(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111812474 A
(43)申请公布日 2020.10.23

(21)申请号 202010807356.1

(22)申请日 2020.08.12

(71)申请人 南京能瑞自动化设备股份有限公司
地址 210046 江苏省南京市栖霞区尧化街道甘家边东108号

(72)发明人 胡敏康 夏显峰 周永志 王国玉 杨琦 肖杨

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司 11332
代理人 孟金喆

(51)Int.Cl.
G01R 31/12(2006.01)
G01R 31/14(2006.01)
G01R 27/02(2006.01)
G01R 27/14(2006.01)

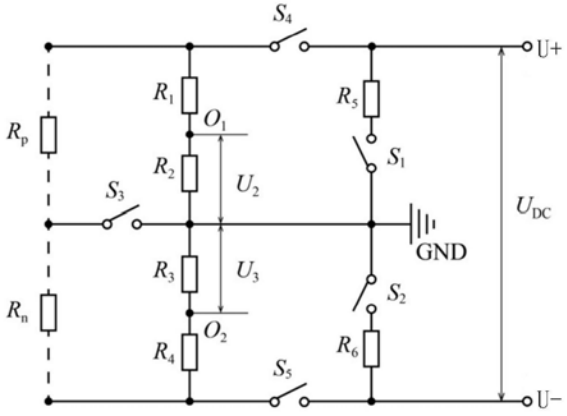
权利要求书3页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

直流充电桩绝缘检测电路、系统及方法

(57)摘要

本发明实施例公开了一种直流充电桩绝缘检测电路、系统及方法，包括：第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关；串联的第四开关、第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五开关与串联的第五电阻、第一开关、第二开关、第六电阻以及串联的正极母线对地绝缘电阻和负极母线对地绝缘电阻并联；第四开关的第一端与正极母线电连接，第五开关的第一端与负极母线电连接；第二电阻的第二端、第三开关的第一端、第三电阻的第一端、第一开关的第二端与第二开关的第二端分别接地设置；第三开关的第二端与正极母线对地绝缘电阻和负极母线对地绝缘电阻的第一端电连接。



CN 111812474 A

1.一种直流充电桩绝缘检测电路,其特征在于,包括:第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关;

所述第四开关的第一端与正极母线电连接,所述第四开关的第二端分别与所述第一电阻的第一端、正极母线对地绝缘电阻的第一端电连接;

所述第一电阻的第二端与所述第二电阻的第一端电连接;

所述第二电阻的第二端、所述第三开关的第一端、所述第三电阻的第一端分别接地设置;

所述第三电阻的第二端与所述第四电阻的第一端电连接;

所述第四电阻的第二端分别与所述第五开关的第二端以及负极母线对地绝缘电阻的第二端电连接;

所述正极母线对地绝缘电阻的第二端和所述负极母线对地绝缘电阻的第一端分别与所述第三开关的第二端电连接;

所述第五电阻的第一端与所述正极母线电连接,所述第五电阻的第二端与所述第一开关的第一端电连接;

所述第一开关的第二端与所述第二开关的第二端分别接地设置;

所述第二开关的第一端与所述第六电阻的第一端电连接;

所述第六电阻的第二端和所述第五开关的第一端分别与所述负极母线电连接。

2.根据权利要求1所述的检测电路,其特征在于,所述第一电阻的阻值等于所述第四电阻的阻值;

所述第二电阻的阻值等于所述第三电阻的阻值;

所述第五电阻的阻值等于所述第六电阻的阻值。

3.根据权利要求1所述的检测电路,其特征在于,所述第一电阻的阻值为R_1,所述第二电阻的阻值为R_2,所述第三电阻的阻值为R_3,所述第四电阻的阻值为R_4,其中,$R_1 << R_2$,$R_3 << R_4$。

4.一种直流充电桩绝缘检测系统,其特征在于,包括模数转换模块、控制模块和权利要求1-3任一项所述的直流充电桩绝缘检测电路;

所述模数转换模块用于分别采集所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻两端的电压,并将所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻两端的电压分别发送至控制模块;

所述控制模块用于根据所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻两端的电压确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值。

5.一种直流充电桩绝缘检测方法,其特征在于,采用如权利要求1-3任一项所述的直流充电桩绝缘检测电路进行检测,所述检测方法包括:

闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关;

采集所述第二电阻两端的第一电压和所述第三电阻两端的第二电压,并计算所述第一电压与所述第二电压的第一比值以及所述第二电压和所述第一电压的第二比值;

判断所述第一比值或所述第二比值是否小于比例预设值;

若所述第一比值或所述第二比值小于比例预设值,则判断所述第一电压或所述第二电压是否小于电压预设值;

若所述第一电压或所述第二电压小于电压预设值,则确定所述正极母线对地绝缘电阻

或所述负极母线对地绝缘电阻短路。

6.根据权利要求5所述的检测方法，其特征在于，若所述第一电压和所述第二电压大于等于预设电压值，则基于第一关系式确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值，所述第一关系式为：

$$R_p=\frac{U_2\cdot R_3\cdot(R_1+R_2)}{U_3\cdot R_2-U_2\cdot R_3}$$

$$R_n=\frac{U_3\cdot R_2\cdot(R_3+R_4)}{U_2\cdot R_3-U_3\cdot R_2}$$

其中，R_P为所述正极母线对地绝缘电阻，R_n为所述负极母线对地绝缘电阻，R_1为所述第一电阻，R_2为所述第二电阻，R_3为所述第三电阻，R_4为所述第四电阻，U_2为所述第二电阻两端的第一电压，U_3为所述第三电阻两端的第二电压。

7.根据权利要求5所述的检测方法，其特征在于，若所述第一比值和所述第二比值大于等于预设比例值，则闭合所述第一开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关以及断开所述第二开关；

采集所述第二电阻两端的第三电压和所述第三电阻两端的第四电压；

闭合所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关以及断开所述第一开关；

采集所述第二电阻两端的第五电压和所述第三电阻两端的第六电压；基于第二关系式确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值，所述第二关系式为：

$$R_p=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_1\cdot R_3+R_2\cdot R_3)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

$$R_n=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_2\cdot R_3+R_2\cdot R_4)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

其中，R_P为所述正极母线对地绝缘电阻，R_n为所述负极母线对地绝缘电阻，R_1为所述第一电阻，R_2为所述第二电阻，R_3为所述第三电阻，R_4为所述第四电阻，R_2为所述第五电阻，R_6为所述第六电阻，U'_2为所述第二电阻两端的第三电压，U'_3为所述第三电阻两端的第四电压，U''_2为所述第二电阻两端的第五电压，U''_3为所述第三电阻两端的第六电压。

8.根据权利要求6或7所述的检测方法，其特征在于，确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值之后，还包括：

判断所述正极母线对地绝缘电阻的阻值是否小于所述负极母线对地绝缘电阻的阻值；

若是，则当所述正极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于预设电阻值时，确定所述直流充电桩的绝缘性能合格；

若否，则当所述负极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于所述预设电阻值时，确定所述直流充电桩的绝缘性能合格。

9.根据权利要求5所述的检测方法，其特征在于，闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关之前，还包括：

断开所述第一开关、所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关；

采集所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻的电压；

判断所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻的电压是否均为零；

若是，则确定所述第一开关、所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关断开；

否则，对所述第一开关、所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关进行检测，直至所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻的电压均为零。

10.根据权利要求5所述的检测方法，其特征在于，闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关，包括：

闭合所述第四开关和所述第五开关；

采集所述第二电阻两端的电压或所述第三电阻的电压；

根据所述第二电阻两端的电压或所述第三电阻的电压确定系统总压值；

确定所述系统总压值在预设总压范围内时，闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关。

直流充电桩绝缘检测电路、系统及方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及新能源技术领域，尤其涉及一种直流充电桩绝缘检测电路、系统及方法。

背景技术

[0002] 电动汽车充电桩是新能源汽车的充电基础设施。电动汽车充电桩中的直流充电桩，因其充电快的特点，被广泛铺设。但是，由于直流充电桩的电压较大，所以在直流充电桩的设计中，对其绝缘性能提出了较高的要求。

[0003] 作为一种长期工作在户外的高压直流设施，工作环境复杂，液体侵蚀、人为破坏和湿度变化等因素都会对其绝缘性能造成影响，而直流充电桩的绝缘性能直接影响着用户充电安全与否。因此，直流充电桩的绝缘检测技术十分重要。

[0004] 现有技术中的直流充电桩绝缘检测电路只选用一个控制开关，正、负母线端的绝缘阻值在计算时会受到两端绝缘值的相互影响，从而影响计算精度。

发明内容

[0005] 本发明实施例提供一种直流充电桩绝缘检测电路、系统及方法，结构简单，可实现直流充电桩绝缘性能的高效准确估计。

[0006] 第一方面，本发明实施例提供了一种直流充电桩绝缘检测电路，该直流充电桩绝缘检测电路包括：第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关；

[0007] 所述第四开关的第一端与正极母线电连接，所述第四开关的第二端分别与所述第一电阻的第一端、正极母线对地绝缘电阻的第一端电连接；

[0008] 所述第一电阻的第二端与所述第二电阻的第一端电连接；

[0009] 所述第二电阻的第二端、所述第三开关的第一端、所述第三电阻的第一端分别接地设置；

[0010] 所述第三电阻的第二端与所述第四电阻的第一端电连接；

[0011] 所述第四电阻的第二端分别与所述第五开关的第二端以及负极母线对地绝缘电阻的第二端电连接；

[0012] 所述正极母线对地绝缘电阻的第二端和所述负极母线对地绝缘电阻的第一端分别与所述第三开关的第二端电连接；

[0013] 所述第五电阻的第一端与所述正极母线电连接，所述第五电阻的第二端与所述第一开关的第一端电连接；

[0014] 所述第一开关的第二端与所述第二开关的第二端分别接地设置；

[0015] 所述第二开关的第一端与所述第六电阻的第一端电连接；

[0016] 所述第六电阻的第二端和所述第五开关的第一端分别与所述负极母线电连接。

[0017] 可选的，所述第一电阻的阻值等于所述第四电阻的阻值；

[0018] 所述第二电阻的阻值等于所述第三电阻的阻值；

[0019] 所述第五电阻的阻值等于所述第六电阻的阻值。

[0020] 可选的，所述第一电阻的阻值为R_1，所述第二电阻的阻值为R_2，所述第三电阻的阻值为R_3，所述第四电阻的阻值为R_4，其中，$R_1 << R_2$，$R_3 << R_4$。

[0021] 第二方面，本发明实施例还提供了一种直流充电桩绝缘检测系统，该直流充电桩绝缘检测系统包括：模数转换模块、控制模块和第一方面所述的直流充电桩绝缘检测电路；

[0022] 所述模数转换模块用于分别采集所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻两端的电压，并将所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻两端的电压分别发送至控制模块；

[0023] 所述控制模块用于根据所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻两端的电压确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值。

[0024] 第三方面，本发明实施例还提供了一种直流充电桩绝缘检测方法，采用第一方面所述的直流充电桩绝缘检测电路进行检测，所述检测方法包括：

[0025] 闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关；

[0026] 采集所述第二电阻两端的第一电压和所述第三电阻两端的第二电压，并计算所述第一电压与所述第二电压的第一比值以及所述第二电压和所述第一电压的第二比值；

[0027] 判断所述第一比值或所述第二比值是否小于比例预设值；

[0028] 若所述第一比值或所述第二比值小于比例预设值，则判断所述第一电压或所述第二电压是否小于电压预设值；

[0029] 若所述第一电压或所述第二电压小于电压预设值，则确定所述正极母线对地绝缘电阻或所述负极母线对地绝缘电阻短路。

[0030] 可选的，若所述第一电压和所述第二电压大于等于预设电压值，则基于第一关系式确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值，所述第一关系式为：

[0031] $$R_p = \frac{U_2 \cdot R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{U_3 \cdot R_2 - U_2 \cdot R_3}$$

[0032] $$R_n = \frac{U_3 \cdot R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{U_2 \cdot R_3 - U_3 \cdot R_2}$$

[0033] 其中，R_P为所述正极母线对地绝缘电阻，R_n为所述负极母线对地绝缘电阻，R_1为所述第一电阻，R_2为所述第二电阻，R_3为所述第三电阻，R_4为所述第四电阻，U_2为所述第二电阻两端的第一电压，U_3为所述第三电阻两端的第二电压。

[0034] 可选的，若所述第一比值和所述第二比值大于等于预设比例值，则闭合所述第一开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关以及断开所述第二开关；

[0035] 采集所述第二电阻两端的第三电压和所述第三电阻两端的第四电压；

[0036] 闭合所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关以及断开所述第一开关；

[0037] 采集所述第二电阻两端的第五电压和所述第三电阻两端的第六电压；基于第二关系式确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值，所述第二关系式为：

[0038] $$R_P=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_1\cdot R_3+R_2\cdot R_3)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

[0039] $$R_n=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_2\cdot R_3+R_2\cdot R_4)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

[0040] 其中，R_P为所述正极母线对地绝缘电阻，R_n为所述负极母线对地绝缘电阻，R_1为所述第一电阻，R_2为所述第二电阻，R_3为所述第三电阻，R_4为所述第四电阻，R_5为所述第五电阻，R_6为所述第六电阻，U'_2为所述第二电阻两端的第三电压，U'_3为所述第三电阻两端的第四电压，U''_2为所述第二电阻两端的第五电压，U''_3为所述第三电阻两端的第六电压。

[0041] 可选的，确定所述正极母线对地绝缘电阻的阻值和所述负极母线对地绝缘电阻的阻值之后，还包括：

[0042] 判断所述正极母线对地绝缘电阻的阻值是否小于所述负极母线对地绝缘电阻的阻值；

[0043] 若是，则当所述正极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于预设电阻值时，确定所述直流充电桩的绝缘性能合格；

[0044] 若否，则当所述负极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于所述预设电阻值时，确定所述直流充电桩的绝缘性能合格。

[0045] 可选的，闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关之前，还包括：

[0046] 断开所述第一开关、所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关；

[0047] 采集所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻的电压；

[0048] 判断所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻的电压是否均为零；

[0049] 若是，则确定所述第一开关、所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关断开；

[0050] 否则，对所述第一开关、所述第二开关、所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关进行检测，直至所述第二电阻两端的电压和所述第三电阻的电压均为零。

[0051] 可选的，闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关，包括：

[0052] 闭合所述第四开关和所述第五开关；

[0053] 采集所述第二电阻两端的电压或所述第三电阻的电压；

[0054] 根据所述第二电阻两端的电压或所述第三电阻的电压确定系统总压值；

[0055] 确定所述系统总压值在预设总压范围内时，闭合所述第三开关、所述第四开关和所述第五开关。

[0056] 本发明实施例提供的直流充电桩绝缘检测电路、系统及方法，通过设置第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关，即可确定正极母线对地绝缘电阻以及负极母线对地绝缘电阻，结构简单；此外，通过分别控制第一开关和第二开关的通断，排除了在计算绝缘电阻时，正、负极母线端绝缘电阻的相互影响，提高了系统的抗干扰能力，可实现直流充电桩系统绝缘性能的高效准确估计；此外，通过同时控制第三开关、第四开关和第五开关的通断，当需要对直流充电桩进行绝缘检测时，则闭合第三开关、第四开关和第五开关，不需要对直流充电桩进行绝

缘检测时，则断开第三开关、第四开关和第五开关，即可灵活的控制检测绝缘性能的时间。

附图说明

[0057] 图1是本发明实施例一提供的一种直流充电桩绝缘检测电路的结构示意图；

[0058] 图2是本发明实施例二提供的一种直流充电桩绝缘检测系统的结构示意图；

[0059] 图3是本发明实施例三提供的一种直流充电桩绝缘检测方法的流程图；

[0060] 图4是本发明实施例四提供的一种直流充电桩绝缘检测方法的流程图。

具体实施方式

[0061] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明，而非对本发明的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0062] 实施例一

[0063] 图1是本发明实施例一提供的一种直流充电桩绝缘检测电路的结构示意图，如图1所示，本发明实施例提供的直流充电桩绝缘检测电路包括：第一电阻R_1、第二电阻R_2、第三电阻R_3、第四电阻R_4、第五电阻R_5、第六电阻R_6、第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5；第四开关S_4的第一端与正极母线U+电连接，第四开关S_4的第二端分别与第一电阻R_1的第一端、正极母线对地绝缘电阻R_p的第一端电连接；第一电阻R_1的第二端与第二电阻R_2的第一端电连接；第二电阻R_2的第二端、第三开关S_3的第一端、第三电阻R_3的第一端分别接地设置；第三电阻R_3的第二端与第四电阻R_4的第一端电连接；第四电阻R_4的第二端分别与第五开关S_5的第二端以及负极母线对地绝缘电阻R_n的第二端电连接；正极母线对地绝缘电阻R_p的第二端和负极母线对地绝缘电阻R_n的第一端分别与第三开关S_3的第二端电连接；第五电阻R_5的第一端与正极母线U+电连接，第五电阻R_5的第二端与第一开关S_1的第一端电连接；第一开关S_1的第二端与第二开关S_2的第二端分别接地设置；第二开关S_2的第一端与第六电阻R_6的第一端电连接；第六电阻R_6的第二端和第五开关S_5的第一端分别与负极母线U-电连接。

[0064] 其中，本实施例提供的直流充电桩绝缘检测电路直接与直流充电桩正极母线U+以及直流充电桩负极母线U-电连接，以实现绝缘检测功能。需要说明的是，为了清楚地表明直流充电桩正极母线U+对地绝缘性能和直流充电桩负极母线U-对地绝缘性能，本实施例将直流充电桩正极母线U+对地绝缘性能等效于正极母线对地绝缘电阻R_p，以及将直流充电桩负极母线U-对地绝缘性能等效于负极母线对地绝缘电阻R_n。

[0065] 示例性的，例如可以通过如下操作确定正极母线对地绝缘电阻R_p以及负极母线对地绝缘电阻R_n：闭合第四开关S_4、第三开关S_3、第五开关S_5和第一开关S_1，断开第二开关S_2，例如可以通过模数转换模块分别测出第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压，示例性的，在第二电阻R_2的第二端设置第一电压采样点O_1，以及在第三电阻R_3的第二端设置第二电压采样点O_2，第一电压采压点O_1与第二电压采压点O_2与模数转换模块相连，通过模数转换模块分别测出此时第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压；此时，第二电阻R_2两端的电压例如为U'_2、第三电阻R_3两端的电压例如为U'_3，根据基尔霍夫电流定律可得如下方程：

[0066] $$\frac{U'_2}{R_2}+\frac{U'_2\cdot(R_1+R_2)}{R_2\cdot R_p}+\frac{U'_2\cdot(R_1+R_2)}{R_2\cdot R_5}=\frac{U'_3}{R_3}+\frac{U'_3\cdot(R_3+R_4)}{R_3\cdot R_n}$$；

[0067] 然后闭合开第四开关S_4、第三开关S_3、第五开关S_5和第二开关S_2，断开第一开关S_1，例如可以通过模数转换器分别测出此时第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压，此时，第二电阻R_2两端的电压例如为U''_2、第三电阻R_3两端的电压例如为U''_3，根据基尔霍夫电流定律可得如下方程：

[0068] $$\frac{U''_2}{R_2}+\frac{U''_2\cdot(R_1+R_2)}{R_2\cdot R_p}=\frac{U''_3}{R_3}+\frac{U''_3\cdot(R_3+R_4)}{R_3\cdot R_n}+\frac{U''_3\cdot(R_3+R_4)}{R_3\cdot R_6}$$；

[0069] 根据上述两个方程可以确定直流充电桩正极母线对地绝缘电阻R_p为：

[0070] $$R_p=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_1\cdot R_3+R_2\cdot R_3)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

[0071] 负极母线对地绝缘电阻R_n为：

[0072] $$R_n=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_2\cdot R_3+R_2\cdot R_4)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

[0073] 将测得的闭合第四开关S_4、第三开关S_3、第五开关S_5和第一开关S_1，断开第二开关S_2时，第二电阻R_2两端的电压U'_2、第三电阻R_3两端的电压U'_3以及然后闭合开第四开关S_4、第三开关S_3、第五开关S_5和第二开关S_2，断开第一开关S_1时，第二电阻R_2两端的电压U''_2、第三电阻R_3两端的电压U''_3代入上述方程，如此，可以确定正极母线对地绝缘电阻R_p的阻值和负极母线对地绝缘电阻R_n的阻值，即通过分别控制第一开关S_1和第二开关S_2的通断，排除了在计算绝缘电阻时，正、负极母线端绝缘电阻的相互影响，提高了系统的抗干扰能力，提高了直流充电桩绝缘性能的检测精度。

[0074] 此外，本发明实施例通过设置第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5。当需要对直流充电桩进行绝缘检测时，则闭合第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5，不需要对直流充电桩进行绝缘检测时，则断开第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5，即可灵活的控制检测绝缘性能的时间。

[0075] 可选的，第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5例如可以包括电子开关或者作为开关使用的继电器等元件，例如可以通过外部控制模块分别控制第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5闭合或断开。

[0076] 综上所述，本发明实施例提供的直流充电桩绝缘检测电路，通过设置第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关，即可确定正极母线对地绝缘电阻以及负极母线对地绝缘电阻，结构简单；此外，通过分别控制第一开关和第二开关的通断，排除了在计算绝缘电阻时，正、负极母线端绝缘电阻的相互影响，提高了系统的抗干扰能力，可实现直流充电桩系统绝缘性能的高效准确估计的效果；此外，通过同时控制第三开关、第四开关和第五开关的通断，当需要对直流充电桩进行绝缘检测时，则闭合第三开关、第四开关和第五开关，不需要对直流充电桩进行绝缘检测时，则断开第三开关、第四开关和第五开关，即可灵活的控制检测绝缘性能的时间。

[0077] 可选的，继续参见图1，第一电阻R_1的阻值等于第四电阻R_4的阻值；第二电阻R_2的阻

值等于第三电阻R_3的阻值;第五电阻R_5的阻值等于第六电阻R_6的阻值。这样设置的好处在于,检测精度高、计算简单、数据处理时间较短。

[0078] 可选的,继续参见图1,第一电阻R_1的阻值为R_1,第二电阻R_2的阻值为R_2,第三电阻R_3的阻值为R_3,第四电阻R_4的阻值为R_4,其中,$R_1 << R_2$,$R_3 << R_4$。

[0079] 考虑到直流充电桩的电压很高,例如可达几百伏。所以本实施例通过设置第一电阻R_1、第四电阻R_4、第五电阻R_5和第六电阻R_6,其中,第一电阻R_1、第四电阻R_4、第五电阻R_5和第六电阻R_6的阻值较大,通过第一电阻R_1、第四电阻R_4、第五电阻R_5和第六电阻R_6进行分压,使得整个直流充电桩绝缘检测电路的电流较小,此外,由于第二电阻R_2的阻值远远小于第一电阻R_1的阻值,以及第三电阻R_3的阻值远远小于第四电阻R_4的阻值,使得第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压较小,如此,有利于外部控制模块对第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压的采集。

[0080] 示例性的,第一电阻R_1的阻值为200kΩ,第二电阻R_2的阻值为750Ω,第三电阻R_3的阻值为750Ω,第四电阻R_4的阻值为200kΩ,第五电阻R_5的阻值为884kΩ,第六电阻R_6的阻值为884kΩ。需要说明的是,第一电阻R_1、第四电阻R_4、第五电阻R_5和第六电阻R_6的阻值包括但不限于上述示例,本领域技术人员可根据实际情况进行调整。

[0081] 实施例二

[0082] 图2是本发明实施例二提供的一种直流充电桩绝缘检测系统的结构示意图,如图2所示,该直流充电桩绝缘检测系统包括模数转换模块10、控制模块20和实施例一中的直流充电桩绝缘检测电路30;模数转换模块10用于分别采集第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压,并将第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压分别发送至控制模块20;控制模块20用于根据第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压确定正极母线对地绝缘电阻R_p的阻值和负极母线对地绝缘电阻R_n的阻值。

[0083] 具体的,第二电阻R_2的第一端,即第一电压采样点O_1以及第三电阻R_3的第二端,即第二电压采样点O_2,分别与模数转换模块10电连接,当第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5处于不同状态时,通过模数转换模块10分别采集第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压,并将此电压发送至控制模块20,控制模块20根据第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3两端的电压确定正极母线对地绝缘电阻R_p的阻值和负极母线对地绝缘电阻R_n的阻值,基于正极母线对地绝缘电阻R_p的阻值和负极母线对地绝缘电阻R_n的阻值确定直流充电桩绝缘性能是否合格。由于直流充电桩绝缘检测系统包括上述实施例中的直流充电桩绝缘检测电路30,因此本发明实施例提供的直流充电桩绝缘检测系统也具备上述实施例所描述的有益效果,此处不再赘述。

[0084] 可选的,模数转换模块10例如可以包括将模拟信号转换为数字信号的电子电路或集成IC。

[0085] 可选的,控制模块20例如可以包括微控制单元(Microcontroller Unit,MCU)等具有控制功能的器件。

[0086] 可选的,继续参见图2,直流充电桩绝缘检测系统还包括集控显示屏40,集控显示屏40与控制模块20电连接,通过集控显示屏40直观地显示出绝缘故障。

[0087] 实施例三

[0088] 图3是本发明实施例三提供的一种直流充电桩绝缘检测方法的流程图,此方法采

用上述任意实施例所提供的直流充电桩绝缘检测电路进行检测。如图3所示，本发明实施例提供的直流充电桩绝缘检测方法具体可以包括如下步骤：

[0089] S110、闭合第三开关、第四开关和第五开关。

[0090] 其中，继续参见图1，闭合第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5。

[0091] S120、采集第二电阻两端的第一电压和第三电阻两端的第二电压，并计算第一电压与第二电压的第一比值以及第二电压和第一电压的第二比值。

[0092] S130、判断第一比值或第二比值是否小于预设比例值。

[0093] 其中，继续参见图1，采集第二电阻R_2两端的第一电压U_2和第三电阻R_3两端的第二电压U_3。由于正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n，两者间会出现相差很大的，或者两者相差无几的情况，因此需分情况讨论，并对出现的特殊情况进行优先处理。如果正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地绝缘电阻R_n或者负极母线对地绝缘电阻R_n远小于正极母线对地绝缘电阻R_p，可能会出现直流充电桩正、负极有一端短路的情况。又因为第一电阻R_1和第二电阻R_2与正极母线对地绝缘电阻R_p并联，第三电阻R_3、第四电阻R_4与负极母线对地绝缘电阻R_n并联，所以当出现直流充电桩正极短路的情况时，其表现特征为第二电阻R_2两端的第一电压U_2远小于第三电阻R_3两端的第二电压U_3；或者，第三电阻R_3两端的第二电压U_3远小于第二电阻R_2两端的第一电压U_2。本实施例通过计算第一电压U_2与第二电压U_3的第一比值以及第二电压U_3和第一电压U_2的第二比值，并将第一比值或第二比值与预设比例值进行比较，以确定直流充电桩正、负极母线对地绝缘电阻是否存在一端绝缘阻值远远大于另一端绝缘阻值的情况。

[0094] S140、若第一比值或第二比值小于预设比例值，则判断第一电压或第二电压是否小于预设电压值。

[0095] 其中，如果第一比值或第二比值小于预设比例值，则说明正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地的绝缘电阻R_n或者负极母线对地的绝缘电阻R_n远小于正极母线对地的绝缘电阻R_p，但是并不一定是直流充电桩正、负极有一端短路。所以需要进一步进行判断短路的情况，具体的，判断第二电阻R_2两端的第一电压U_2或第三电阻R_3两端的第二电压U_3是否为零。但是考虑到，受电子电路本身噪声的影响，当正、负极母线一端出现短路时采集的第二电阻R_2两端的第一电压U_2或第三电阻R_3两端的第二电压U_3未必是零，所以本实施例通过判断第一电压U_2或第二电压U_3是否小于预设电压值，其中，预设电压值接近0V，但不等于0V，例如可以为0.5V，如此，避免了由于电子电路本身噪声的影响造成的误判，提高了检测精度。

[0096] S150、若第一电压或第二电压小于预设电压值，则确定正极母线对地绝缘电阻或负极母线对地绝缘电阻短路。

[0097] 其中，如果第一电压或第二电压小于电压预设值，例如第一电压或第二电压小于0.5V，则确定正极母线对地绝缘电阻或负极母线对地绝缘电阻短路，即整个直流充电桩的绝缘性能不合格。

[0098] 需要说明的是，本领域技术人员可以根据实际情况设定预设电压值和预设比例值，本实施例不进行具体限定。

[0099] 本实施例中，当第三开关、第四开关和第五开关闭合时，采集第二电阻两端的第一电压和第三电阻两端的第二电压，并计算第一电压与第二电压的第一比值以及第二电压和

第一电压的第二比值，通过将第一比值或第二比值与比例预设值以及第一电压或第二电压与电压预设值进行比较，以确定正极母线对地绝缘电阻或负极母线对地绝缘电阻是否短路，避免了正极母线对地绝缘电阻或负极母线对地绝缘电阻短路时，还要进行复杂运算的问题，实现减小运算步骤，提高运算效率的效果。

[0100] 实施例四

[0101] 图4是本发明实施例四提供的一种直流充电桩绝缘检测方法的流程图。本实施例以上述各技术方案为基础进行优化。其中，与上述各实施例相同或相应的术语的解释在此不再赘述。

[0102] 参见图4，本实施例的直流充电桩绝缘检测方法具体可以包括如下步骤：

[0103] S210、采集第二电阻两端的电压和第三电阻的电压。

[0104] 其中，参见图1，采集第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3的电压，以确定第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5是否处于断开状态，即确定整个电路处于断路状态。通过判断采集第二电阻R_2两端的电压以及第三电阻R_3两端的电压是否为零，进而判断第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5的状态是否为断开。

[0105] S220、判断第二电阻两端的电压和第三电阻的电压是否均为零；若是，则进入至S230；若否，则进入至S240。

[0106] S230、则确定第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关正常；则进入至S250。

[0107] 其中，如果第二电阻两端的电压和第三电阻的电压均为零，则确定第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5为断开状态，进入下一步，即S250。

[0108] S240、对第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关进行检测，直至第二电阻R_2两端的电压和第三电阻R_3的电压均为零。

[0109] 其中，如果第二电阻两端的电压和第三电阻的电压均不为零，则无法确定第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5的状态是否都为断开，则需要进行检查，直至第一电压和第二电压的值均为零，即第一开关S_1、第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5断开，即检测电路正常，进入下一步，即S250。

[0110] S250、闭合第四开关和第五开关。

[0111] 其中，参见图1，闭合第四开关S_4和第五开关S_5，其他开关维持断开的状态。

[0112] S260、采集第二电阻两端的电压或第三电阻两端的电压。

[0113] S270、根据第二电阻两端的电压或第三电阻两端的电压确定系统总压值。

[0114] 其中，参见图1，当闭合第四开关S_4和第五开关S_5时，令采集的第二电阻R_2两端的电压为U_a、第三电阻R_3两端的电压为U_b，系统总压值为U_{DC}，则$U_{DC}=[U_a*(R_1+R_2+R_3+R_4)]/R_2$。

[0115] S280、确定系统总压值在预设总压范围内时，闭合第三开关、第四开关和第五开关。

[0116] 其中，直流充电桩在给电动汽车充电时，会与电动汽车上的电池管理系统(Battery Management System，BMS)进行信息交互，具体的，BMS会向直流充电桩提出需求，即电动汽车需要的工作电压。此时，控制模块基于此对直流充电桩进行检测，以确定直流充电桩提供的工作电压是否在BMS提出的工作电压要求范围内，当系统总压值在预设总压范

围内时，表明系统总压在正常的工作区间内，即可以为电动汽车进行充电，则进入下一步，即闭合第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5。示例性的，BMS会向直流充电桩提出电动汽车需要的工作电压为U_0，则控制模块基于此，对直流充电桩提供的系统总压值进行确定，如果系统总压值在预设总压范围内，其中，预设总压范围为96％U_0～110％U_0，则表明系统总压在正常的工作区间内，即可以为电动汽车进行充电。如此，避免了较高的系统总压对直流充电桩绝缘检测电路以及其他器件，例如模数转换模块的损坏。

[0117] 可选的，在闭合第三开关、第四开关和第五开关之前，先将第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关。

[0118] S290、采集第二电阻两端的第一电压和第三电阻两端的第二电压，并计算第一电压与第二电压的第一比值以及第二电压和第一电压的第二比值。

[0119] 其中，例如可以通过模数转换模块采集第二电阻R_2两端的第一电压U_2和第三电阻R_3两端的第二电压U_3，计算U_2/U_3的比值，即第一比值，以及计算U_3/U_2的比值，即第二比值。

[0120] S300、判断第一比值或第二比值是否小于预设比例值；若是，则进入到S310；若否，则进入到S340。

[0121] 其中，如果第一比值或第二比值中有一个小于预设比例值，则表明正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地绝缘电阻R_n或者负极母线对地绝缘电阻R_n远小于正极母线对地绝缘电阻R_p，此时存在两种情况，第一种情况：可能会出现直流充电桩正、负极有一端短路的情况；第二种情况：虽然正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地绝缘电阻R_n或者负极母线对地绝缘电阻R_n远小于正极母线对地绝缘电阻R_p，但是正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n都未短路。所以需要进一步判断是第一种情况，还是第二种情况，即进入到S310。如果第一比值和第二比值均大于等于预设比例值，则表明正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n相差无几，此时，需要进一步确定正极母线对地的绝缘电阻R_p和负极母线对地的绝缘电阻R_n的值，即进入到S340。

[0122] S310、则判断第一电压或第二电压是否小于预设电压值；若是，则进入到S320；若否，则进入到S330。

[0123] 其中，如果直流充电桩正、负极有一端短路，则采集的第一电压或第二电压中会有一个是零。但是考虑到，受电子电路本身噪声的影响，当正、负极母线一端出现短路时采集的第二电阻R_2两端的第一电压U_2或第三电阻R_3两端的第二电压U_3未必是零，所以本实施例通过判断第一电压或第二电压是否小于预设电压值，其中，预设电压值接近0V，但不等于0V，例如可以为0.5V，如此，避免了由于电子电路本身噪声的影响造成的误判，提高了检测精度。如果第一电压U_2或第二电压U_3小于预设电压值，则表明正极母线对地绝缘电阻R_p或负极母线对地绝缘电阻R_n短路，即进入到S320。如果第一电压U_2和第二电压U_3大于等于预设电压值，则表明虽然正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地绝缘电阻R_n或者负极母线对地绝缘电阻R_n远小于正极母线对地绝缘电阻R_p，但是正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n均未短路，此时，需要进一步确定正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n的值，即进入到S330。

[0124] S320、则确定正极母线对地绝缘电阻或负极母线对地绝缘电阻短路。

[0125] 其中，如果第一电压U_2或第二电压U_3中的一个值小于预设电压值，则确定正极母线对地绝缘电阻R_p或负极母线对地绝缘电阻R_n短路。此时，判定整个直流充电桩的绝缘性能不

合格。

[0126] 可选的，若第一电压U_2小于预设电压值，例如可以在直流充电桩的集控显示屏上直接显示绝缘故障；同理，若第二电压U_3小于预设电压值，则在直流充电桩的集控显示屏上直接显示绝缘故障。

[0127] S330、则基于第一关系式确定正极母线对地绝缘电阻的阻值和负极母线对地绝缘电阻的阻值；第一关系式为：

[0128] $$R_p=\frac{U_2\cdot R_3\cdot(R_1+R_2)}{U_3\cdot R_2-U_2\cdot R_3}$$

[0129] $$R_n=\frac{U_3\cdot R_2\cdot(R_3+R_4)}{U_2\cdot R_3-U_3\cdot R_2}$$

[0130] 其中，R_P为正极母线对地绝缘电阻，R_n为负极母线对地绝缘电阻，R_1为第一电阻，R_2为第二电阻，R_3为第三电阻，R_4为第四电阻，U_2为第二电阻R_2两端的第一电压，U_3为第三电阻R_3两端的第二电压；然后进入S390。

[0131] 其中，若否，即第一电压和第二电压大于等于预设电压值，则表明虽然正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地绝缘电阻R_n或者负极母线对地绝缘电阻R_n远小于正极母线对地绝缘电阻R_p，但是正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n都未短路。此时，可以基于S280，即闭合第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5的情况下，根据基尔霍夫电流定律，得以下方程：

[0132] $$\frac{U_2}{R_2}=\frac{U_3}{R_3}+\frac{U_3\cdot(R_3+R_4)}{R_3\cdot R_n} \quad (1)$$

[0133] 或者，

[0134] $$\frac{U_3}{R_3}=\frac{U_2}{R_2}+\frac{U_2\cdot(R_1+R_2)}{R_2\cdot R_p} \quad (2)$$

[0135] 因为正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地绝缘电阻R_n或者负极母线对地绝缘电阻R_n远小于正极母线对地绝缘电阻R_p，如果正极母线对地绝缘电阻R_p远小于负极母线对地绝缘电阻R_n，则整个直流充电桩的绝缘电阻为：

[0136] $$R_p=\frac{U_2\cdot R_3\cdot(R_1+R_2)}{U_3\cdot R_2-U_2\cdot R_3} \quad (3)$$

[0137] 如果负极母线对地的绝缘电阻R_n远小于正极母线对地的绝缘电阻R_p，则整个直流充电桩的绝缘电阻为：

[0138] $$R_n=\frac{U_3\cdot R_2\cdot(R_3+R_4)}{U_2\cdot R_3-U_3\cdot R_2} \quad (4)$$

[0139] 可以理解的是，如果正极母线对地的绝缘电阻R_p远小于负极母线对地的绝缘电阻R_n，此时只需要计算最小的电阻，即正极母线对地的绝缘电阻R_p即可，如果最小的电阻，即正极母线对地的绝缘电阻R_p在合格范围内，负极母线对地的绝缘电阻R_n必然在合格范围内，所以当极母线对地的绝缘电阻R_p远小于负极母线对地的绝缘电阻R_n或者负极母线对地的绝缘电阻R_n远小于正极母线对地的绝缘电阻R_p，只需计算最小电阻即可，减小运算步骤，提高运算效率。具体的，将S290采集的第二电阻R_2两端的第一电压U_2和第三电阻R_3两端的第二电压U_3代入公式(3)或(4)即可确定最小电阻。最小电阻确定后进入至S390。

[0140] S340、闭合第一开关、第三开关、第四开关和第五开关以及断开第二开关。

[0141] 其中，若第一比值和第二比值大于等于预设电压值，则闭合第一开关S_1、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5以及断开第二开关S_2。

[0142] S350、采集第二电阻两端的第三电压和第三电阻两端的第四电压。

[0143] 其中，当第一开关S_1、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5闭合以及第二开关S_2断开时，采集第二电阻R_2两端的第三电压U'_2和第三电阻R_3两端的第四电压U'_3。根据基尔霍夫电流定律可得如下方程：

[0144] $$\frac{U'_2}{R_2}+\frac{U'_2\cdot(R_1+R_2)}{R_2\cdot R_p}+\frac{U'_2\cdot(R_1+R_2)}{R_2\cdot R_5}=\frac{U'_3}{R_3}+\frac{U'_3\cdot(R_3+R_4)}{R_3\cdot R_n} \quad (5)$$

[0145] 其中，R_P为正极母线对地绝缘电阻，R_n为负极母线对地绝缘电阻，R_1为第一电阻，R_2为第二电阻，R_3为第三电阻，R_4为第四电阻，R_5为第五电阻，R_6为第六电阻，U'_2为第二电阻两端的第三电压，U'_3为第三电阻两端的第四电压。

[0146] S360、闭合第二开关、第三开关、第四开关和第五开关以及断开第一开关。

[0147] 其中，闭合第二开关S_2、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5以及断开第一开关S_1。

[0148] S370、采集第二电阻两端的第五电压和第三电阻两端的第六电压。

[0149] 其中，当第二开关S_2、第三开关S_3、S_4和第五开关S_5闭合以及第一开关S_1断开时，采集第二电阻R_2两端的第五电压U''_2和第三电阻R_3两端的第六电压U''_3。根据基尔霍夫电流定律可得如下方程：

[0150] $$\frac{U''_2}{R_2}+\frac{U''_2\cdot(R_1+R_2)}{R_2\cdot R_p}=\frac{U''_3}{R_3}+\frac{U''_3\cdot(R_3+R_4)}{R_3\cdot R_n}+\frac{U''_3\cdot(R_3+R_4)}{R_3\cdot R_6} \quad (6)$$

[0151] 其中，U''_2为第二电阻两端的第五电压，U''_3为第三电阻两端的第六电压。即第一开关S_1和第二开关S_2分时闭合，排除了在计算绝缘阻值时，正、负母线端绝缘阻值的相互影响，提高了系统的抗干扰能力。

[0152] S380、基于第二关系式确定正极母线对地绝缘电阻的阻值和负极母线对地绝缘电阻的阻值；第二关系式为：

[0153] $$R_p=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_1\cdot R_3+R_2\cdot R_3)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

[0154] $$R_n=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_2\cdot R_3+R_2\cdot R_4)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2}$$

[0155] 然后进入S390。

[0156] 其中，根据方程(5)和方程(6)求得直流充电桩正、负母线绝缘阻值分别为：

[0157] $$R_p=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_1\cdot R_3+R_2\cdot R_3)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_3\cdot U''_3+R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_3\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2} \quad (7)$$

[0158] $$R_n=\frac{(R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2-R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3)\cdot(R_2\cdot R_3+R_2\cdot R_4)}{R_1\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_3\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_3\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_2+R_2\cdot R_4\cdot R_5\cdot U'_2\cdot U''_3+R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_2\cdot U''_3-R_2\cdot R_5\cdot R_6\cdot U'_3\cdot U''_2} \quad (8)$$

[0159] 然后将闭合第一开关S_1、第三开关S_3、第四开关S_4和第五开关S_5以及断开第二开关S_2时采集的第二电阻R_2两端的第三电压U'_2和第三电阻R_3两端的第四电压U'_3，以及当第二开

关S_2、第三开关S_3、S_4和第五开关S_5闭合以及第一开关S_1断开时，采集第二电阻R_2两端的第五电压U''_2和第三电阻R_3两端的第六电压U''_3代入公式(7)和(8)，即可确定正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n。然后进入S390。

[0160] S390、判断正极母线对地绝缘电阻的阻值是否小于负极母线对地绝缘电阻的阻值；若是，则进入S400；若否，则进入S410。

[0161] 其中，依据国家标准，取正极母线对地绝缘电阻的阻值与负极母线对地绝缘电阻的阻值二者中的最小者，将最小者作为整个直流充电桩的绝缘电阻。如果正极母线对地绝缘电阻的阻值小于负极母线对地绝缘电阻的阻值，则进入S410；如果正极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于负极母线对地绝缘电阻的阻值，则进入S410。

[0162] S400、则当正极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于预设电阻值时，确定直流充电桩的绝缘性能合格。

[0163] 其中，此时正极母线对地绝缘电阻作为整个直流充电桩的绝缘电阻。当正极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于电阻预设值时，确定直流充电桩的绝缘性能合格。

[0164] S410、则当负极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于电阻预设值时，确定直流充电桩的绝缘性能合格。

[0165] 其中，此时负极母线对地绝缘电阻作为整个直流充电桩的绝缘电阻。当负极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于电阻预设值时，确定直流充电桩的绝缘性能合格。

[0166] 示例性的，取正极母线对地绝缘电阻R_p和负极母线对地绝缘电阻R_n中两者较小的一个为整个直流充电桩的绝缘阻值R_J。设定直流充电桩正负母线电压为U_{DC}，当$R_J/U_{DC}\geq 100\ \Omega/V$时，则判定整个直流充电桩的绝缘性能合格；当$R_J/U_{DC}<100\ \Omega/V$时，则判定整个直流充电桩的绝缘性能不合格。

[0167] 本实施例提供的直流充电桩绝缘检测方法，即避免了不必要的运算步骤，提高了运算效率和运算精度，同时避免了第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关的状态不正常时对检测精度的影响以及避免了较高的系统总压对直流充电桩绝缘检测电路以及其他器件。

[0168] 注意，上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解，本发明不限于这里所述的特定实施例，对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此，虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明，但是本发明不仅仅限于以上实施例，在不脱离本发明构思的情况下，还可以包括更多其他等效实施例，而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

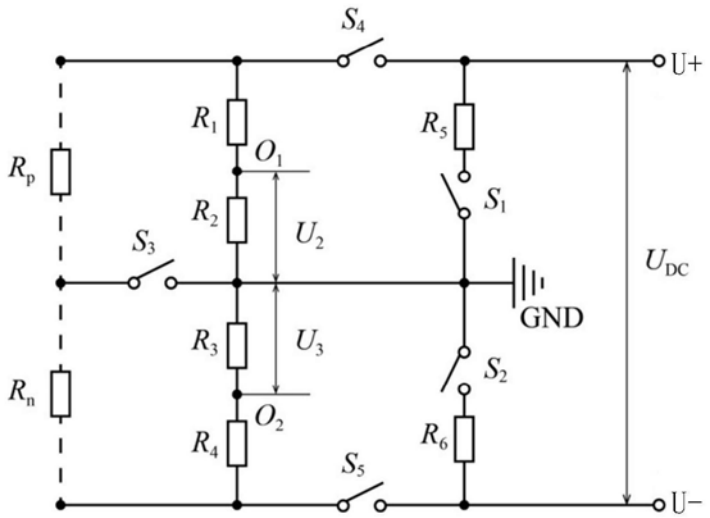

S4
U+
R1
O1
R5
Rp
R2
S1
U2
S3
UDC
GND
R3
U3
S2
Rn
O2
R4
R6
S5
U−

图1

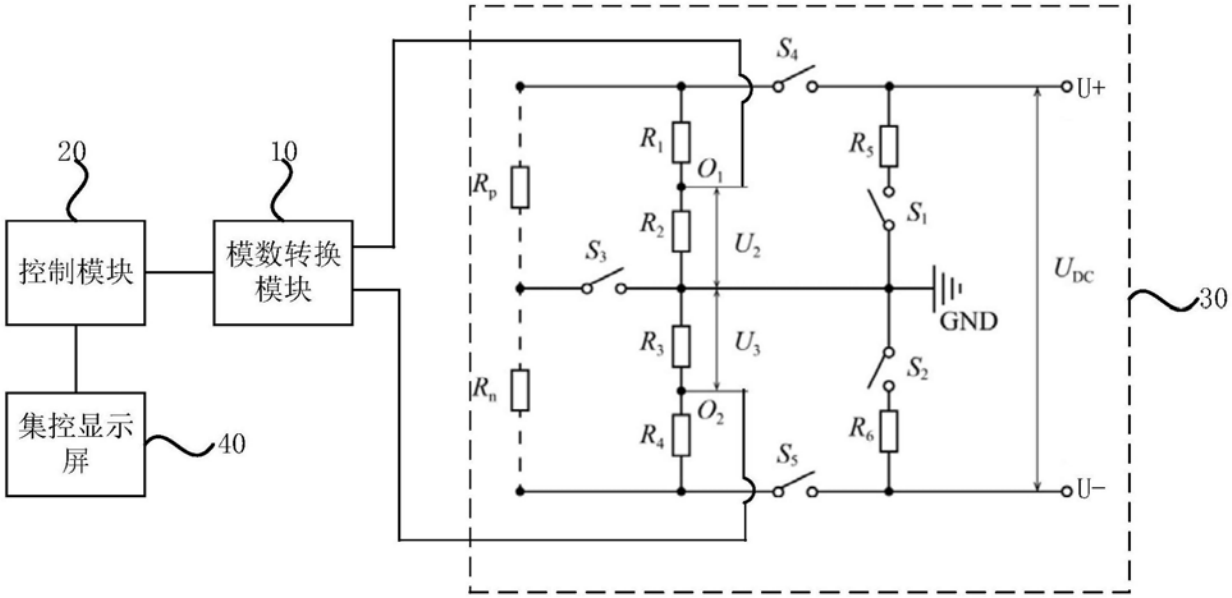

20
10
控制模块
模数转换模块
集控显示屏
40
30
S4
U+
R1
O1
R5
Rp
R2
S1
U2
S3
UDC
GND
R3
U3
S2
Rn
O2
R4
R6
S5
U−

图2

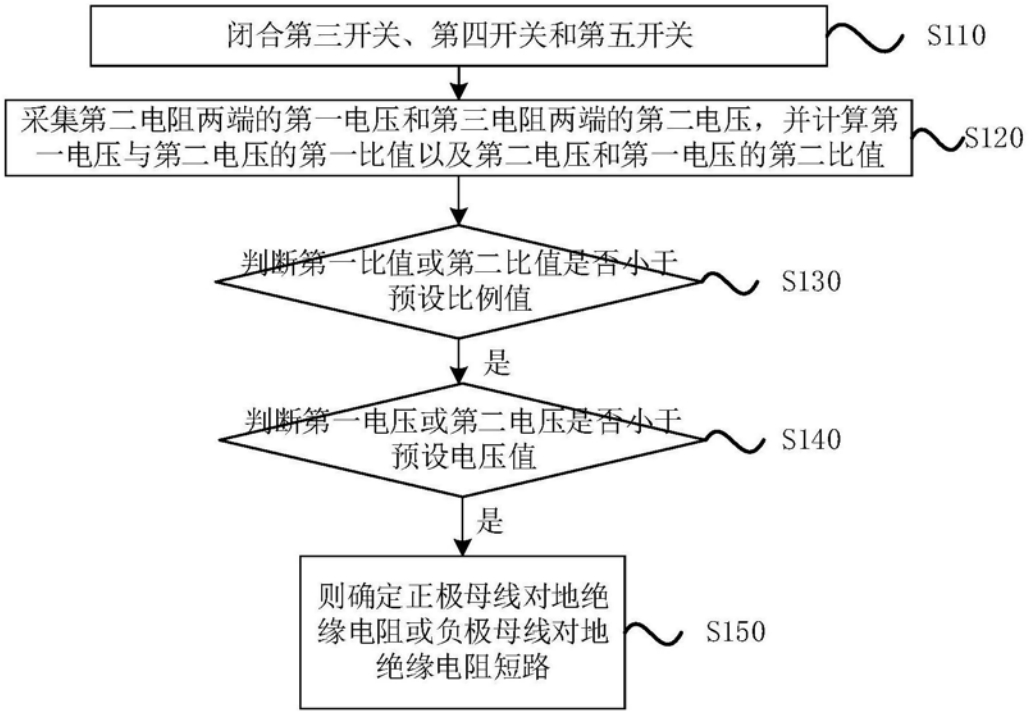

闭合第三开关、第四开关和第五开关
S110
采集第二电阻两端的第一电压和第三电阻两端的第二电压，并计算第一电压与第二电压的第一比值以及第二电压和第一电压的第二比值
S120
判断第一比值或第二比值是否小于预设比例值
S130
是
判断第一电压或第二电压是否小于预设电压值
S140
是
则确定正极母线对地绝缘电阻或负极母线对地绝缘电阻短路
S150

图3

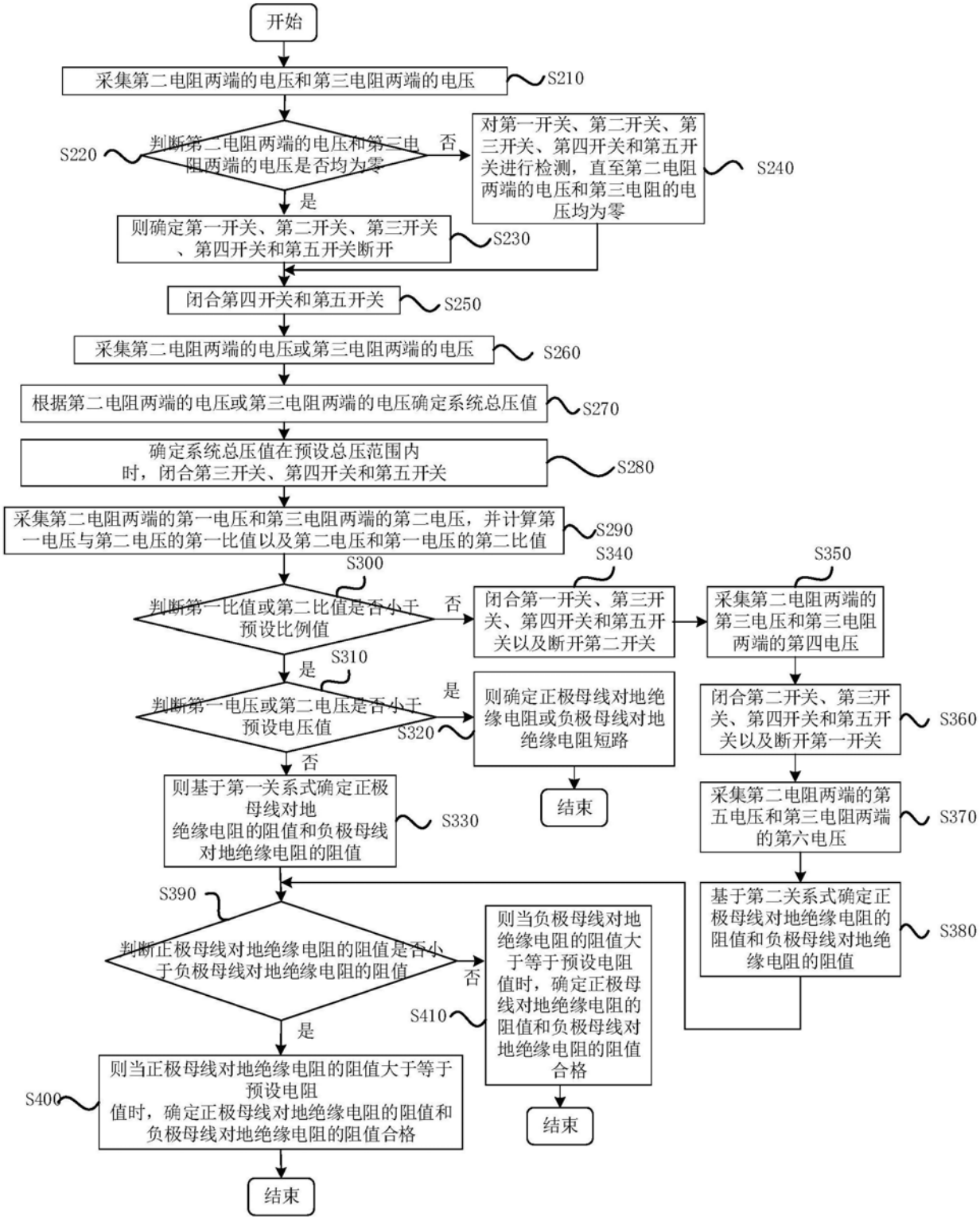

开始
采集第二电阻两端的电压和第三电阻两端的电压
S210
S220
判断第二电阻两端的电压和第三电阻两端的电压是否均为零
否
对第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关进行检测，直至第二电阻两端的电压和第三电阻的电压均为零
S240
是
则确定第一开关、第二开关、第三开关、第四开关和第五开关断开
S230
闭合第四开关和第五开关
S250
采集第二电阻两端的电压或第三电阻两端的电压
S260
根据第二电阻两端的电压或第三电阻两端的电压确定系统总压值
S270
确定系统总压值在预设总压范围内时，闭合第三开关、第四开关和第五开关
S280
采集第二电阻两端的第一电压和第三电阻两端的第二电压，并计算第一电压与第二电压的第一比值以及第二电压和第一电压的第二比值
S290
S300
判断第一比值或第二比值是否小于预设比例值
否
S340
闭合第一开关、第三开关、第四开关和第五开关以及断开第二开关
S350
采集第二电阻两端的第三电压和第三电阻两端的第四电压
是
S310
判断第一电压或第二电压是否小于预设电压值
是
S320
则确定正极母线对地绝缘电阻或负极母线对地绝缘电阻短路
结束
否
则基于第一关系式确定正极母线对地绝缘电阻的阻值和负极母线对地绝缘电阻的阻值
S330
闭合第二开关、第三开关、第四开关和第五开关以及断开第一开关
S360
采集第二电阻两端的第五电压和第三电阻两端的第六电压
S370
基于第二关系式确定正极母线对地绝缘电阻的阻值和负极母线对地绝缘电阻的阻值
S380
S390
判断正极母线对地绝缘电阻的阻值是否小于负极母线对地绝缘电阻的阻值
否
则当负极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于预设电阻值时，确定正极母线对地绝缘电阻的阻值和负极母线对地绝缘电阻的阻值合格
S410
结束
是
则当正极母线对地绝缘电阻的阻值大于等于预设电阻值时，确定正极母线对地绝缘电阻的阻值和负极母线对地绝缘电阻的阻值合格
S400
结束

图4