



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103901276 B

(45)授权公告日 2016.09.07

(21)申请号 201210579571.6

(22)申请日 2012.12.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103901276 A

(43)申请公布日 2014.07.02

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9
号中国石油大厦

(72)发明人 于会民 马书杰 张绮 郭春梅
王会娟 王鹏

(74)专利代理机构 北京华沛德权律师事务所
11302

代理人 刘杰

(51)Int.Cl.

G01R 27/14(2006.01)

(56)对比文件

CN 201926732 U,2011.08.10,

CN 101349727 A,2009.01.21,

CN 101713721 A,2010.05.26,

CN 102628819 A,2012.08.08,

CN 102735959 A,2012.10.17,

CN 101713810 A,2010.05.26,

CN 101957423 A,2011.01.26,

US 2011/0084716 A1,2011.04.14,

NL 1030618 C2,2007.06.11,

文华等.变压器油纸绝缘频域介电谱特性的
XY模型仿真及试验研究.《高电压技术》.2012,第
38卷(第8期),

王世强等.纸板的老化状态对其PDC特性影
响的实验研究.《中国电机工程学报》.2011,第31
卷(第34期),

审查员 李妍臻

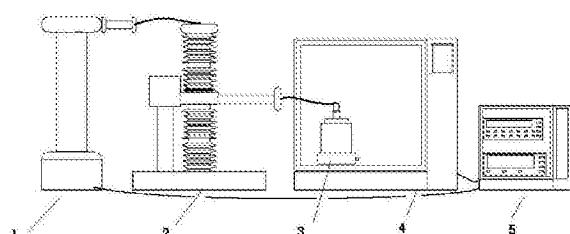
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种在高压直流电场检测油纸电导率的测
量设备及方法

(57)摘要

本发明涉及一种在高压直流电场检测油纸
电导率的测量设备及方法,包括120kV直流高
压发生器、高压开关系统、高压电极杯、高低温
试验箱、控制系统;其特征在于:控制系统通过
通信线与120kV直流高压发生器和高低温试验
箱相连进行控制,120kV高压直流发生器通过保
护电阻与高压开关系统的高压输入端相连,高压
开关系统的高压输出端与高压电极杯的高压接
线杆相连,高压电极杯的检流计接线端通过保
护电阻与控
制系统的微电流计相连,控制系统与高压开关系
统之间通过无线系统进行信号传输;高压电极杯
放置在可控制温度的高低温试验箱内,本设备可
单独检测变压器油和绝缘纸板的电导率,也可
以在变压器油中检测绝缘纸板的电导率。



1. 一种在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备,包括120kV直流高压发生器、高压开关系统、高压电极杯、高低温试验箱和控制系统;其特征在于:控制系统通过通信线与120kV直流高压发生器和高低温试验箱相连进行控制,120kV直流高压发生器通过保护电阻与高压开关系统的高压输入端相连,高压开关系统的高压输出端与高压电极杯的高压接线杆相连,高压电极杯的检流计接线端通过保护电阻与控制系统的微电流计相连,控制系统与高压开关系统之间通过无线系统进行信号传输;高压电极杯放置在可控制温度的高低温试验箱内。

2. 如权利要求1所述的在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备,所述的高压开关系统包括:高压输入端、无线控制箱、绝缘支柱、接地底座、150kV充电高压继电器、绝缘连接套、高压输出端、保护电阻和150kV放电高压继电器;其特征在于:高压输入端安装在150kV充电高压继电器的上端,150kV充电高压继电器的下端和150kV放电高压继电器的上端通过保护电阻与高压输出端相连,150kV放电高压继电器的下端接连在接地底座上,无线控制箱通过安装在接地底座上的绝缘支柱的支撑固定到绝缘连接套的侧面,绝缘连接套用于固定150kV充电高压继电器、150kV放电高压继电器和保护电阻。

3. 如权利要求1所述的在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备,所述高压电极杯包括:高压接线杆、锁定旋片、定位旋片、间隙调节片、高压电极固定旋筒、容器外筒、高压平板电极、低压平板电极、高压保护圆筒电极、O型密封圈、底座、温度传感器、屏蔽圆筒电极和检流计接线端;高压保护圆筒电极穿过底座中心固定在底座上,屏蔽圆筒电极固定在高压保护圆筒电极底端,低压平板电极固定在高压保护圆筒电极内中心,温度传感器固定在高压保护圆筒电极外底座上;容器外筒旋在底座上,在底座的螺丝扣底部套有O型密封圈密封;高压电极固定旋筒旋在容器外筒上端,高压接线杆穿过高压电极固定旋筒中心,高压接线杆位于高压电极固定旋筒外部分依次套上间隙调节片和定位旋片和锁定旋片;高压平板电极安装在高压接线杆位于高压电极固定旋筒内部分的端部;检流计接线端装在低压平板电极的最底部。

4. 如权利要求1所述的在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备,所述控制系统包括微电流计、120kV直流高压发生器控制箱和综合控制箱;其特征在于:综合控制箱通过通信电线分别与微电流计、120kV直流高压发生器控制箱和高低温试验箱相连,综合控制箱通过无线信号与高压开关系统通信;综合控制箱具有设定试验温度、直流高压值、直流高压的极性、充电时间和放电时间及微电流的采集和记录的功能。

5. 一种检测油纸电导率的测量方法,其特征在于:应用权利要求3所述的在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备检测油纸电导率,其步骤如下:

步骤一、首先,对高压电极杯的各部件进行清洗、干燥和组装,在低压平板电极上放置绝缘纸板,绝缘纸板要经过真空干燥处理;

步骤二、用取样器量取处理后的变压器油,注入高压电极杯内且浸没高压平板电极,安装高压平板电极压在绝缘纸板上,固定位置;

步骤三、将高压电极杯放置于高低温试验箱内,高压电极杯的高压接线杆通过高压开关系统的高压输出端 保护电阻及150kV充电高压继电器与120kV直流高压发生器相连,高压电极杯的检流计接线端与控制系统中微电流计相连;

步骤四、在控制系统的综合控制箱上,设置直流电压的极性、电压、充电时间和放电时

间,在微电流计上设置记录时间,在高低温试验箱上设置温度,开始测试试验;

步骤五、记录试验时间后样品的充电电流或放电电流值,其中电流的单位为A;按照如下公式计算电导率:

$$\sigma = 1/U_x \cdot h/A \cdot I_s;$$

式中:

σ ——电导率,S/m;

U_x ——施加电压值,V;

h ——绝缘纸板厚度,m;

A ——检测电极有效面积, m^2 ;

I_s ——稳定的电流值,A。

一种在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备及方法,属于变压器油的绝缘性检测技术领域。

背景技术

[0002] 近年来,我国直流输电工业已经进入大电网、特高压电网的发展时期,相继建成±500kV、±660kV和±800kV特高压直流输电工程。换流变压器是直流输电工程中极其重要的输变电设备,其行业发展与电力工业的整体发展密切相关。国内换流变压器行业通过引进国外先进技术,使产品品种、水平及高电压变压器容量都有了大幅度提高。运行中换流变压器主要承受高电压、雷电冲击和操作过电压的长周期作用,因此作为换流变压器中主要绝缘材料的变压器油和绝缘纸板除应具备较好的抗电压击穿性能外,还应具备较低直流电场下的电导率,即较高的电阻率,电导率与电阻率互成倒数关系。

[0003] 目前,国内外用于评价变压器油电阻率标准方法有GB/T5654(等效于IEC60247)、DL/T421、ASTM D1169等标准,其原理是在直流电场强度为250~500V/mm下,测量1分钟内的电导电流,换算得到绝缘油的体积电阻率;GB/T21216(等效于IEC61620)原理是在直流电场强度为10~100V/mm下,测量1分钟内的电导电流,换算得到绝缘油的体积电导率。用于评价绝缘纸板电阻率标准方法有GB/T1410、IEC60093、ASTM D257等标准,其原理是在直流电压为500~1000V下,测量电导电流,计算出绝缘材料的体积电阻率。现有标准方法在直流电场强度约为250~1000V/mm下考察变压器油或绝缘纸板的电阻率,而换流变压器设计中,油纸绝缘体系统承受的直流电场强度为2kV/mm~20kV/mm。现有标准方法试验的条件与换流变压器油纸的实际工况相差较大,不能真实反应变压器油和绝缘纸板在实际直流电场强度下的电导性能。目前,国内没有测量变压器油和绝缘纸板复合体系下电导率的测量设备和方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种在高压直流电场强度下考察变压器油、绝缘纸板或油纸体系电导率的测量装置和方法。

[0005] 其技术原理为:变压器油在高温下,在绝缘纸板存在条件下,快速施加直流高电压,直流电场强度达到为2kV/mm~20kV/mm,进行充电,充电一定周期后,快速断开直流高电压,并快速接地,直至电流为零,停止测试,在整个充电和放电过程中,记录低压电极上的电流值,快速充电时产生极化电流值和稳定时期电流值的高低表明变压器油的电导性能,即变压器油的绝缘性能好坏。

[0006] 本发明所述的在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备,包括120kV直流高压发生器、高压开关系统、高压电极杯、高低温试验箱、控制系统。控制系统通过通信线与120kV直流高压发生器和高低温试验箱相连进行控制,120kV直流高压发生器通过保护电阻与高压开关系统的高压输入端相连,高压开关系统的高压输出端与高压电极杯高压端相

连,高压电极杯低压端通过保护电阻与控制系统的微电流计相连,控制系统与高压开关系统之间通过无线系统进行信号传输;高压电极杯放置在可控制温度的试验箱内。

[0007] 高压开关系统由高压输入端、无线控制箱、绝缘支柱、接地底座、上150kV充电高压继电器、绝缘连接套、高压输出端、保护电阻和下150kV放电高压继电器组成,高压输入端安装在150kV充电高压继电器上端,150kV充电高压继电器下端和150kV放电高压继电器的上端通过保护电阻与高压输出端相连;150kV放电高压继电器的下端接连在接地底座上,无线控制箱通过安装在接地底座上的绝缘支柱的支撑固定到绝缘连接套侧面,绝缘连接套用于固定150kV充电高压继电器、150kV放电高压继电器和保护电阻;由于150kV充电高压继电器的下端输出端通常直接用于连接接地,控制线路与输出端的绝缘距离只能承受220V或380V工频电压,不能直接用于100kV高压输出,因此,要实现100kV高压的通断,采用高压悬浮电位技术,即,把充电高压继电器的下端输出端和控制线路与大地之间采用绝缘支撑,绝缘距离大于150kV直流电压,控制线路的供电和控制,就不能采用传统的导线与电源直接连接方式,传统的导线与电源直接连接方式只能承受很低的电压(220V或380V),不能实现100kV直流高压通断,所以制造一种无线控制箱,无线控制箱通过安装在接地底座上的绝缘支柱,与大地绝缘距离大于150kV直流电压,无线控制箱中安装RLD110H型号无线信号接收电路板和供电用的蓄电池,用于给从充电高压继电器控制线路供电和控制,从而实现100kV直流高压的通断。

[0008] 高压电极杯由高压接线杆、锁定旋片、定位旋片、间隙调节片、高压电极固定旋筒、容器外筒、高压平板电极、低压平板电极、高压保护圆筒电极、O型密封圈、底座、温度传感器、屏蔽圆筒电极、检流计接线端组成;在底座上依次安装上高压保护圆筒电极、屏蔽圆筒电极、低压平板电极和温度传感器,在底座螺丝扣底部套上O型密封圈,检流计接线端装在低压平板电极的最底部,将容器外筒旋在底座上,高压平板电极安装在高压接线杆上垂直放入容器外筒内,高压电极固定旋筒穿过高压接线杆旋在容器外筒上,在高压接线杆放上间隙调节片,依据锁定旋片和定位旋片,高压电极杯组装完成。

[0009] 控制系统由微电流计、120kV直流高压发生器控制箱和综合控制箱组成,综合控制箱通过通信电线分别与微电流计、120kV直流高压发生器控制箱和高低温试验箱相连,综合控制箱通过无线信号与高压开关系统通信。综合控制箱具有设定试验温度、直流高压值、直流高压的极性、充电时间和放电时间、微电流的采集和记录的功能。

[0010] 所述的一种在高压直流电场检测油纸电导率的试验方法,如下步骤:

[0011] 步骤一、首先,对高压电极杯的各部件进行清洗、干燥和组装,在低压平板电极上放置绝缘纸板,绝缘纸板要经过真空干燥处理;

[0012] 步骤二、用取样器量取处理后的变压器油,注入高压电极杯内且浸没平板高压电极,安装高压平板电极压在绝缘纸板上,固定位置。

[0013] 步骤三、将高压电极杯放置于高低温试验箱内,高压电极杯的高压接线杆通过高压开关系统的高压输出端、保护电阻、150kV充电高压继电器与120kV直流高压发生器相连,高压电极杯的检流计接线端与控制系统中微电流计相连;

[0014] 步骤四、在控制系统的综合控制箱上,设置直流电压的极性、电压、充电时间、放电时间,在微电流计上设置记录时间,在高低温试验箱上设置温度,开始测试试验;

[0015] 步骤五、记录试验时间后样品的充电电流或放电电流值(单位:A)。按照如下公式

计算电导率,(单位:S)。

[0016] $\sigma = 1/U_x \cdot h/A \cdot I_s$

[0017] 式中:

[0018] σ ——电导率,S/m;

[0019] U_x ——施加电压值,V;

[0020] h ——绝缘纸板厚度,m;

[0021] A ——检测电极有效面积, m^2 ;

[0022] I_s ——稳定的电流值,A;

[0023] 由于本发明在评定变压器油电导率测量采用上述技术方案,使其为评估特高压换流变压器用油的绝缘性能提供有利的技术支持。特别是本发明涉及的高压直流电场强度接近于实际换流变压器的电场强度。本发明所涉及的油纸体系电导率检测方式,不仅可以单独检测变压器油、绝缘纸板,还可以在变压器油中检测绝缘纸板的电导率,其检测结果对于指导特高压换流变压器的绝缘设计,具有重要的工程指导意义。

附图说明

[0024] 图1是本发明实施例的结构示意图。

[0025] 图中:1120kV直流高压发生器,2高压开关系统,3高压电极杯,4高低温试验箱,5控制系统。

[0026] 图2高压开关系统结构图。

[0027] 图中:6高压输入端,7无线控制箱,8绝缘支柱,9接地底座,10150kV充电高压继电器,11绝缘连接套,12高压输出端,13保护电阻,14150kV放电高压继电器。

[0028] 图3高压电极杯结构示意图。

[0029] 15高压接线杆,16锁定旋片,17定位旋片,18间隙调节片,19高压电极固定旋筒,20容器外筒,21高压平板电极,22低压平板电极,23高压保护圆筒电极,240型密封圈,25底座,26温度传感器,27屏蔽圆筒电极,28检流计接线端

[0030] 图4控制系统原理图。

[0031] 图5油纸电导率测量结果。

具体实施方式

[0032] 实施例1:

[0033] 以一次利用一种在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备,测量KI50X变压器油的油纸电导率为例,对本发明作进一步详细说明。

[0034] 参阅图1。一种在高压直流电场检测油纸电导率的测量设备,包括120kV直流高压发生器1、高压开关系统2、高压电极杯3、高低温试验箱4、控制系统5;控制系统5通过通信线与120kV直流高压发生器1和高低温试验箱4相连进行控制,120kV高压直流发生器1通过保护电阻与高压开关系统2的高压输入端6相连,高压开关系统2的高压输出端12与高压电极杯3的高压接线杆15相连,高压电极杯3的检流计接线端28通过保护电阻与控制系统5的微电流计相连,控制系统5与高压开关系统2之间通过无线系统进行信号传输;高压电极杯3放置在可控制温度的高低温试验箱4内。

[0035] 参阅图2。高压开关系统2包括：高压输入端6、无线控制箱7、绝缘支柱8、接地底座9、150kV充电高压继电器10、绝缘连接套11、高压输出端12、保护电阻13和150kV放电高压继电器14组成；高压输入端6安装在150kV充电高压继电器10的上端，150kV充电高压继电器10的下端和150kV放电高压继电器14的上端通过保护电阻13与高压输出端12相连，150kV放电高压继电器14的下端接连在接地底座9上，无线控制箱7通过安装在接地底座9上的绝缘支柱8的支撑固定到绝缘连接套11的侧面，绝缘连接套11用于固定150kV充电高压继电器10、150kV放电高压继电器14和保护电阻13。

[0036] 参阅图3。高压电极杯3包括：高压接线杆15、锁定旋片16、定位旋片17、间隙调节片18、高压电极固定旋筒19、容器外筒20、高压平板电极21、低压平板电极22、高压保护圆筒电极23、O型密封圈24、底座25、温度传感器26、屏蔽圆筒电极27和检流计接线端28；高压保护圆筒电极23穿过底座25中心固定在底座上，屏蔽圆筒电极27固定在高压保护圆筒电极23底端，低压平板电极22固定在高压保护圆筒电极23内中心，温度传感器26固定在高压保护圆筒电极23外底座25上；容器外筒20旋在底座25上，在底座25的螺丝扣底部套有O型密封圈24密封；高压电极固定旋筒19旋在容器外筒20上端，高压接线杆15穿过高压电极固定旋筒19中心，高压接线杆15位于高压电极固定旋筒19外部分依次套上间隙调节片18和定位旋片17和锁定旋片16；高压平板电极21安装在高压接线杆15位于高压电极固定旋筒19内部分的端部；检流计接线端28装在低压平板电极22的最底部。其体形能承受100kV正极性直流电压，而不发生沿面闪洛，其电极为圆形平板电极，直径最大可达100mm。

[0037] 参阅图4。控制系统，由微电流计、120kV直流高压发生器控制箱和综合控制箱组成，综合控制箱通过通信电线分别与微电流计、120kV直流高压发生器控制箱和高低温试验箱相连，综合控制箱通过无线信号与高压开关系统通信。综合控制箱具有设定试验温度、直流高压值、直流高压的极性、充电时间和放电时间、微电流的采集和记录的功能。

[0038] 高压直流电场检测油纸电导率的试验方法：

[0039] 步骤一、首先，对高压电极杯3的各部件进行清洗、干燥和组装，在直径为100mm的低压平板电极22上放置厚度为1mm直径为100mm的圆形绝缘纸板，圆形绝缘纸板要经过真空干燥处理；

[0040] 步骤二、用2000mL烧杯取处理后的KI 50X变压器油2000mL，注入高压电极杯3内，将高压平板电极21压在圆形绝缘纸板上，固定位置。

[0041] 步骤三、将高压电极杯3放置于高低温试验箱4内，高压电极杯3的高压接线杆15通过高压开关系统2的高压输出端12、保护电阻13、150kV充电高压继电器10与120kV直流高压发生器1相连，高压电极杯3的检流计接线端28与控制系统5中微电流计相连；

[0042] 步骤四、在控制系统5的综合控制箱上，设置直流电压的极性为正极性、电压为40kV、充电时间为3小时、放电时间为3小时，设置记录时间为6小时，设置高低温试验箱4的温度为90℃，开始测试试验；

[0043] 步骤五、记录试验时间6小时后样品的充电电流或放电电流值(单位:A)。按照如下公式计算电导率，(单位:S)。

$$\sigma = I_x \cdot h / A \cdot I_s \quad (1)$$

[0045] 式中：

[0046] σ ——电导率,S/m;

- [0047] U_x ——施加电压值,V;
- [0048] h ——绝缘纸板厚度,m;
- [0049] A ——检测电极有效面积, m^2 ;
- [0050] I_s ——稳定的电流值,A;
- [0051] 将 $U_x=40000V$; $h=0.001m$; $A=\pi/4 \cdot 0.01, m^2$; 代入公式(1)得到公式:
- [0052] $\sigma = 3.185 \times 10^{-6} \cdot I_s$ (2)
- [0053] 式中:
- [0054] σ ——电导率,S/m;
- [0055] I_s ——稳定的电流值,A;
- [0056] 将测量的电流值代入公式(2)中,可以得到绝缘纸板在变压器油中的电导率。

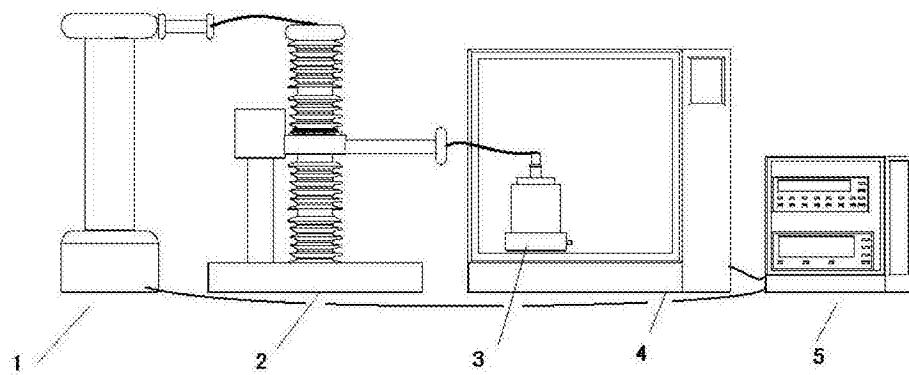


图1

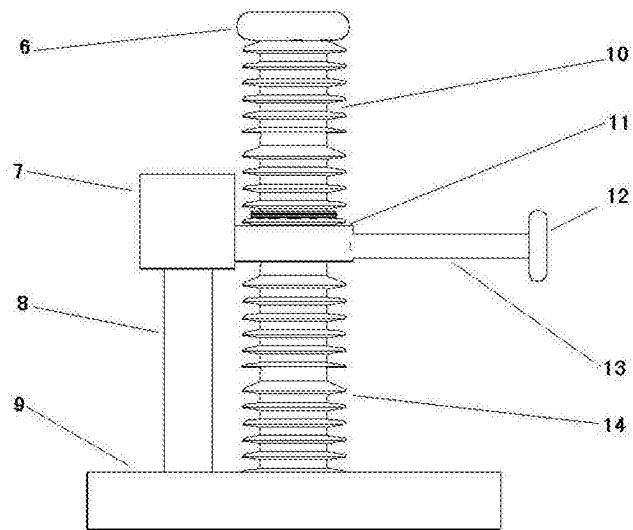


图2

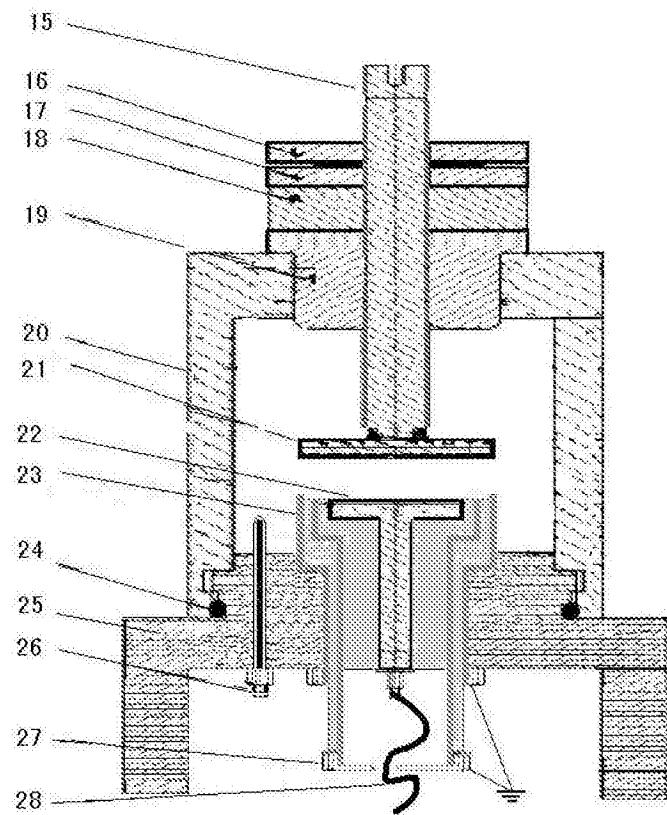


图3

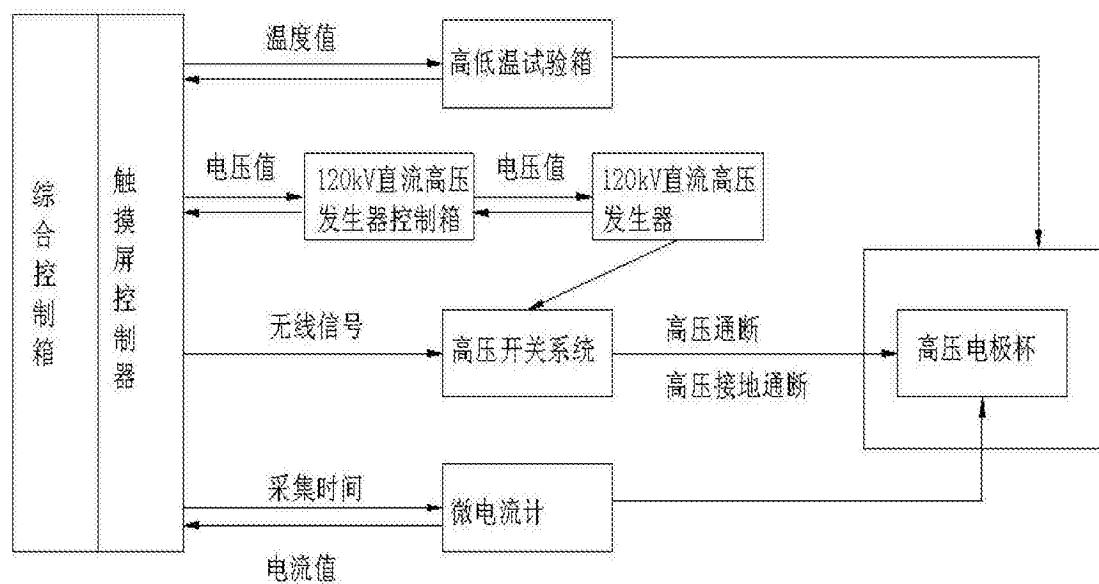


图4

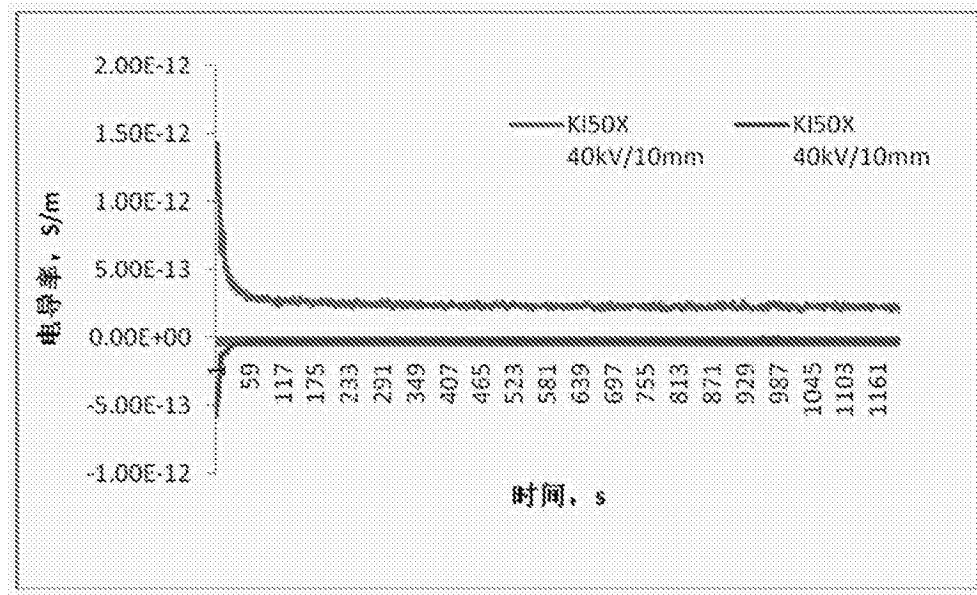


图5