值, Q_{DP_t} 表示在聚合度 DP_t 处的去极化电量, Q_{DP_0} 表示 DP_0 处的去极化电量。

[0034] 本发明的有益效果在于:本发明方法划分了去极化电量增长率与油纸绝缘聚合度区间的对应关系,使得工程实际中评估变压器油纸绝缘老化状态更加便捷。

附图说明

[0035] 为了使本发明的目的、技术方案和有益效果更加清楚,本发明提供如下附图进行说明:

[0036] 图1为本发明流程图;

[0037] 图2为本发明实施例油纸绝缘试品加速热老化流程图;

[0038] 图3为本发明实施例油纸绝缘样品绕制铝箔示意图;

[0039] 图4为本发明实施例油纸绝缘样品的去极化电流曲线,其中a为矿物油,b为天然脂;

[0040] 图5为本发明实施例油纸绝缘样品的去极化电荷量曲线,其中a为矿物油,b为天然脂;

[0041] 图6为本发明实施例油纸绝缘样品的老化状态阶段划分示意图。

具体实施方式

[0042] 下面将结合附图,对本发明的优选实施例进行详细的描述。

[0043] 如图1所示,本发明具体包含如下步骤:

[0044] 1、为了获得不同老化状态的油纸绝缘样品,根据图2所示热老化流程图进行制备。首先在绝缘油中装入绕组,绕组的铜条两侧,绕有10层厚度为 $75\mu\text{m}$ 的普通纤维素绝缘纸,绕组的长宽依次为 $12\text{cm} \times 2.8\text{cm}$,如图3所示;并装入预先干燥好的纸板,使油纸比例达到 10:1。然后,将样品在氮气操作箱中先抽真空再进行充氮至一个标准大气压密封;将密封后的烧瓶放入 110°C 老化箱中进行加速热老化(测得的油浸绝缘纸初始水分含量 2%,绝缘油初始水分含量 $13\text{mg}/\text{kg}$)。

[0045] 室温下密封静置两个月的老化绕组在进行极化/去极化电流的测试前,如图3所示,在绕组外层缠绕3段铝箔,中间段铝箔作为PDC测量的低压电极,两边的铝箔用铜线连接作为地电极,裸露的铜板作为高压电极。将制作好的试品放入 1000ml 圆柱形玻璃筒中,装入 400ml 与绕组试品共同老化的绝缘油,然后将绕组试品的各电极分别由铜线引出连接到PDC仪器上进行测量。

[0046] 2、进行油纸绝缘样品老化状态表征

[0047] 本实施例选用聚合度来表征绝缘纸的老化程度,它具有测量精度高,重复性好以及反映老化程度精确等优点,是描述绝缘纸老化的最理想的参数。本实施例进过定期去老化绝缘油纸样品测得矿物油浸纸和天然酯浸纸的聚合度(DP)为表1所示。

[0048] 表1不同老化阶段油纸绝缘样品的聚合度(DP)

[0049]

老化时间 (天)	矿物油-纸样品 DP	天然酯-纸样品 DP
t_1	1168	1168
t_2	652	785
t_3	466	576
t_4	331	484
t_5	257	363

[0050] 3、进行油纸绝缘样品极化/去极化电流测试及分析

[0051] 对不同老化状态的绝缘样品进行极化/去极化电流的测量,测量极化/去极化电流的仪器是 PDC-Analyser-1MOD测量仪。极化/去极化的测试时间选择为5000s,测量电压值为 $U_0=200V$,测试温度 $T=27\pm 0.1^\circ C$ 。测量结果显示不同老化状态的绝缘样品的去极化电流与老化状态之间比极化电流与老化状态之间更具有规律可循,因此选择去极化电流进行分析。不同老化状态的矿物油-纸和植物油-纸样品的去极化电流如图4所示,其中a表示矿物油-纸绝缘样品,b表示天然酯-纸绝缘样品。

[0052] 4、进行油纸绝缘样品的去极化电量计算及分析

[0053] 根据式(1)计算 t ($1\leq t\leq 5000s$)时间段内的去极化电量,该量的变化率能够有效地反映绝缘样品的老化状态。

$$[0054] \quad Q(t) = \int_1^{5000} I_{dep}(t) dt \quad (1)$$

[0055] 不同老化状态的矿物油-纸绝缘和植物油-纸绝缘样品的去极化电量如图5所示,其中,a表示矿物油-纸绝缘样品,b表示天然酯-纸绝缘样品。

[0056] 5、进行油纸绝缘样品的去极化电量增长率的计算

[0057] 去极化电量的增长率可由式(2)计算获得,

$$[0058] \quad DTCQG = \frac{Q_{DP_t} - Q_{DP_0}}{Q_{DP_0}} \quad (2)$$

[0059] 其中, DP_t 是油浸渍绝缘纸老化时间 t 时的聚合度(DP)值, DP_0 是油浸渍绝缘纸聚合度的初始值, Q_{DP_t} 表示在聚合度 DP_t 处的去极化电量(5000s), Q_{DP_0} 表示 DP_0 处的去极化电量(5000s)。

[0060] 6、进行去极化电量增长率划分老化状态阶段

[0061] 根据去极化电量增长率,绘制去极化电量增长率与油浸渍绝缘纸聚合度之间的关系曲线,将老化阶段分为四个阶段,即第一阶段 $DP>800$,第二阶段 $800>DP>600$,第三阶段 $600>DP>400$,第四阶段 $DP<400$ 。绘制去极化电量增长率与矿物油-纸和天然酯-纸样品的老化状态区间的关系曲线,如图6所示,去极化电量增长率(DTCQG)可以用来划分油纸绝缘的老化区间,本实施例进一步编制了矿物油-纸和天然酯-纸的去极化电荷增长率与绝缘老化状态的对应表,如表2所示。

[0062] 表2矿物油-纸绝缘和天然酯-纸绝缘的去极化电量增长率与绝缘老化状态区间的对应关系

聚合度	天然酯-纸的去极化电荷增长率	矿物油-纸的去极化电荷增长率
优: 1200-800	0~0.25	0~0.35
良: 800-600	0.25~0.7	0.35~0.75
中: 600-400	0.7~1.4	0.75~1.75
差: 400-200	>1.4	>1.75

[0063] 根据去极化电流计算不同老化状态的油纸绝缘样品的去极化电量,并计算去极化电量增长率(DTCQG);最后绘制去极化电量增长率与变压器油纸绝缘老化状态的关系曲线,以此得到去极化电量增长率与变压器油纸绝缘老化状态等级的对应关系。本发明方法划分了去极化电量增长率与油纸绝缘聚合度区间的对应关系,使得工程实际中评估变压器油纸绝缘老化状态更加便捷。

[0064] 本发明首先制备不同老化状态的油纸绝缘样品,对其进行去极化电流测试。其次,根据去极化电流计算不同老化状态的油纸绝缘样品的去极化电量,并计算去极化电量增长率(DTCQG);最后绘制去极化电量增长率与变压器油纸绝缘老化状态的关系曲线,以此得到去极化电量增长率与变压器油纸绝缘老化状态等级的对应关系。本发明方法划分了去极化电量增长率与油纸绝缘聚合度区间的对应关系,使得工程实际中评估变压器油纸绝缘老化状态更加便捷。

[0065] 最后说明的是,以上优选实施例仅用以说明发明的技术方案而非限制,尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述,但本领域技术人员应当理解,可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变,而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

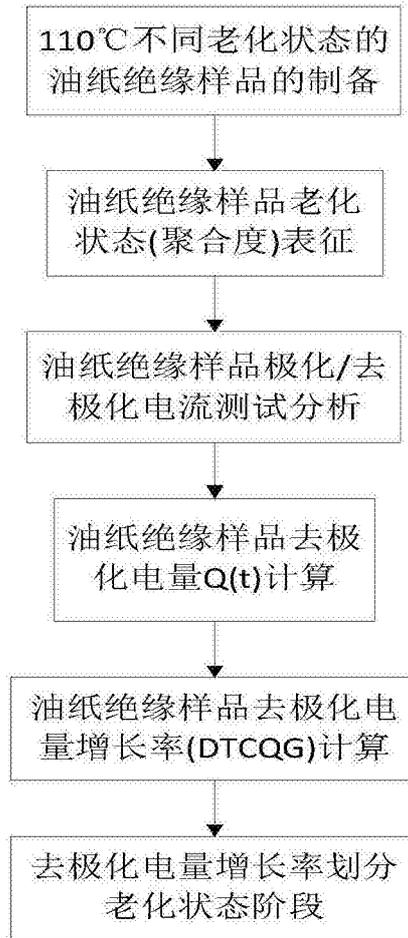


图1

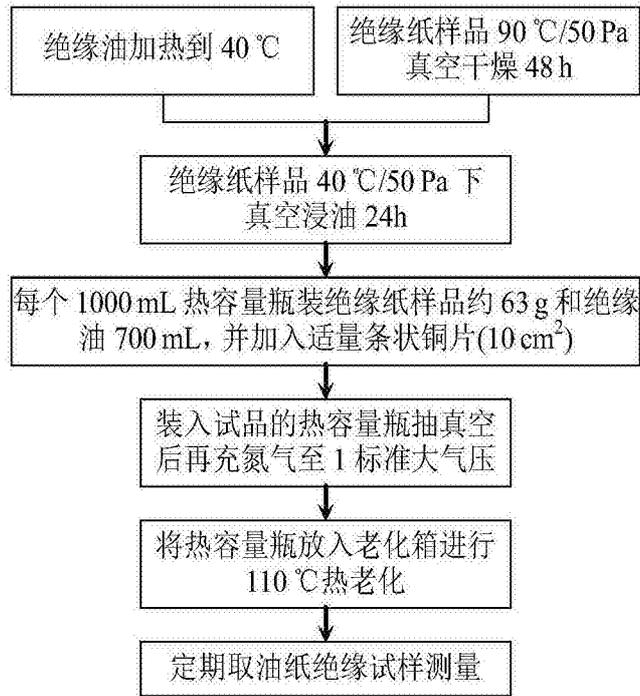


图2

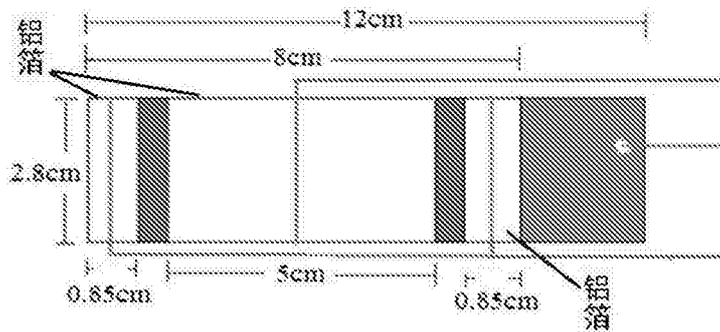


图3

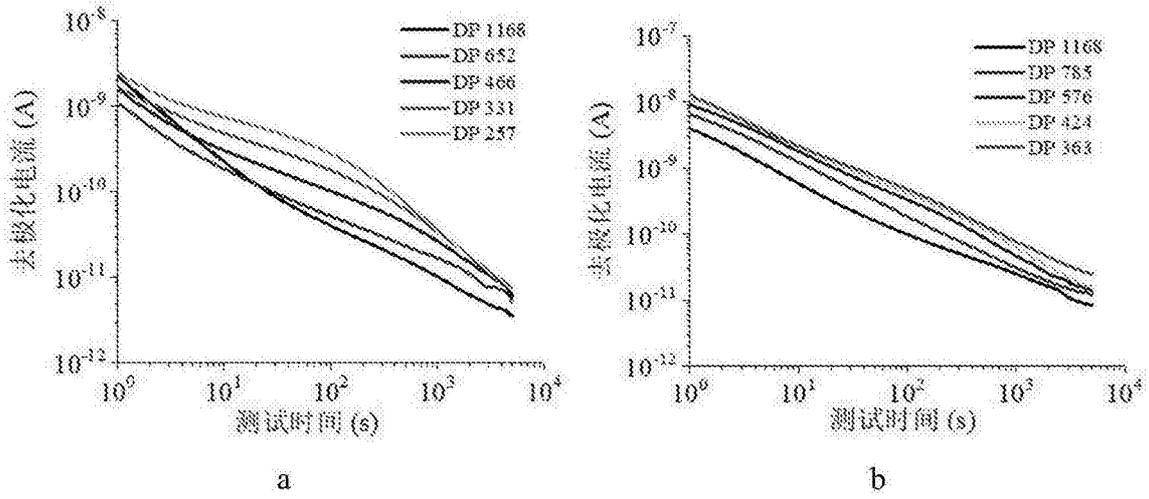


图4

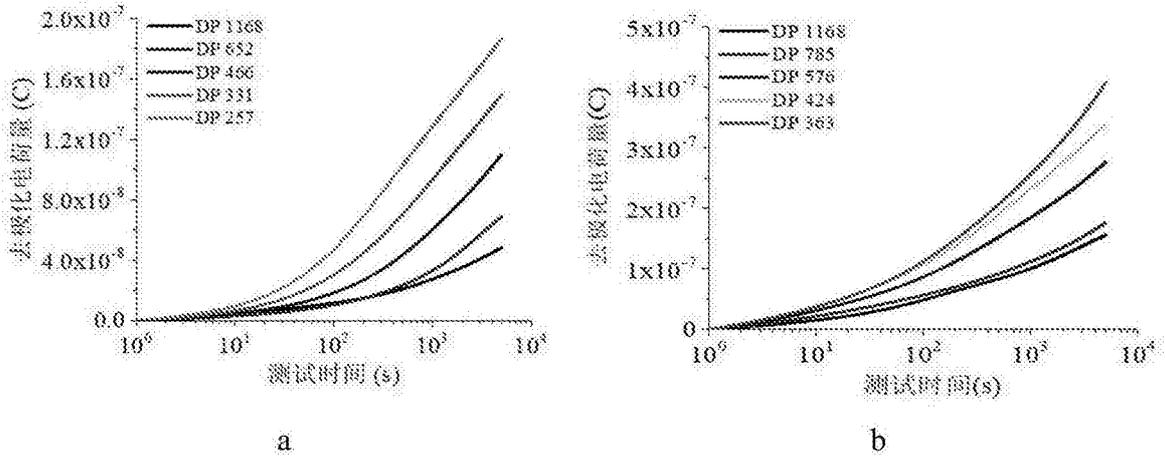


图5

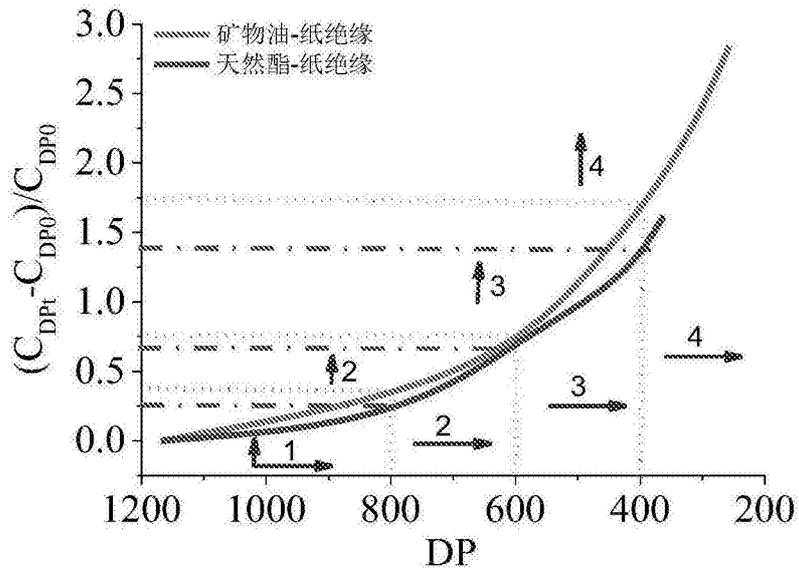


图6