



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111366787 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 12

(21) 申请号 202010204886.7

(22) 申请日 2020.03.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111366787 A

(43) 申请公布日 2020.07.03

(73) 专利权人 广西电网有限责任公司电力科学
研究院

地址 530015 广西壮族自治区南宁市民主
路6-2号

(72) 发明人 杨健 吕泽承 覃秀君 夏小飞
饶夏锦 苏毅

(74) 专利代理机构 北京国帆知识产权代理事务
所(普通合伙) 11334

专利代理人 刘小哲

(51) Int.Cl.

G01R 27/08 (2006.01)

G01R 27/14 (2006.01)

G01R 35/00 (2006.01)

H02M 7/04 (2006.01)

H02M 7/06 (2006.01)

H01H 47/32 (2006.01)

H01H 47/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105842556 A, 2016.08.10

CN 208752434 U, 2019.04.16

CN 202093095 U, 2011.12.28

CN 108226645 A, 2018.06.29

CN 109599263 A, 2019.04.09

US 5172067 A, 1992.12.15

审查员 耿娜

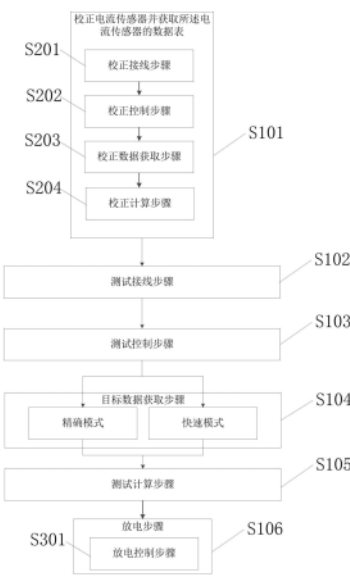
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

一种电容器放电线圈直流电阻测试方法及
设备

(57) 摘要

本发明提供了一种电容器放电线圈直流电
阻测试方法,用于高压并联电容器装置中的放电
线圈的直流电阻检测,包括:测试接线步骤、测试
控制步骤、目标数据获取步骤和测试计算步骤,
通过在被测的放电线圈两端施加可调直流电压,
采用电流传感器选择被测支路,并经过处理器及
相应继电器控制实现对毫安级小电流的精确测
量,从而得到放电线圈的直流电阻,具有良好的
实施便利性。另外,本发明还提供了一种电容器
放电线圈直流电阻测试设备。



1. 一种电容器放电线圈直流电阻测试方法,用于高压并联电容器装置中的放电线圈的直流电阻检测,所述高压并联电容器装置包括并联设置在电容器装置上的放电线圈;

其特征在于,包括:

测试接线步骤:将继电器控制电路的输出接口组的第一输出接口和第二输出接口分别接至放电线圈所在支路两端,形成测试主回路,将电流传感器钳制在所述测试主回路上;

测试控制步骤:处理器模块控制所述继电器控制电路的测试支路上的测试开关闭合,所述测试支路接入至所述测试主回路中,所述测试支路包括测试开关;

目标数据获取步骤:在精确模式下,处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s ,所述可调电源电压 U_s 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压,所述继电器控制电路的输出接口组的输出电压同为 U_s ;

所述电流传感器将所述测试主回路的电流 I_f 转化为实时反馈电压 U_f 回传至处理器模块;

处理器模块根据所述实时反馈电压 U_f 调节所述可调电源电压 U_s ,直至所述实时反馈电压 U_f 与数据表中第k组校正数据的校正电压 U_{pk} 相等;此时,所述可调电源电压 U_s 为目标电压 U_{s0} ,所述实时反馈电压 U_f 为目标反馈电压 U_{f0} ,在所述第k组校正数据中,所述校正电压 U_{pk} 所对应的校正电流 I_{pk} 为目标电流 I_{f0} ;

处理器模块得到一组目标数据,所述目标数据为 $\{U_{s0}, U_{f0}, I_{f0}\}$;

测试计算步骤:处理器模块计算所述放电线圈的直流电阻 $R_L = \frac{U_{s0}}{I_{f0}}$;

所述数据表包括n组校正数据 $\{U_{pi}, I_{pi}, R_{pi}\}$, $i=1, 2, \dots, n$, ,其中, U_{pi} 为第i组校正数据的校正电压, I_{pi} 为第i组校正数据的校正电流, R_{pi} 为第i组校正数据的校正电阻值, $k \in \{1, 2, \dots, n\}$;

每一组所述校正数据表示在一个校正电阻两端施加对应的校正电压并通过计算得到的校正电流,所述校正电压和所述校正电阻为确认值,所述校正电流值反映所述电流传感器的实际电流大小;

所述数据表生成方法包括:

校正接线步骤:将继电器控制电路输出接口组的第一输出接口和第二输出接口短接,形成闭合的校正主回路,将电流传感器钳制在所述校正主回路上;

校正控制步骤:处理器模块控制继电器控制电路的n路校正支路中的第i路校正支路上的校正开关闭合,所述n路校正支路中的其余校正支路上的校正开关保持断开,所述第i路校正支路接入至所述校正主回路中,所述第i路校正支路包括校正电阻 R_{pi} 及相应的校正开关;

校正数据获取步骤:处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s^i ,所述可调电源电压 U_s^i 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压,所述校正电阻 R_{pi} 两端电压为 U_s^i ;所述电流传感器将所述校正主回路的校正电流 I_{pi} 转化为实时反馈的校正电压 U_{pi} 回传至处理器模块;

校正计算步骤:处理器模块计算校正主回路的校正电流 $I_{pi} = \frac{U_s^i}{R_{pi}}$;

得到第i组校正数据 $\{U_{pi}, I_{pi}, R_{pi}\}$;

重复执行所述校正接线步骤、所述校正控制步骤、所述校正数据获取步骤和所述校正计算步骤,得到n组校正数据。

2.如权利要求1所述的电容器放电线圈直流电阻测试方法,其特征在于,所述目标数据获取步骤还包括:

在快速模式下,以一个校正函数曲线 $f(I_p', U_p')$ 基于最小二乘法拟合所述n组校正数据中的 I_{pi} 和 U_{pi} , I_p' 为拟合电流, U_p' 为拟合反馈电压;

处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s' , 所述可调电源电压 U_s' 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压, 所述继电器控制电路的输出接口组的输出电压同为 U_s' ; 所述可调电源电压 U_s' 为目标电压 U_{s0} ;

所述电流传感器将所述测试主回路的电流 I_f 转化为实时反馈电压 U_f 回传至处理器模块, 所述实时反馈电压 U_f 为目标反馈电压 U_{f0} ;

将所述目标反馈电压 U_{f0} 作为拟合反馈电压 U_p' 代入至所述校正函数曲线 $f(I_p', U_p')$ 中, 得到相对应的拟合电流, 所述相对应的拟合电流为目标电流 I_{f0} ;

处理器模块得到一组目标数据, 所述目标数据为 $\{U_{s0}, U_{f0}, I_{f0}\}$ 。

3.如权利要求1所述的电容器放电线圈直流电阻测试方法, 其特征在于, 所述电容器放电线圈直流电阻测试方法还包括放电步骤, 所述放电步骤在所述测试计算步骤后执行, 所述放电步骤包括:

放电控制步骤: 处理器模块控制所述继电器控制电路的放电支路上的放电开关闭合, 形成放电主回路, 所述放电支路包括放电开关及放电电阻。

4.一种电容器放电线圈直流电阻测试设备, 其特征在于, 用于实现权利要求1至3任一项所述的电容器放电线圈直流电阻测试方法。

一种电容器放电线圈直流电阻测试方法及设备

技术领域

[0001] 本发明涉及到检测领域,具体涉及到一种电容器放电线圈直流电阻测试方法及设备。

背景技术

[0002] 高压并联电容器装置是电力系统中实现无功补偿的重要设备,通过投切电容器组达到无功调节的目的。然而在切除电容器组时,电容元件中残余电荷的存在导致其出现较高的暂态过电压,从而危及开关设备的绝缘。为此,需要在并联电容器两端并联一个放电线圈,使并联电容器中的残余电荷得以迅速泄放,是确保设备和人员安全的重要技术措施之一,同时还是构成电容器组电压保护的重要测量装置,因此在配电网中广泛应用。

[0003] 标准规定,电容器放电线圈需在放电起始至5s内,将电容器的残余电压自额定值下降至50V以下。若电容器放电线圈发生故障,一方面容易引起电容器组无法正常泄放残余电荷,从而危及设备及人身安全,另一方面会导致电压保护误动,从而造成开关跳闸,影响电网安全稳定运行。因此,对电容器放电线圈的测量工作尤为重要,其中对其直流电阻的测量是规程要求的常规试验项目。

[0004] 在实际测量中,一方面由于放电线圈电感较大,其等效直流电阻通常为 $2\text{k}\Omega - 4\text{k}\Omega$,故其测量电流仅为毫安级,无法直接采用万用表进行精确测量;另一方面由于电容器组存在多个串并联支路,采用万用表也无法对单一放电线圈进行测量。此外,由于电容器储存电荷的作用,测量过程达到稳定状态的时间较长,甚至可能会产生LC振荡。目前,现有的放电线圈测量方式只能是将被测放电线圈拆除后单独采用较高精度的直流电阻测量仪进行测量,其缺点在于拆线及回装繁琐费时,且增加了检修人员的工作量。因此,亟需一种新的电容器放电线圈直流电阻测量技术,在无需拆线的情景下,达到快速、精确测量的目的。

发明内容

[0005] 为达到无需拆线的情景下,对高压并联电容器装置放电线圈进行快速、精确测量的目的,本发明提供了一种电容器放电线圈直流电阻测试方法及装置。

[0006] 一种电容器放电线圈直流电阻测试方法,用于高压并联电容器装置中的放电线圈的直流电阻检测,所述高压并联电容器装置包括并联设置在电容器装置上的放电线圈;

[0007] 包括:

[0008] 测试接线步骤:将继电器控制电路的输出接口组的第一输出接口和第二输出接口分别接至放电线圈所在支路两端,形成测试主回路,将电流传感器钳制在所述测试主回路上;

[0009] 测试控制步骤:处理器模块控制所述继电器控制电路的测试支路上的测试开关闭合,所述测试支路接入至所述测试主回路中,所述测试支路包括测试开关;

[0010] 目标数据获取步骤:在精确模式下,处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s ,所述可调电源电压 U_s 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压,所述

继电器控制电路的输出接口组的输出电压同为 U_s ;

[0011] 所述电流传感器将所述测试主回路的电流 I_f 转化为实时反馈电压 U_f 回传至处理器模块;

[0012] 处理器模块根据所述实时反馈电压 U_f 调节所述可调电源电压 U_s ,直至所述实时反馈电压 U_f 与数据表中第k组校正数据的校正电压 U_{pk} 相等;此时,所述可调电源电压 U_s 为目标电压 U_{s0} ,所述实时反馈电压 U_f 为目标反馈电压 U_{f0} ,在所述第k组校正数据中,所述校正电压 U_{pk} 所对应的校正电流 I_{pk} 为目标电流 I_{f0} ;

[0013] 处理器模块得到一组目标数据,所述目标数据为 $\{U_{s0}, U_{f0}, I_{f0}\}$;

[0014] 测试计算步骤:处理器模块计算所述放电线圈的直流电阻 $R_L = \frac{U_{s0}}{I_{f0}}$;

[0015] 所述数据表包括n组校正数据 $\{U_{pi}, I_{pi}, R_{pi}\}$, $i=1, 2, \dots, n$,其中, U_{pi} 为第i组校正数据的校正电压, I_{pi} 为第i组校正数据的校正电流, R_{pi} 为第i组校正数据的校正电阻值, $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ 。

[0016] 可选的实施方式,所述数据表基于数据表生成方法得出,所述数据表生成方法包括:

[0017] 校正接线步骤:将继电器控制电路输出接口组的第一输出接口和第二输出接口短接,形成闭合的校正主回路,将电流传感器钳制在所述校正主回路上;

[0018] 校正控制步骤:处理器模块控制继电器控制电路的n路校正支路中的第i路校正支路上的校正开关闭合,所述n路校正支路中的其余校正支路上的校正开关保持断开,所述第i路校正支路接入至所述校正主回路中,所述第i路校正支路包括校正电阻 R_{pi} 及相应的校正开关;

[0019] 校正数据获取步骤:处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s^i ,所述可调电源电压 U_s^i 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压,所述校正电阻 R_{pi} 两端电压为 U_s^i ;所述电流传感器将所述校正主回路的校正电流 I_{pi} 转化为实时反馈的校正电压 U_{pi} 回传至处理器模块;

[0020] 校正计算步骤:处理器模块计算校正主回路的校正电流 $I_{pi} = \frac{U_s^i}{R_{pi}}$;

[0021] 得到第i组校正数据 $\{U_{pi}, I_{pi}, R_{pi}\}$;

[0022] 重复执行所述校正接线步骤、所述校正控制步骤、所述校正数据获取步骤和所述校正计算步骤,得到n组校正数据。

[0023] 可选的实施方式,所述目标数据获取步骤还包括:

[0024] 在快速模式下,以一个校正函数曲线 $f(I_p', U_p')$ 基于最小二乘法拟合所述n组校正数据中的 I_{pi} 和 U_{pi} , I_p' 为拟合电流, U_p' 为拟合反馈电压;

[0025] 处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s' ,所述可调电源电压 U_s' 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压,所述继电器控制电路的输出接口组的输出电压同为 U_s' ;所述可调电源电压 U_s' 为目标电压 U_{s0} ;

[0026] 所述电流传感器将所述测试主回路的电流 I_f 转化为实时反馈电压 U_f 回传至处理器模块,所述实时反馈电压 U_f 为目标反馈电压 U_{f0} ;

[0027] 将所述目标反馈电压 U_{f0} 作为拟合反馈电压 U_p' 代入至所述校正函数曲线 $f(I_p', U_p')$ 中,得到相对应的拟合电流,所述相对应的拟合电流为目标电流 I_{f0} ;

[0028] 处理器模块得到一组目标数据,所述目标数据为 $\{U_{s0}, U_{f0}, I_{f0}\}$ 。

[0029] 可选的实施方式,所述电容器放电线圈直流电阻测试方法还包括放电步骤,所述放电步骤在所述测试计算步骤后执行,所述放电步骤包括:

[0030] 放电控制步骤:处理器模块控制所述继电器控制电路的放电支路上的放电开关闭合,形成放电主回路,所述放电支路包括放电开关及放电电阻。

[0031] 相应的,本发明还提供了一种电容器放电线圈直流电阻测试设备,用于实现上述任一项所述的电容器放电线圈直流电阻测试方法。

[0032] 综上,本发明提供了一种电容器放电线圈直流电阻测试方法及设备,通过在被测放电线圈两端施加可调直流电压,采用电流传感器实现不拆线的情景下被测支路的选取,并经过处理器模块及相应继电器控制电路实现对毫安级小电流的快速精确测量以及安全放电功能,从而得到高压并联电容器放电线圈的直流电阻,具有良好的实施便利性。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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它的附图。

[0034] 图1示出了本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试设备结构示意图;

[0035] 图2示出了本发明实施例的供电电路的结构示意图;

[0036] 图3示出了STM32F103xx的处理器结构示意图;

[0037] 图4示出了本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试方法的流程示意图;

[0038] 图5所示了本发明实施例的测量电容器放电线圈直流电阻的校正电路结构示意图;

[0039] 图6示出了本发明实施例的测量电容器放电线圈直流电阻的测量电路结构示意图;

[0040] 图7示出了本发明实施例的测量电容器放电线圈直流电阻设备放电时的电路结构示意图。

具体实施方式

[0041] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0042] 在对本发明所涉及的电容器放电线圈直流电阻测试方法进行说明前,为了便于理解,本发明实施例首先提供电容器放电线圈直流电阻测试设备中的其中一种电容器放电线圈直流电阻测试设备,后续再结合电容器放电线圈直流电阻测试设备对本发明所涉及的电容器放电线圈直流电阻测试方法进行说明。

[0043] 电容器放电线圈直流电阻测试设备

[0044] 图1示出了本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试设备结构示意图。

[0045] 具体的,本发明实施例提供了一种电容器放电线圈直流电阻测试设备,包括供电电路、外围设备、可调工作电源、电流传感器、处理器模块和继电器控制电路。

[0046] 继电器控制电路

[0047] 在本发明实施例中,所述继电器控制电路包括输入接口组、输出接口组、测试支路、若干路校正支路和放电支路。

[0048] 具体的,所述输入接口组包括第一输入接口和第二输入接口,所述输出接口组包括第一输出接口和第二输出接口。由于电路接线一般包括正极和负极(可理解为接地极),因此,所述输入接口组和所述输出接口组分别具有两个接口,在本发明实施例中,第一输入接口可理解为正极输入接口,第一输出接口可理解为正极输出接口;而第二输入接口和第二输出接口则可以理解为地线,相对应的,第二输入接口和第二输出接口直接连接形成接地线。在本实施例中,第一输入接口、第二输入接口、第一输出接口和第二输出接口均为供继电器控制电路外的设备或模块连接,对于继电器控制电路实际参与工作的整个电路而言,通过在第一输入接口和第一输出接口之间或在第二输入接口和第二输出接口之间接入不同的支路,可达到不同的电路效果。输入接口组和输出接口组之间的实际参与运行电路为继电器控制电路的主回路。

[0049] 具体的,在本发明实施例中,所述若干路校正支路中的任一路校正支路与所述测试支路并联至所述第一输入接口和第一输出接口之间,即在所述第一输入接口和第一输出接口之间设置有多条并联的支路,所述多条并联的支路包括若干路校正支路和一条测试支路。

[0050] 具体的,所述测试支路包括测试开关。

[0051] 具体的,所述若干路校正支路中的任一路校正支路包括串联设置的校正开关和校正电阻,所述若干路校正支路中不同校正支路的校正电阻的电阻值不同。

[0052] 所述若干路校正支路中的校正开关和所述测试支路中的测试开关分别具有开关控制端和开关驱动端。

[0053] 通过以上设置形式,当需要应用到某一条支路或组合应用多条支路时,只需闭合相对应的支路上的开关即可;由于开关采用信号控制的方式,处理器模块可通过相对应类型的信号分别对每一条支路中的开关进行控制,实际操作中不需要通过物理操作控制电路结构的变化即可实现改变电路回路的目的,从而实现多种电路功能,具有良好的操作便利性。

[0054] 具体的,由于本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试设备需要用于高压并联电容器装置的实际测量,为了保证使用安全性,本发明实施例的继电器控制电路还包括放电支路;所述放电支路两端分别连接至所述第一输出接口和第二输出接口之间;所述放电支路包括串联设置的放电开关和放电电阻;所述放电支路的放电开关具有开关控制端和开关驱动端。

[0055] 与校正支路和测试支路相类似,通过处理器模块对放电开关进行控制,可控制放电支路接入电路回路的时机,放电快速,操作便利,具有良好的实用性和安全性。

[0056] 可调工作电源

[0057] 具体的,所述可调工作电源具有调压输出端和调压控制端,所述调压输出端与所述输入接口组连接;需要说明的是,实际上调压输出端具有一正极输出端与一负极输出端(接地端),相对应的,调压输出端的正极输出端、负极输出端分别与继电器控制电路的第一输入接口和第二输入接口连接。

[0058] 调压控制端主要是供可调工作电源可根据外部的电压调节信号输出相对应的输出电压。

[0059] 在本发明实施例中,可调直流电源将220V交流市电转换为直流电输出,电压输出范围为0V-50V。

[0060] 电流传感器

[0061] 所述电流传感器具有电流信号输出端和测试端。其中,测试端用于获取目标电路的电流值,电流信号输出端用于对所获得到的目标电路的电流值进行输出;具体的,目标电路的电流值以电压信号的形式输出至处理器模块,处理器模块根据其内建的对应于特定电流传感器的数据对应关系,将所述电压信号转换为电流值。

[0062] 为了便于操作,本发明实施例的电流传感器选用开口式霍尔电流传感器,型号为HKCT100-5,口径40mm。具体实施中,只需将电流传感器夹在目标电路的回路上即可,操作便利,具有良好的实用性。

[0063] 供电电路

[0064] 图2示出了本发明实施例的供电电路的结构示意图。所述供电电路具有供电输入端和供电输出端,所述供电输出端分别与需要供电的部件或电路连接。具体使用中,本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试设备一般直接接入市电进行操作,因此,供电输入端用于接入市电,供电电路将市电转换为特定的电压进行输出。具体的,根据所选取的部件型号,具体所需的供电电路结构也会做出相应改变。针对现有技术下的各种常见的部件型号,可选的,所述供电电路包括直连电路、第一转换电路和第二转换电路;所述供电输出端的数量为多个。

[0065] 需要说明的,本发明实施例的供电电路是直接使用市电(220V交流电)进行供电的,因此,下述的有关电压转换的内容主要是针对市电实现的。

[0066] 直连电路:所述直连电路的输入端与所述供电输入端连接,所述直连电路的输出端电压与所述直连电路的输入端电压相同,所述直连电路的输出端与多个所述供电输出端中的其中一个供电输出端电性连接;直连电路的作用用于直接输出市电。在本发明实施例中,直连电路可用于可调工作电源的供电。

[0067] 第一转换电路:所述第一转换电路的输入端与所述供电输入端连接,所述第一转换电路的输出端电压为直流12V,所述第一转换电路的输出端与多个所述供电输出端中的其中一个供电输出端电性连接;具体的,第一转换电路的实施结构可参照附图图2所示出的第一转换电路结构示意图,其中,J1为220交流电输入接口,即供电输入端;F1为保险;C1为安规电容,用于对人体的保护,使人体断电接触电路后不会被电机;R1为压敏电阻,压敏电阻在过压后会箝位电压,使电路电压不会超过压敏电阻允许的阈值;T1为变压器,用于将220V交流电降压至所需的12V电压;D1至D4为型号为IN4007的二极管,用于形成整流桥,使交流12V电压转换为直流12V电压;C2和C3分别为滤波电容和稳压电容。通过第一转换电路的设置,供电电路可输出12V直流电压。在本发明实施例中,第一转换电路可用于继电器控

制电路中各类控制开关的开关驱动端供电。

[0068] 第二转换电路:所述第二转换电路的输入端与所述供电输入端连接,所述第二转换电路的输出端电压为直流5V,所述第二转换电路的输出端与多个所述供电输出端中的其中一个供电输出端电性连接。具体实施中,第二转换电路的结构可与第一转换电路相似,只需将变压器型号替换即可。在本发明实施例中,第二转换电路可用于处理器模块供电。

[0069] 具体实施中,第一转化电路和第二转换电路主要是用于外围设备和处理器模块的供电,具体实施中可根据实际情况进行使用。

[0070] 在附图图1所示结构中,由于供电电路的具体供电情况需根据实际设置的形式进行确认,因此,附图图1仅示出了供电电路对处理器模块的供电情况,供电电路对其余设备或电路的供电需结合实际实施方式进行适应性调整。

[0071] 外围设备

[0072] 具体的,由于本发明实施例涉及到处理器模块在不同步骤中所需要的作业内容不同,为了便于对处理器模块的控制,一般还需增加用于显示处理器模块内容的显示设备以及对处理器模块进行控制的控制设备。

[0073] 具体的,控制设备可以为控制器,所述若干个外围设备包括控制器;所述处理器模块具有控制接收端与所述控制器连接。具体实施中,控制器可以选用按钮、旋钮、键盘、鼠标的外设输入设备。

[0074] 具体的,所述若干个外围设备包括显示屏;所述处理器模块具有显示输出端,所述显示输出端与所述显示屏连接。

[0075] 处理器模块

[0076] 所述处理器模块具有调压输出端、电流信号接收端、测试开关端、若干个校正开关端和放电开关端;所述调压输出端与所述调压控制端连接,所述电流信号接收端与所述电流信号输出端连接;所述测试开关端与所述测试开关的控制端连接,所述若干个校正开关端分别与所述若干路校正支路的校正开关的控制端连接;所述放电开关端与所述放电开关的控制端连接。

[0077] 具体的,处理器模块起到了数据接收、电路控制、信号输出的作用。

[0078] 图3示出了STM32F103xx的处理器结构示意图。具体实施中,处理器模块可基于STM32F103xx系列处理器。STM32F103xx使用高性能的ARM Cortex-M3 32位的RISC内核;具体的,该处理器包含ADC (Analog-to-Digital Converter,模数转换器)、通用16位定时器和PWM定时器和通信接口;一般的,通信接口包括I2C接口、SPI接口、USART接口、USB接口和CAN接口(以上所述的通信接口均为特定协议的接口)。

[0079] 具体的,ADC接口可用于与电流传感器连接,获取电流传感器反馈的模拟信号;GPIO接口(通用输入输出接口)可用于与各支路的开关的开关控制端连接,以控制各支路接入总体回路;SPI接口可用于与可调工作电源的调压控制端连接,以实现处理器模块对可调工作电源的输出电压的控制;至于外围设备,可根据具体的型号通过特定的I2C接口、SPI接口、USART接口、USB接口和CAN接口等接口进行连接,本发明实施例不一一进行说明。

[0080] 具体实施中,由于继电器控制电路已内置了校正支路、测试支路和放电支路,通过处理器模块的信号控制即可实现对不同支路接入电路回路的控制,从而可快速实现本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试方法,在实际应用中较为便利,具有良好的实用性。

[0081] 相应的,本发明实施例提供了一种电容器放电线圈直流电阻测试方法,下面结合本发明实施例所提供的电容器放电线圈直流电阻测试设备进行说明。

[0082] 电容器放电线圈直流电阻测试方法

[0083] 图4示出了本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试方法的流程示意图。本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试方法包括:

[0084] S101:校正电流传感器并获取所述电流传感器的数据表:

[0085] 电流传感器在工作时通过模拟信号(电压信号)传输其数据,处理器模块接收到所述模拟信号后将其转换为数字信号并根据预设的对应关系(电压信号与电流值的对应关系)将其转化为电流值;由于每一个电流传感器都具有个体差异性,厂家出厂时所提供的所述预设的对应关系并不完全准确,因此,需要对电流传感器进行校正。

[0086] 具体的,校正电流传感器的目的是为了根据电流传感器的校正电压找出所对应的校正电流。若电流传感器在使用前的较短一段时间内已完成校正,则可不执行该步骤。

[0087] 需要说明的是,具体实施中,要完成电流传感器的校正,需要测试大量的数据,本发明实施例针对所需的具体应用场景,只需获取若干条(少量)精确的数据对应关系数据即可,即获取若干条(少量)校正电压和其所对应的校正电流即可。

[0088] 具体的,所述数据表生成方法包括:

[0089] S201:校正接线步骤:

[0090] 在本发明实施例中,在步骤S101中,首先需要对电容器放电线圈直流电阻测试设备进行接线。具体的,将继电器控制电路输出接口组的第一输出接口和第二输出接口短接,形成闭合的校正主回路,将电流传感器钳制在所述校正主回路上;所述电流传感器用于获取所述校正主回路的电流。经过接线后,具体的电路示意图可参照图5所示出的校正电路结构示意图。

[0091] S202:校正控制步骤:

[0092] 处理器模块控制继电器控制电路的n路校正支路中的第i路校正支路上的校正开关闭合,所述n路校正支路中的其余校正支路上的校正开关保持断开,所述第i路校正支路接入至所述校正主回路中,所述第i路校正支路包括校正电阻 R_{pi} 及相应的校正开关;具体的,每一组校正数据的获取电路可简化为图5所示的电路结构。

[0093] 需要说明的是,校正电阻 R_{pi} 都是已知的;在本发明实施例中,每一次接入校正主回路的校正支路的数量为一条,因此,校正主回路上的电阻值等于接入校正主回路的校正支路上的校正电阻的电阻值。具体的,每一组校正支路之间的校正电阻的电阻值不同。在本发明实施例中,考虑实际放电线圈阻值大小,校正电阻的电阻值范围可取 $1k\Omega - 5k\Omega$ 。

[0094] 具体的,校正支路的数量以n表示, $i=1,2,\dots,n$ 。在本发明实施例中, $n=5, i=1, 2, 3, 4, 5$ 。

[0095] 具体的,处理器模块使所述可调工作电源对所述继电器控制电路的输入接口组输出可调电源电压 U_s ;在本发明实施例中, $U_s=48V$ 。需要说明的是,可调电源电压 U_s 仅用于可调工作电源的输出电压, U_s 并非一个恒定的数值,具体实施中根据需求可进行调整。

[0096] 在本发明实施例中,每组校正支路的校正电阻的电阻值为 $R_{p1}=1k\Omega$ 、 $R_{p2}=2k\Omega$ 、 $R_{p3}=3k\Omega$ 、 $R_{p4}=4k\Omega$ 、 $R_{p5}=5k\Omega$ 。

[0097] S203:校正数据获取步骤:

[0098] 处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_S^i , 所述可调电源电压 U_S^i 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压, 所述校正电阻 R_{pi} 两端电压为 U_S^i ;

[0099] S204: 校正计算步骤:

[0100] 处理器模块计算第 i 路校正支路的校正电流 $I_{pi} = \frac{U_S^i}{R_{pi}}$; 得到第 i 组校正数据 $\{U_{pi}, I_{pi}, R_{pi}\}$ 。

[0101] 重复执行所述校正接线步骤、所述校正控制步骤、所述校正数据获取步骤和所述校正计算步骤, 得到 n 组校正数据。

[0102] 在 S101 中, 在开始校正时, 处理器模块先闭合第 i 路校正支路的校正开关, 使第 i 路校正支路接入主回路; 然后处理器模块驱动可调工作电源输出可调电源电压 U_S^i (本发明实施例以 48V 为例) 至继电器控制电路的输入接口组, 然后处理器模块同步接收基于所述电流传感器发送的对应于所述第 i 路校正支路的放电线圈两端的校正电压 U_{pi} ; 然后, 处理器模块

计算第 i 路校正支路的校正电流 $I_{pi} = \frac{U_S^i}{R_{pi}}$; 通过以上实施方式, 可得到若干组 (本发明实施例为五组) 精确的校正电压 U_{pi} 和校正电流 I_{pi} 的对应关系, 从而处理器模块可以通过电流传感器所反馈的校正电压 U_{pi} 找到精确的对应校正电流 I_{pi} 。

[0103] 具体的, 本发明实施例所测得的数据如下表所示:

[0104]	可调电源电压 U_S^i	校正电阻 R_{pi}	校正电流 I_{pi}	校正电压 U_{pi}
	48V	1k Ω	$I_{p1}=48\text{mA}$	U_{p1}
		2k Ω	$I_{p2}=24\text{mA}$	U_{p2}
		3k Ω	$I_{p3}=16\text{mA}$	U_{p3}
		4k Ω	$I_{p4}=12\text{mA}$	U_{p4}
		5k Ω	$I_{p5}=9.6\text{mA}$	U_{p5}

[0105] 具体实施中, 将所有的校正数据汇总形成数据表, 该数据表包括 n 组校正数据 $\{U_{pi}, I_{pi}, R_{pi}\}$, $i=1, 2, \dots, n$, 其中, U_{pi} 为第 i 组校正数据的校正电压, I_{pi} 为第 i 组校正数据的校正电流, R_{pi} 为第 i 组校正数据的校正电阻值, 其中, $i=1, 2, \dots, n$ 。

[0106] 通过该 S101, 可完成电流传感器中若干个数据对应关系的校正, 得到数据表; 所述数据表同步更新至处理器模块中, 以供处理器模块准确的根据电流传感器所反馈的电压信号, 得到电流传感器实际所要传输的电流大小数据 (校正电流 I_{pi})。

[0107] S102: 测试接线步骤;

[0108] 具体的, 在步骤 S101 对数据表进行获取后, 需要将电容器放电线圈直流电阻测试设备接入至放电线圈所在的工作电路中, 相应的, 需要对该电容器放电线圈直流电阻测试设备进行新的接线。

[0109] 将继电器控制电路的输出接口组的第一输出接口和第二输出接口分别接至所述放电线圈的两端, 将电流传感器钳制在被测的放电线圈所在支路上; 具体的, 图 6 示出了本

发明实施例测量电容器放电线圈直流电阻的电路结构示意图。放电线圈所在的工作电路主要包括电容器装置(图6中以电容符号表示)以及相应的放电线圈,放电线圈并联在所述电容器装置上。

[0110] S103:测试控制步骤;

[0111] 处理器模块控制所述继电器控制电路的测试支路上的测试开关闭合,形成测试主回路,所述测试支路包括测试开关;

[0112] 在该步骤S103后,本发明实施例的电容器放电线圈直流电阻测试设备的电路结构示意图如图6所示。

[0113] S104:目标数据获取步骤:

[0114] 具体的,本发明实施例目标数据的获取具有两种模式,分别为精确模式和快速模式。

[0115] 具体的,在精确模式下,处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s ,所述可调电源电压 U_s 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压,所述继电器控制电路的输出接口组的输出电压同为 U_s ;在本发明实施例中,升压停止条件为可调电源电压 U_s 达到输出电压上限值50V或输出电流上限值100mA。当达到升压停止条件时即可得到可调电源电压 U_s 。

[0116] 所述电流传感器将所述放电线圈所在支路的电流 I_f 转化为实时反馈电压 U_f 回传至处理器模块;

[0117] 处理器模块根据所述实时反馈电压 U_f 调节所述可调电源电压 U_s ,直至所述实时反馈电压 U_f 与数据表中第k组校正数据的校正电压 U_{pk} 相等;此时,所述可调电源电压 U_s 为目标电压 U_{s0} ,所述实时反馈电压 U_f 为目标反馈电压 U_{f0} ,在所述第k组校正数据中,所述校正电压 U_{pk} 所对应的校正电流 I_{pk} 为目标电流 I_{f0} ;

[0118] 处理器模块得到一组目标数据,所述目标数据为 $\{U_{s0}, U_{f0}, I_{f0}\}$ 。

[0119] 具体的,在快速模式下,以一个校正函数曲线 $f(I_p', U_p')$ 基于最小二乘法拟合所述n组校正数据中的 I_{pi} 和 U_{pi} , I_p' 为拟合电流, U_p' 为拟合反馈电压;

[0120] 处理器模块控制可调工作电源输出直流的可调电源电压 U_s' ,所述可调电源电压 U_s' 为所述继电器控制电路的输入接口组的输入电压,所述继电器控制电路的输出接口组的输出电压同为 U_s' ;所述可调电源电压 U_s' 为目标电压 U_{s0} ;

[0121] 所述电流传感器将所述放电线圈所在支路的电流 I_f 转化为实时反馈电压 U_f 回传至处理器模块,所述实时反馈电压 U_f 为目标反馈电压 U_{f0} ;

[0122] 将所述目标反馈电压 U_{f0} 作为拟合反馈电压 U_p' 代入至所述校正函数曲线 $f(I_p', U_p')$ 中,得到相对应的拟合电流,所述相对应的拟合电流为目标电流 I_{f0} ;

[0123] 处理器模块得到一组目标数据,所述目标数据为 $\{U_{s0}, U_{f0}, I_{f0}\}$ 。

[0124] 在步骤S104中,最终的目的是为了获取一组目标数据 $\{U_{s0}, U_{f0}, I_{f0}\}$ 。

[0125] S105:计算步骤;

[0126] 具体的,处理器模块计算所述放电线圈的直流电阻 $R_L = \frac{U_{s0}}{I_{f0}}$ 。

[0127] S106:放电步骤;

[0128] 在步骤S105完成后,需对电容器进行充分放电。

[0129] 所述放电步骤包括：

[0130] S301:放电控制步骤：

[0131] 处理器模块控制所述继电器控制电路的放电支路上的放电开关闭合，同时打开测试支路上的测试开关，形成放电主回路，所述放电支路包括放电开关及放电电阻。电容器上的残余电荷可通过放电主回路进行泄放。在本发明实施例中，放电起始条件为可调电源电压 U_s 降至0V。

[0132] 具体的，电容放电线圈直流电阻测试设备的放电电路结构示意图如图7所示。

[0133] 综上，本发明实施例提供了一种电容器放电线圈直流电阻测试方法及设备，通过处理器模块对不同支路的接入控制以及不同的接线方式，可以实现电流传感器的校正、电容器放电线圈直流电阻的测定和高压并联电容器装置放电功能，具有良好的操作便利性；电流传感器采用电流钳结构，放电线圈不需拆下即可实现放电线圈的直流电阻的测算，便于使用，具有良好的实用性。

[0134] 以上对本发明实施例所提供的一种电容器放电线圈直流电阻测试方法及设备进行详细介绍，本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

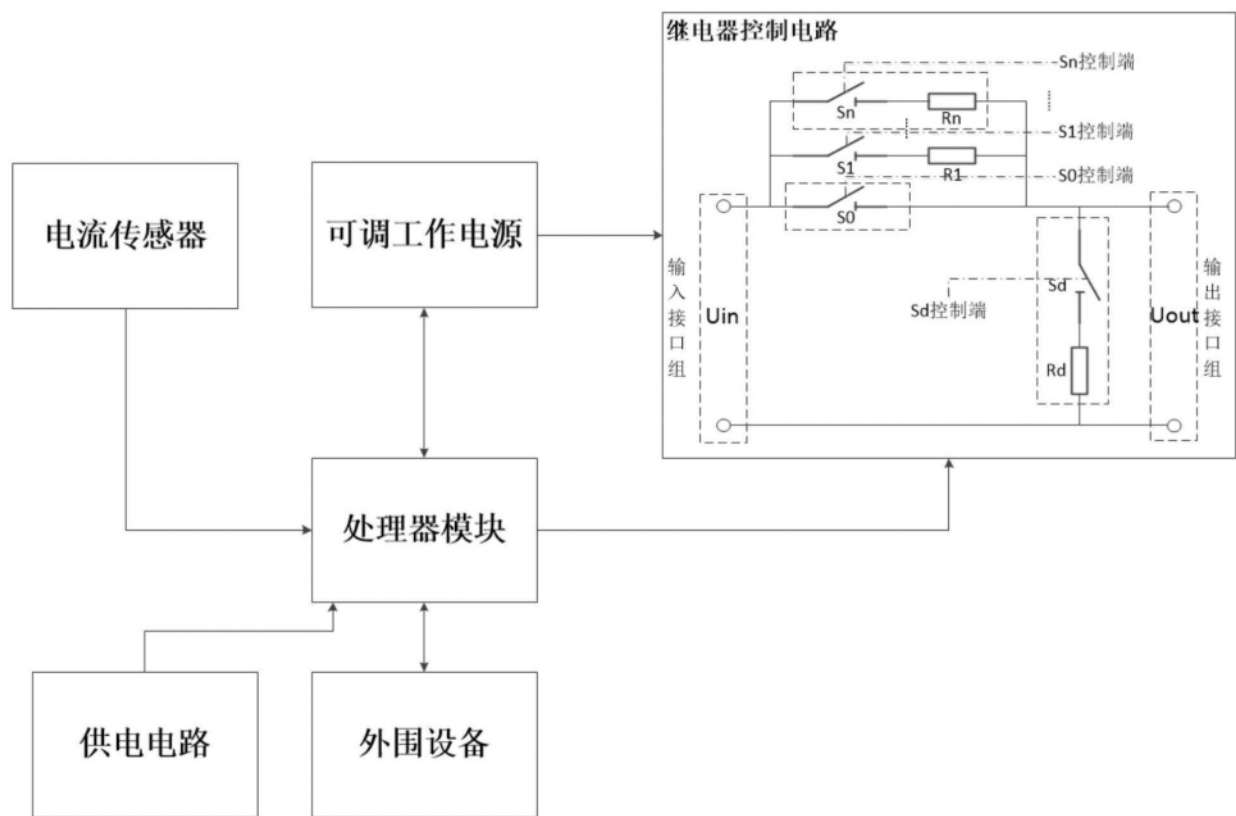


图1

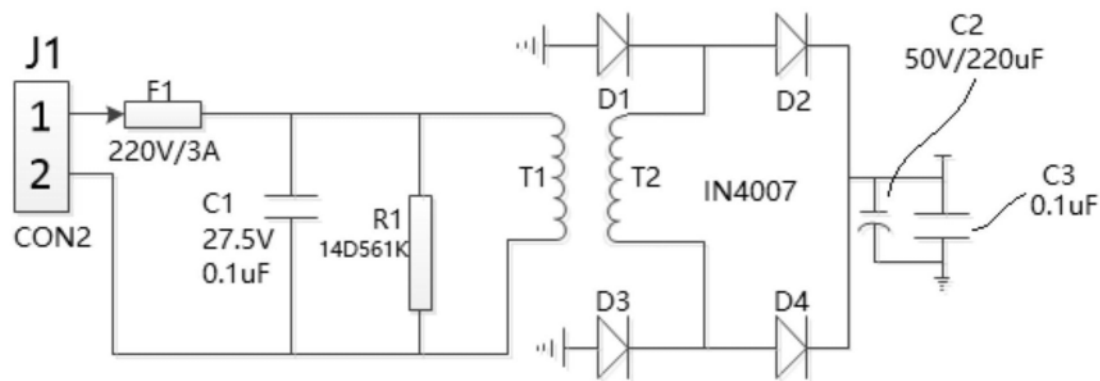


图2

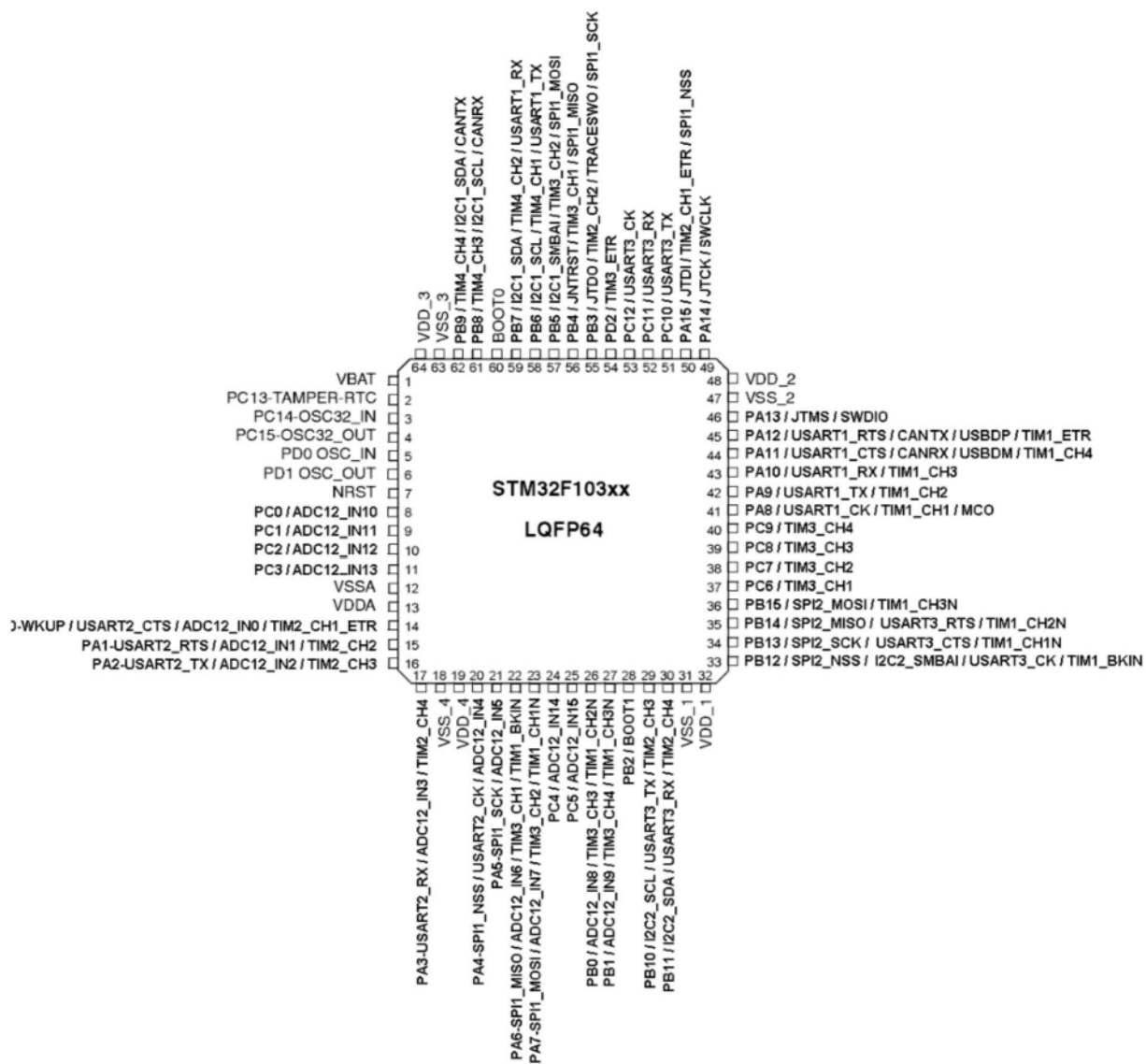


图3

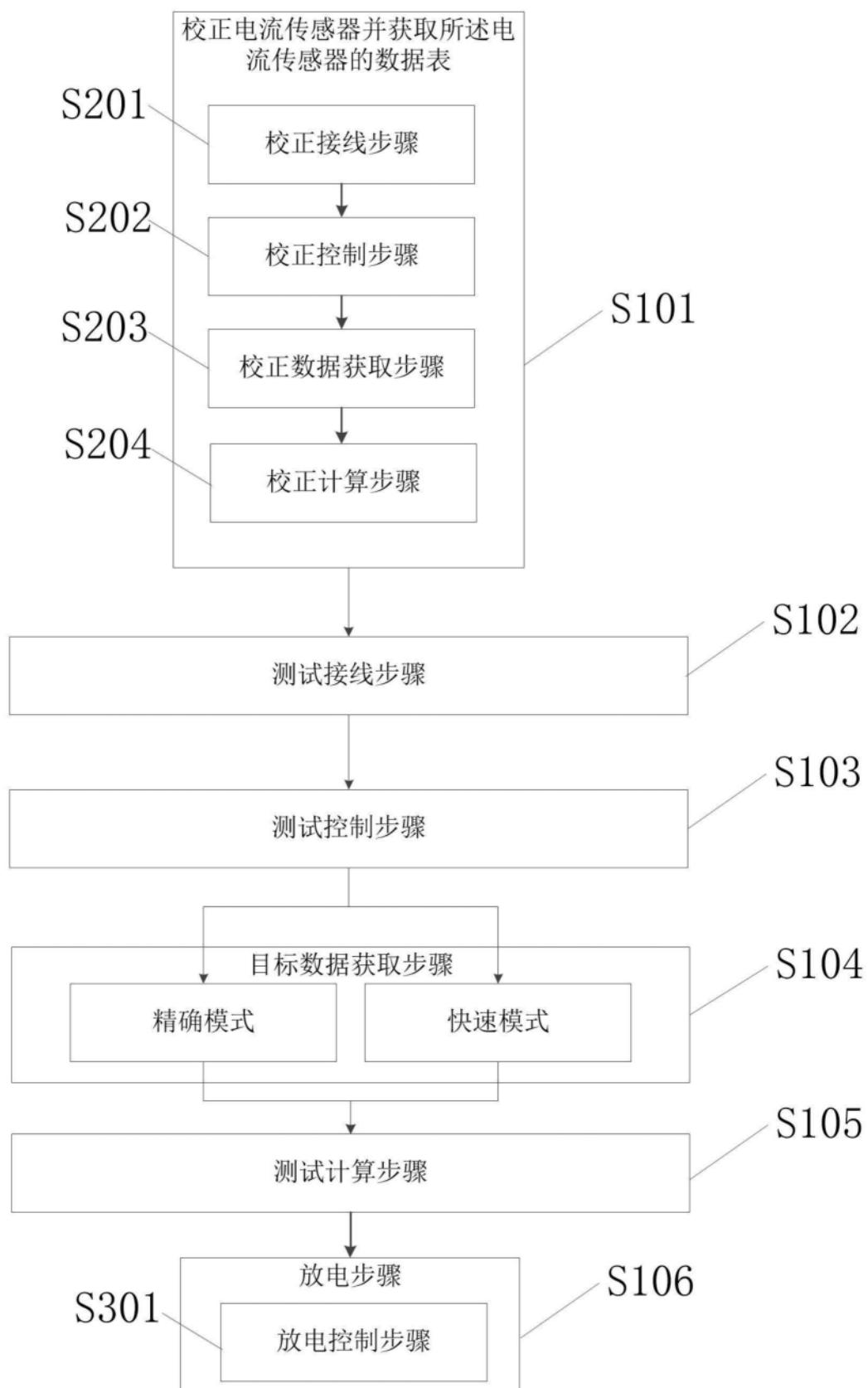


图4

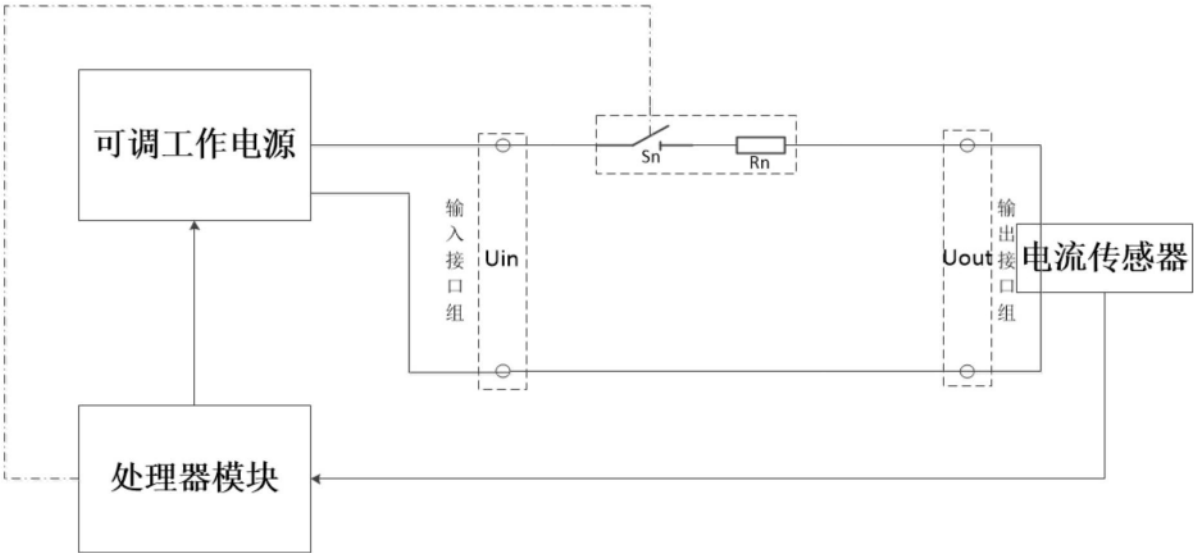


图5

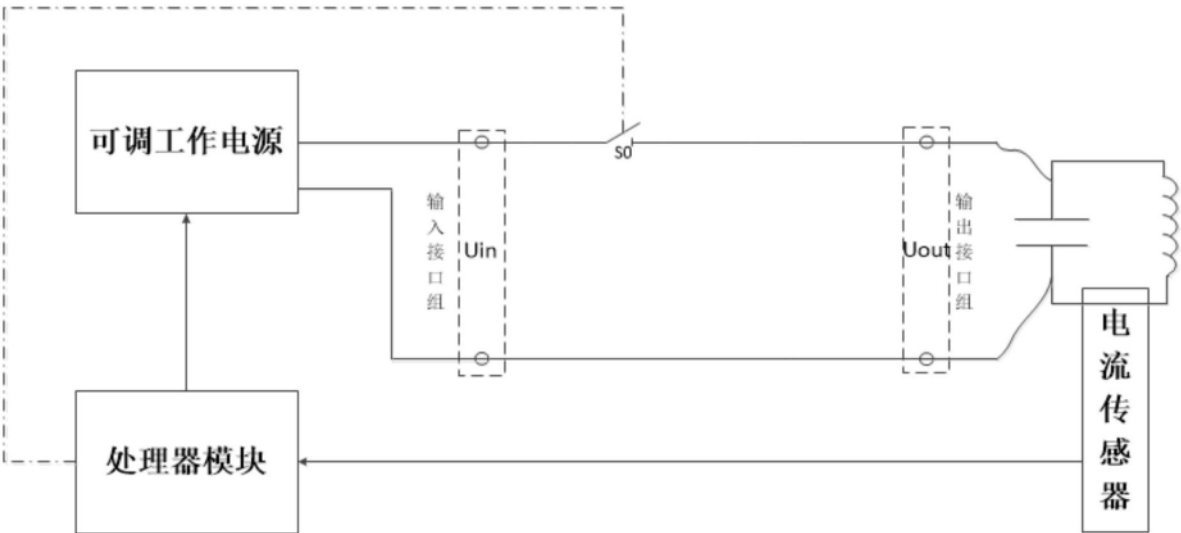


图6

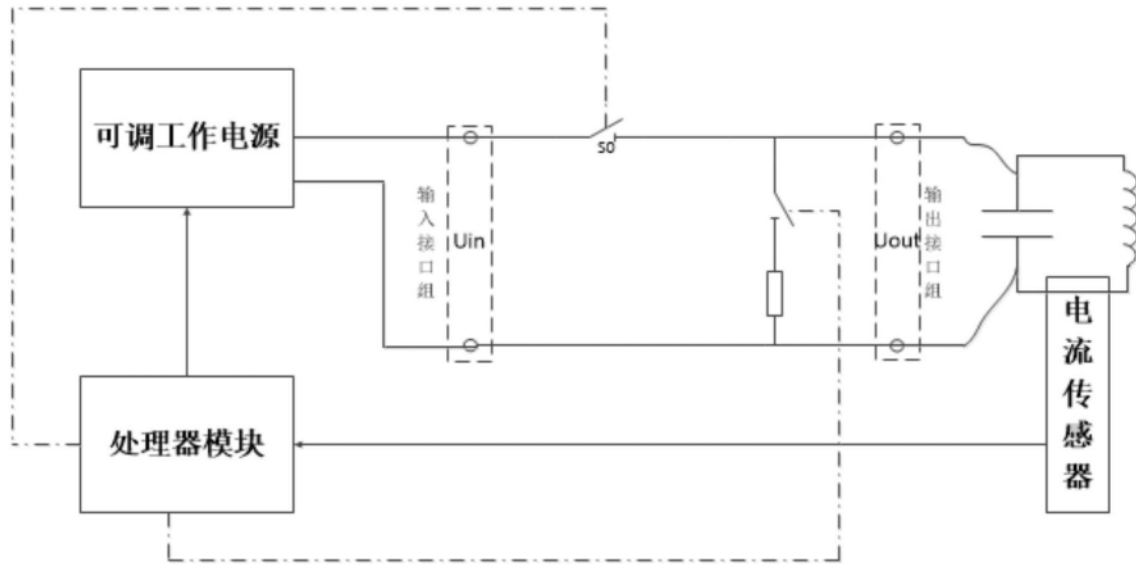


图7