



(21)申请号 201810690144.2

(22)申请日 2018.06.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108896882 A

(43)申请公布日 2018.11.27

(73)专利权人 四川大学
地址 610065 四川省成都市武侯区一环路
南一段24号

(72)发明人 龚薇 周凯

(74)专利代理机构 成都科海专利事务有限责任
公司 51202

代理人 吕建平

(51)Int.Cl.

G01R 31/12(2006.01)

(56)对比文件

CN 202903954 U,2013.04.24,

CN 104297647 A,2015.01.21,

CN 207424170 U,2018.05.29,

EP 2084548 A1,2009.08.05,

Min He et al..Test Device of Power
Frequency Voltage.《2014 International
Conference on Power System Technology》
.2014,

张小福.工频电压对污秽玻璃绝缘子冲击闪
络特性影响的研究.《中国优秀硕士学位论文全
文数据库 工程科技II辑》.2014,(第6期),

黄文武 等.人工污秽绝缘子工频下叠加雷
电冲击的闪络特性研究.《高压电器》.2005,第41
卷(第1期),

审查员 王雅萍

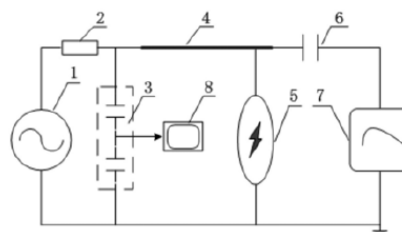
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络
影响因素评估方法

(57)摘要

本发明公开了一种冲击和工频叠加电压下
架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,通过工频
电压产生单元将工频电压施加于架空线路上,再
通过冲击电压产生单元将冲击电压施加于架空
线路上,模拟架空线路遭受雷击、操作等过电压
的情况,再现架空线路运行的实际复杂工况;不
仅能够较好地模拟自然环境下绝缘子的覆冰情
况,还可以模拟架空线路在不同地区污秽等级工
况下覆冰闪络故障,从而得出冲击闪络电压与形
成覆冰绝缘子表面冰层的盐溶液电导率之间的
关系,对覆冰闪络影响因素进行评估,找出最薄
弱的环节,以最容易闪络的闪络电压为电力系统
设计提供基础数据和意见。



1. 一种冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于按照以下步骤进行:

S11, 利用电导率为 $M_i \mu\text{S}/\text{cm}$ 的盐溶液在绝缘子表面形成设定厚度冰层得到覆冰绝缘子 R_i , M_i 表示第 i 种盐溶液的电导率, R_i 表示第 i 种盐溶液在绝缘子表面形成设定冰层厚的覆冰绝缘子, $i=1, 2, 3, \dots, n$, n 为不同电导率盐溶液的种类总数;

S12, 将工频电压产生单元高压端和冲击电压产生单元高压端分别与架空线路两端连接, 工频电压产生单元低压端和冲击电压产生单元低压端分别接地; 将覆冰绝缘子 R_i 悬挂端安装于杆塔顶端, 承力端接入架空线路; 杆塔底部通过接地线接地; 电容分压器两端并联于工频电压产生单元两端, 电容分压器低压臂与数据采集器的信号输入端连接, 组装成覆冰闪络模拟装置;

S13, 利用工频电压产生单元向步骤S12架空线路施加电压, 直至发生工频闪络, 得到第 i 种盐溶液覆冰绝缘子 R_i 发生工频闪络的电压最小值 $U_{i(\min)}$;

S14, 重复步骤S11-S13得到不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生工频闪络的电压最小值 $U_{1(\min)}$ 、 $U_{2(\min)}$ 、 $U_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{n(\min)}$, 以 $U_{1(\min)}$ 、 $U_{2(\min)}$ 、 $U_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{n(\min)}$ 中最小值作为工频闪络的电压最小值 $U_{\min}$;

S15, 利用冲击电压产生单元向步骤S12架空线路施加电压, 直至发生冲击闪络, 得到第 i 种盐溶液覆冰绝缘子 R_i 发生冲击闪络的电压最小值 $U'_{i(\min)}$;

S16, 重复步骤S11、S12、S15得到不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生冲击闪络的电压最小值 $U'_{1(\min)}$ 、 $U'_{2(\min)}$ 、 $U'_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{n(\min)}$, 以 $U'_{1(\min)}$ 、 $U'_{2(\min)}$ 、 $U'_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{n(\min)}$ 中最小值作为冲击闪络的起始电压幅值 $U'_{\min}$;

S17, 对不同电导率盐溶液在绝缘子表面形成的相同设定厚度冰层的覆冰绝缘子, 利用工频电压产生单元向架空线路施加工频电压, 其有效值小于发生工频闪络的电压最小值 $U_{\min}$ 电压, 然后利用冲击电压产生单元向架空线路施加冲击电压, 工频电压不变, 冲击电压起始电压幅值为 $U'_{\min}$, 逐次按 $10\% U'_{\min}$ 递增, 直至闪络, 记录不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压 U'_i ;

S18, 以盐溶液的电导率为横坐标, 不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压为纵坐标, 绘制电导率和冲击闪络电压 U'_i 的二维坐标曲线。

2. 根据权利要求1所述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于所述步骤S11中覆冰绝缘子的制备包括以下步骤:

S111, 配制电导率为 $M_i \mu\text{S}/\text{cm}$ 的盐溶液;

S112, 将配制的盐溶液均匀喷洒于绝缘子表面, 并置于低于 0°C 条件下冷却形成冰层;

S113, 重复步骤S112至绝缘子表面冰层厚度至少 1mm , 即得到覆冰绝缘子 R_i 。

3. 根据权利要求1或2所述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于所述盐溶液电导率为 $10-1000000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。

4. 根据权利要求3所述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于所述盐溶液为 NaCl 或 KCl 溶液。

5. 根据权利要求1所述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于所述工频电压产生单元包括工频电压产生器和保护电阻, 工频电压产生器一端串联保护电阻后作为工频电压产生单元的高压端, 工频电压产生器另一端作为工频电压产

生单元的低压端。

6. 根据权利要求1所述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于所述冲击电压产生单元包括耦合电容和冲击电压发生器, 冲击电压发生器一端串联耦合电容后作为冲击电压产生单元的高压端, 冲击电压发生器另一端作为冲击电压产生单元的低压端。

7. 根据权利要求1所述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于所述数据采集器为示波器、采集卡或录波仪。

8. 根据权利要求1所述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法, 其特征在于向架空线路加工频电压后, 待工频电压处于波峰相位前后 20° 以内时, 再向架空线路施加冲击电压。

冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力工程中的故障模拟技术领域,涉及一种覆冰闪络故障模拟技术,具体涉及一种冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法。

背景技术

[0002] 我国地域辽阔,电力线路分布广泛,绝缘子受冰雪覆盖情形十分普遍,由此产生的覆冰闪络也是本领域的常见线路故障。而常见的雷电和操作过电压对输电线路也有较大影响,容易产生冲击电压;在冲击电压下,覆冰闪络更易发生,从而造成线路短路,电力供应中断,影响电网的供电可靠性,危害电网及设备的安全。

[0003] 申请号为CN201610670927.5的专利申请文件公开了一种配电网故障模拟装置及方法,首先设定故障发生时供电线路电压的故障相角,然后控制相应开关动作,使电线路在达到故障相角时发生短路、断路和接地故障等,从而实现在任意故障相角下进行配电网故障模拟。申请号为CN201510925297.7的专利申请文件公开了一种用于绝缘子污秽闪络试验的人工雾生成方法及装置,将去离子水和盐配置成溶液,通过改变溶液的浓度来调节溶液的电导率,然后将配置成的溶液雾化即得到人工雾,这种人工雾更接近于真实的自然环境,可以提高雾霾条件下绝缘子污秽闪络试验的准确度。申请号为CN201610543564.9的专利申请文件公开了一种配电网间歇性弧光接地故障模拟试验设备和方法,该模拟试验设备主要由顺次连接在被测线路与地面之间的熔断器、断路器、大容量电阻器和弧光放电模型组成,用于采集熔断器与断路器之间线路上的对地电压,电压互感器的输出端连接弧光放电模型的控制端输入端,通过该模拟试验设备能够实现对配电网间歇性弧光接地现象的模拟。

[0004] 虽然,污秽闪络与覆冰闪络均是针对外绝缘,但覆冰闪络与污秽闪络最大的区别就是,覆冰闪络需要在寒冷天气下结冰形成的,而污秽是在潮湿、小雨的天气下形成的,覆冰闪络故障模拟实现难度要远大于污秽闪络。上述各种故障模拟装置均未对覆冰闪络在冲击和工频叠加电压作用下的实际工况进行模拟和研究,并不能重现电网的实际运行情况,也就无法将故障模拟的效果与实际情况进行很好的等效,进而难以十分准确的对电网中绝缘设备(例如输电线路、绝缘子等)的闪络特性进行评价。且现有技术中均未考虑通过不同导电率盐溶液所形成的覆冰绝缘子对闪络的影响。

发明内容

[0005] 针对目前闪络故障模拟装置未考虑冲击和工频叠加电压作用的技术现状,本发明旨在提供一种冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,以更加真实地模拟雷电、操作过电压等冲击电压作用下在架空线路引发的覆冰闪络故障,并对其影响因素进行评估,为电力系统设计提供意见。

[0006] 本发明的基本发明思想为:将覆冰绝缘子与架空线路连接用于模拟覆冰闪络,利用工频电压产生单元在架空线路中产生工频电压,再利用冲击电压产生单元在架空线路中工频电压基础上叠加冲击电压,从而实现架空线路在冲击和工频叠加电压作用下的覆冰闪

络模拟;通过改变覆冰绝缘子表面覆冰的电导率,模拟架空线路在不同工况下覆冰闪络故障,从而对覆冰闪络影响因素进行评估,为电力系统设计提供基础数据和意见。

[0007] 本发明提供的冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,按照以下步骤进行:

[0008] S11,利用电导率为 $M_i \mu\text{S}/\text{cm}$ 的盐溶液在绝缘子表面形成设定厚度冰层得到覆冰绝缘子 R_i , M_i 表示第 i 种盐溶液的电导率, R_i 表示第 i 种盐溶液在绝缘子表面形成设定冰层厚的覆冰绝缘子, $i=1,2,3,\dots,n$, n 为不同电导率盐溶液的种类总数;

[0009] S12,将工频电压产生单元高压端和冲击电压产生单元高压端分别与架空线路两端连接,工频电压产生单元低压端和冲击电压产生单元低压端分别接地;将覆冰绝缘子 R_i 悬挂端安装于杆塔顶端,承力端接入架空线路;杆塔底部通过接地线接地;所述电容分压器两端并联于工频电压产生单元两端,电容分压器低压臂与数据采集器的信号输入端连接,组装成覆冰闪络模拟装置;

[0010] S13,利用工频电压产生单元向步骤S12架空线路施加电压,直至发生工频闪络,得到第 i 种盐溶液覆冰绝缘子 R_i 发生工频闪络的电压最小值 $U_{i(\min)}$;

[0011] S14,重复步骤S11-S13得到不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生工频闪络的电压最小值 $U_{1(\min)}$ 、 $U_{2(\min)}$ 、 $U_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{n(\min)}$,以 $U_{1(\min)}$ 、 $U_{2(\min)}$ 、 $U_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{n(\min)}$ 中最小值为作为工频闪络的电压最小值 $U_{\min}$;

[0012] S15,利用冲击电压产生单元向步骤S12架空线路施加电压,直至发生冲击闪络,得到第 i 种盐溶液覆冰绝缘子 R_i 发生冲击闪络的电压最小值 $U'_{i(\min)}$;

[0013] S16,重复步骤S11、S12、S15得到不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生冲击闪络的电压最小值 $U'_{1(\min)}$ 、 $U'_{2(\min)}$ 、 $U'_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{n(\min)}$,以 $U'_{1(\min)}$ 、 $U'_{2(\min)}$ 、 $U'_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{n(\min)}$ 中最小值为作为冲击闪络的起始电压幅值 $U'_{\min}$;

[0014] S17,对不同电导率盐溶液在绝缘子表面形成的相同设定厚度冰层的覆冰绝缘子,利用工频电压产生单元向架空线路施加工频电压,工频电压有效值小于发生工频闪络的电压最小值 $U_{\min}$,然后利用冲击电压产生单元向架空线路施加冲击电压,冲击电压起始电压幅值为 $U'_{\min}$,逐次按10% $U'_{\min}$ 递增,直至闪络,记录不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压 U'_i ;

[0015] S18,以盐溶液的电导率为横坐标,不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压为纵坐标,绘制电导率和冲击闪络电压 U'_i 的二维坐标曲线。

[0016] 上述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,所述步骤S11中覆冰绝缘子的制备包括以下步骤:

[0017] S111,配制电导率为 $M_i \mu\text{S}/\text{cm}$ 的盐溶液;

[0018] S112,将配制的盐溶液均匀喷洒于绝缘子表面,并置于低于 0°C 条件下冷却形成冰层;

[0019] S113,重复步骤S112至绝缘子表面冰层厚度至少为1mm,即得到覆冰绝缘子 R_i 。

[0020] 上述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,所述盐溶液电导率为 $10\sim 1000000 \mu\text{S}/\text{cm}$,盐溶液优选NaCl或KCl溶液。

[0021] 上述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,所述工频电压产生单元包括工频电压产生器和保护电阻,工频电压产生器一端串联保护电阻后作为工频

电压产生单元的高压端,工频电压产生器另一端作为工频电压产生单元的低压端。所述冲击和工频叠加电压产生单元包括耦合电容和冲击和工频叠加电压发生器,冲击和工频叠加电压发生器一端串联耦合电容后作为冲击和工频叠加电压产生单元的高压端,冲击和工频叠加电压发生器另一端作为冲击和工频叠加电压产生单元的低压端。工频电压产生器和冲击电压发生器可以采用本领域已经披露的常规设备,本发明采用的是本申请人于2014年申请的申请号为CN201410550645.2的申请文件(一种可控的工频叠加冲击试验装置及其试验方法)中公开的工频电压产生装置和冲击电压发生器。

[0022] 上述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,所述数据采集器为示波器、采集卡或录波仪。

[0023] 上述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,在利用冲击和工频叠加电压对于不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子连接的架空线路进行覆冰闪络模拟试验中,利用工频电压产生单元使架空线路中的工频电压达到运行电压,同时工频电压有效值小于发生工频闪络的电压最小值 U_{min} ,以确保不发生工频电压下的覆冰闪络故障。

[0024] 上述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,在利用冲击和工频叠加电压对于不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子连接的架空线路进行覆冰闪络模拟试验中,为了确保覆冰闪络故障的模拟效果,向架空线路施加工频电压后,待工频电压处于波峰相位前后 20° 以内时,再向架空线路施加冲击电压。冲击电压叠加到工频电压的相位要求,可以参考采用申请号CN201410550645.2申请文件中公开的方法来实现。

[0025] 上述冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,先对与不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子连接的架空线路进行工频电压下的覆冰闪络试验,以其中闪络电压最小值作为工频闪络的电压最小值 U_{min} ;再对与不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子连接的架空线路进行冲击电压下的覆冰闪络试验,以其中闪络电压最小值作为冲击闪络的起始电压幅值 U'_{min} ;接着重新对与不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子连接的架空线路进行工频和冲击叠加作用下的覆冰闪络试验,其中工频电压有效值小于发生工频闪络的电压最小值 U_{min} ,冲击电压起始电压幅值为 U'_{min} ,工频电压保持不变,冲击电压每次按 $10\%U'_{min}$ 递增,直至闪络,记录不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压 U'_i ;最后以盐溶液的电导率为横坐标,不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压为纵坐标,绘制电导率和冲击闪络电压 U'_i 的二维坐标曲线。

[0026] 与现有技术相比,本发明提供的冲击和工频叠加电压下架空线路覆冰闪络影响因素评估方法,具有如下十分突出的优点和有益技术效果:

[0027] 1、本发明通过工频电压产生单元将工频电压施加于架空线路上,模拟架空线路正常的运行状态;再通过冲击电压产生单元将冲击电压施加于架空线路上,模拟架空线路遭受雷击、操作等过电压的情况,再现架空线路运行的实际复杂工况;不仅能够较好地模拟自然环境下绝缘子的覆冰情况,从而实现架空线路在工频电压和冲击和工频叠加电压双重作用下的覆冰闪络故障模拟;通过改变覆冰绝缘子表面覆冰的电导率,还可以模拟架空线路在不同地区污秽等级工况下覆冰闪络故障,从而得出冲击闪络电压与形成覆冰绝缘子表面冰层的盐溶液电导率之间的关系,对覆冰闪络影响因素进行评估,找出最薄弱的环节,以最容易闪络的闪络电压为电力系统设计提供基础数据和意见;同时,也可以为根据不同地区的污秽等级以及覆冰闪络电压对不同地区的覆冰闪络进行差异化设计提供依据;

[0028] 2、本发明首先获取分别发生工频闪络和冲击闪络的电压最小值,再依据发生工频闪络和冲击闪络的电压最小值确定闪络故障模拟试验中所需的工频电压和冲击电压,这样不仅可以确保架空线路在工频电压下不发生闪络、而在工频电压和冲击电压叠加作用下发生闪络,保证每次闪络故障有效性,以提高试验效率;

[0029] 3、本发明能够实现架空线路在冲击电压下的覆冰闪络,不仅可以为覆冰闪络影响因素评估提供基础数据,而且可以对架空线路、绝缘子等电力设备的闪络性能进行准确的评价,从而为确保电力线路的正常运行提供可靠保障。

附图说明

[0030] 图1为本发明架空线路在冲击和工频叠加电压下的覆冰闪络模拟装置结构示意图。

[0031] 图2为本发明故障模拟单元结构示意图。

[0032] 其中,1-工频电压产生器,2-保护电阻,3-电容分压器,4-架空线路,5-模拟单元,51-杆塔,52、53-绝缘子,6-耦合电容,7-冲击电压发生器,8-数据采集器。

具体实施方式

[0033] 以下将结合附图给出本发明实施例,并通过实施例对本发明的技术方案进行进一步的清楚、完整说明。显然,所述实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明内容,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所得到的所有其它实施例,都属于本发明所保护的范围。

[0034] 实施例

[0035] 本实施例采用的架空线路在冲击和工频叠加电压下的覆冰闪络模拟装置,如图1、图2所示,包括工频电压产生单元、冲击电压产生单元、电容分压器3、用于模拟实际绝缘子和杆塔位置关系的模拟单元5和数据采集器8;工频电压产生单元与冲击电压产生单元用于向架空线路施加工频电压和冲击电压,工频电压产生单元与冲击电压产生单元的高压端分别与架空线路4的两端连接,工频电压产生单元与冲击电压产生单元的低压端接地;电容分压器3两端并联于工频电压产生单元两端,电容分压器低压臂与数据采集器的信号输入端连接。

[0036] 如图1所示,工频电压产生单元包括工频电压产生器1和保护电阻2,工频电压产生器1高压端串联保护电阻2后作为工频电压产生单元的高压端与架空线路4一端连接,工频电压产生器1接地端作为工频电压产生单元的低压端接地。工频电压产生器1用于产生架空线路正常运行所需的工频电压,以模拟架空线路正常运行情况。本实施例采用的是本申请人于2014年申请的申请号为CN201410550645.2的申请文件中公开的工频电压产生装置作为工频电压产生器,本实施例中将保护电阻单独出来。保护电阻2用于保护工频电压产生器遭受短路冲击。

[0037] 电容分压器3两端分别并联于工频电压产生器1与保护电阻2的串联支路上。电容分压器3为本领域的常规设备,用于测量架空线路上的电压,图1中虚框中给出的框图为电容分压器的等效示意图,其中两个电容分别为高压臂上的等效电容和低压臂上的等效电容,电容分压器靠近高压臂的一端与工频电压产生单元的高压端(即保护电阻2的输出端)

连接,靠近低压臂的一端与工频电压产生单元的低压端(即工频电压产生器1接地端)连接。

[0038] 如图1所示,冲击电压产生单元包括耦合电容6和冲击电压发生器7,冲击电压发生器7一端经耦合电容6作为冲击电压产生单元的高压端与架空线路另一端连接,冲击电压发生器接地端作为冲击电压产生单元的低压端接地。耦合电容6用于保证冲击电压能够无畸变的输送到架空线路上。冲击电压发生器7用于产生施加于架空线路4上的冲击电压,以模拟雷击、操作等过电压情况。本实施例采用的是本申请人于2014年申请的申请号为CN201410550645.2的申请文件中公开的冲击电压发生器。

[0039] 如图2所示,模拟单元5包括两组配套组装的杆塔51和绝缘子(52、53),绝缘子的悬挂端与杆塔顶部连接,承力端与架空线路4连接以作为模拟单元的高压端,杆塔51下端接地。绝缘子53为覆冰绝缘子。杆塔底部作为模拟单元的低压端,通过接地线接地。

[0040] 如图1所示,数据采集器8为示波器,其信号输入端与电容分压器低压臂即输出端连接。

[0041] 本实施例采用的覆冰绝缘子53按照以下步骤制备得到:

[0042] S111,配制一系列电导率为 $M_i \mu\text{S}/\text{cm}$ 的盐溶液, $i=1,2,3,\dots,n$, n 为不同电导率盐溶液的种类总数;盐溶液电导率在 $10-1000 \mu\text{S}/\text{cm}$,盐溶液为NaCl盐溶液;

[0043] S112,将配制的盐溶液均匀喷洒于相应绝缘子表面,并置于低于 0°C 条件下的冰箱中冷却,形成冰层;

[0044] S113,重复步骤S112至绝缘子表面冰层厚度达到 2mm ,即得到一系列厚度不同的不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子 R_i 。

[0045] 采用架空线路在冲击和工频叠加电压下的覆冰闪络模拟装置按照以下步骤进行覆冰闪络故障模拟,并对覆冰闪络影响因素评估:

[0046] S12,将工频电压产生单元高压端和冲击电压产生单元高压端分别与架空线路两端连接,工频电压产生单元低压端和冲击电压产生单元低压端分别接地;将覆冰绝缘子 R_i 悬挂端安装于杆塔顶端,承力端接入架空线路;杆塔底部通过接地线接地;电容分压器两端并联于工频电压产生单元两端,电容分压器低压臂与数据采集器的信号输入端连接,组装成覆冰闪络模拟装置;

[0047] S13,利用工频电压产生单元向步骤S12架空线路施加电压,直至发生工频闪络,得到第 i 种盐溶液覆冰绝缘子 R_i 发生工频闪络的电压最小值 $U_{i(\min)}$;

[0048] S14,重复步骤S11-S13得到不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生工频闪络的电压最小值 $U_{1(\min)}$ 、 $U_{2(\min)}$ 、 $U_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{n(\min)}$,以 $U_{1(\min)}$ 、 $U_{2(\min)}$ 、 $U_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U_{n(\min)}$ 中最小值为作为工频闪络的电压最小值 $U_{\min}$;

[0049] S15,利用冲击电压产生单元向步骤S12架空线路施加电压,直至发生冲击闪络,得到第 i 种盐溶液覆冰绝缘子 R_i 发生冲击闪络的电压最小值 $U'_{i(\min)}$;

[0050] S16,重复步骤S11、S12、S15得到不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生冲击闪络的电压最小值 $U'_{1(\min)}$ 、 $U'_{2(\min)}$ 、 $U'_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{n(\min)}$,以 $U'_{1(\min)}$ 、 $U'_{2(\min)}$ 、 $U'_{3(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{i(\min)}$ 、 $\dots$ 、 $U'_{n(\min)}$ 中最小值为作为冲击闪络的起始电压幅值 $U'_{\min}$;

[0051] S17,按照步骤S11重新配制不同电导率盐溶液,并利用不同电导率盐溶液在绝缘子表面形成相同厚度冰层的覆冰绝缘子,按照步骤S12组装覆冰闪络模拟装置;再利用工频电压产生单元向架空线路加工频电压,模拟架空线路正常运行情况,工频电压有效值小

于发生工频闪络的电压最小值 $U_{\min}$;然后利用冲击电压产生单元向架空线路施加冲击电压,使其产生的冲击电压叠加于工频电压上,实现架空线路在冲击和工频叠加电压下的覆冰闪络,工频电压不变,冲击电压起始电压幅值为 $U'_{\min}$,逐次按10% $U'_{\min}$ 递增,直至闪络,记录不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压 U'_i ;

[0052] S18,以盐溶液的电导率为横坐标,不同电导率盐溶液对应覆冰绝缘子发生闪络时的冲击闪络电压为纵坐标,绘制电导率和冲击闪络电压 U'_i 的二维坐标曲线。

[0053] 根据绘制得到的盐溶液电导率-冲击电压关系曲线,可以对覆冰闪络影响因素(包括由盐溶液电导率反应的污秽等级以及由冲击电压反应的雷击、操作等过电压情况)进行评估,找出最薄弱的环节,以最容易闪络的闪络电压为电力系统设计提供基础数据和意见;同时,也可以为根据不同地区的污秽等级以及覆冰闪络电压对不同地区的覆冰闪络进行差异化设计提供依据。

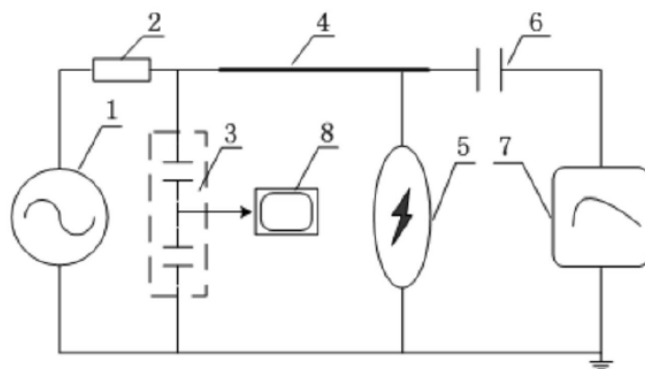


图1

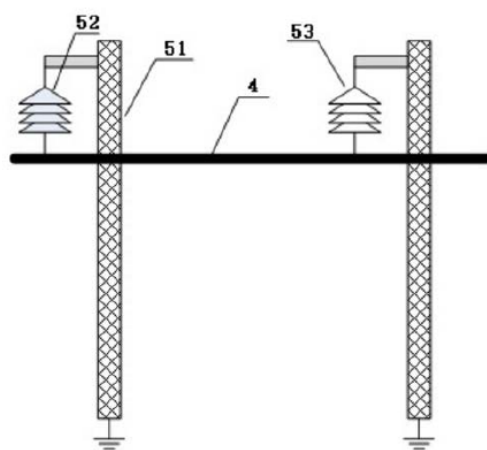


图2