



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102539917 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201010586101. 3

(22) 申请日 2010. 12. 13

(71) 申请人 河北深海电器有限公司  
地址 061503 河北省沧州市南皮县乌马营工业区

(72) 发明人 甄洪亮

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 汤在彦

(51) Int. Cl.  
G01R 27/02(2006. 01)

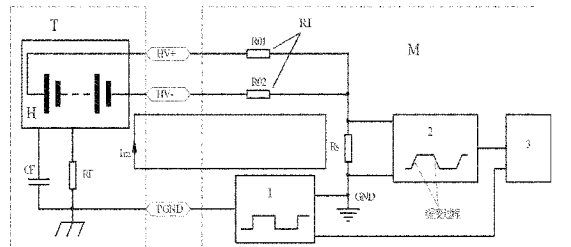
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置及方法

(57) 摘要

一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置及方法,该测量装置与待测系统连接,该待测系统包括一直流高压系统及一电底盘;该测量装置包括测量信号发生器单元、取样电阻单元及 MCU 控制单元;测量信号发生器单元、取样电阻单元均与 MCU 控制单元连接,该测量信号发生器单元的输出端连接该待测系统的电底盘,该测量信号发生器单元产生的测量电流通过所述绝缘电阻及所述泄漏电容流过该高压系统,通过该高压系统的正极及负极流回所述测量装置的取样电阻单元;该 MCU 控制单元将所述取样电阻的电压信号进行 A/D 转换并计算所述绝缘电阻大小;本发明不仅可以响应高压系统任何部位出现的绝缘故障,而且对整车绝缘影响很小,对整车进行耐压测试时,不需断开测量电路。



1. 一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置,该测量装置与待测系统连接,用于测量该待测系统的绝缘电阻;该待测系统包括一直流高压系统及一电底盘,该直流高压系统与该电底盘之间具有等效绝缘电阻及等效泄漏电容;其特征在于:

该测量装置包括有测量信号发生器单元、取样电阻单元及 MCU 控制单元;所述测量信号发生器单元、取样电阻单元均与 MCU 控制单元连接,该测量信号发生器单元的输出端连接该待测系统的电底盘,该测量信号发生器单元产生的测量电流通过所述绝缘电阻及所述泄漏电容流过该高压系统,通过该高压系统的正极及负极流回所述测量装置的取样电阻单元;该 MCU 控制单元将所述取样电阻单元的电压信号进行 A/D 转换并计算所述绝缘电阻大小。

2. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,该测量信号发生器单元具有正负电源输入端及对应的与 MCU 控制单元相连的二控制信号输入端,通过 MCU 控制单元的控制将输入电压 ( $V_{A+}/V_{A-}$ ) 变换成对称的方波脉冲电压测量信号并输出,MCU 控制单元控制该方波脉冲电压测量信号的脉冲宽度。

3. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述测量装置的取样电阻单元包括取样电阻以及与该直流高压系统的正极耦接的第一限流电阻及与其负极耦接的第二限流电阻,且该第一限流电阻及第二限流电阻的另一端连接至该取样电阻,该取样电阻的另一端与该测量装置的参考地连接。

4. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述测量装置还包括信号调理单元,该信号调理单元连接于所述取样电阻单元与所述 MCU 控制单元之间,该信号调理单元测量该取样电阻上的电压信号,并将该被测信号处理成适于所述 MCU 控制单元进行 AD 转换的电压信号。

5. 如权利要求 4 所述的测量装置,其特征在于,所述信号调理单元包括一级或多级反馈低通滤波放大电路及电平偏移电路,低通滤波放大电路对被测信号进行低通滤波,消除干扰;电平偏移电路将该被测信号处理成所述 MCU 控制单元可进行 AD 转换的电压范围之内。

6. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述测量装置还包括采用 DC/DC 隔离高频开关变换方式的电源变换单元,该电源变换单元包括输入电源电压、参考地及三组输出电源电压,所述三组输出电源分别提供至测量信号发生器、信号调理电路以及 MCU 控制单元。

7. 如权利要求 6 所述的测量装置,其特征在于,所述电源变换单元的输入电源电压 ( $V_{+}$ 、 $V_{-}$ ) 的幅值为 12V 或 24V,用于提供至测量信号发生器的第一组输出电源电压 ( $V_{A+}$ 、 $V_{A-}$ ) 的幅值为 15V ~ 60V,用于提供至信号调理电路的第二组输出电源电压 ( $V_{B+}$ 、 $V_{B-}$ ) 的幅值为 10V ~ 15V,用于提供至 MCU 控制单元的第三组输出电源电压 ( $V_C$ ) 为正电压,其幅值为 3.3V ~ 5V。

8. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述 MCU 计算出的绝缘电阻结果通过 CAN 接口、PWM 接口或开关量接口方式输出。

9. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述测量装置的内阻大于  $1M\Omega$ 。

10. 一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量方法,其特征在于,该测量方法包括:将测量信号接入待测系统的电底盘,由测量信号产生的测量电流  $I_m$  通过直流高压系统与该电

底盘之间的等效绝缘电阻及等效泄漏电容 (RF、CF) 流过高压系统,再通过高压系统的正极 HV+ 和负极 HV- 流至一取样电阻  $R_s$ ,测量该测量电流  $I_m$  在取样电阻  $R_s$  上产生的方波电压信号,由 MCU 控制单元进行 AD 转换,并在 MCU 内部计算绝缘电阻的大小。

11. 如权利要求 10 所述的测量方法,其特征在于,所述测量信号是由测量信号发生器单元产生,该测量信号发生器单元具有正负电源输入端及对应的与 MCU 控制单元相连的二控制信号输入端,通过 MCU 控制单元的控制将输入电压 ( $V_{A+}/V_{A-}$ ) 变换成对称的方波脉冲电压测量信号并输出,MCU 控制单元控制该方波脉冲电压测量信号的脉冲宽度。

12. 如权利要求 10 所述的测量方法,其特征在于,所述取样电阻与该直流高压系统的正极、负极间分别耦接有第一限流电阻及第二限流电阻,该取样电阻的另一端与该测量装置的参考地连接。

13. 如权利要求 10 所述的测量方法,其特征在于,在测量该测量电流  $I_m$  在取样电阻  $R_S$  上产生的方波电压信号后,还包括将该测量电流在所述取样电阻上产生的方波电压信号经过低通滤波及电平偏置后,使该测量信号符合所述 MCU 控制单元进行 A/D 转换的电压范围。

14. 如权利要求 10 所述的测量方法,其特征在于,所述测量方法还包括采用 DC/DC 隔离高频开关变换方式进行电源变换,以分别为测量信号发生器、信号调理电路以及 MCU 控制单元提供合适的电源电压。

15. 如权利要求 10 所述的测量方法,其特征在于,所述 MCU 计算出的绝缘电阻结果通过 CAN 接口、PWM 接口或开关量接口方式输出。

16. 如权利要求 10 所述的测量方法,其特征在于,所述测量方法还包括,该 MCU 控制单元自动调整所采集的方波电压信号的脉宽,当波形稳定后,记录波形的正向峰值及负向峰值,并在软件中进行低通滤波处理,处理后的结果用于进行绝缘电阻的计算。

17. 如权利要求 10 所述的测量方法,其特征在于,所述绝缘电阻的计算是通过建立适当的数学模型来实现的,具体计算公式为:

$$R_F = \frac{(V_{A+} - V_{A-})R_S}{V_{S\_P\_P}} - (R_S + 0.5R_l) \quad , \text{其中:}$$

$$V_{S\_P\_P} = V_{S+} - V_{S-} = \frac{(V_{A+} - V_{A-})R_S}{(R_F + R_S + 0.5R_l)}$$

$V_{A+}$ 、 $V_{A-}$  分别为正半周期及负半周期的测量信号电压;

$V_{S+}$ 、 $V_{S-}$  分别为正半周期及负半周期取样电阻  $R_s$  上的取样电压;

$R_s$  为取样电阻、 $R_l$  为限流电阻、 $R_F$  为等效绝缘电阻;

$V_{s\_p\_p}$  为取样电阻  $R_s$  上的取样电压的峰到峰值。

## 车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种绝缘电阻的测量技术,尤其涉及一种能够用于电动汽车(包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池车、超级电容车等)、铁路电力机车、电力系统等的车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置及方法。

### 背景技术

[0002] 电动汽车的高压系统中都有一组动力蓄电池组作为储能装置。为了保证车辆安全运行,必须要设计专用的检测装置对直流高压系统与电底盘之间的绝缘电阻进行实时在线监测。

[0003] 现有技术大部分参考标准“GB/T 18384.1-2001 车载储能装置 6.1 动力蓄电池的绝缘电阻 6.1.1 测量方法”中推荐的测量方法,我们称之为端电压法。

[0004] 现有技术存在以下问题:不能响应动力电池内部与电底盘之间的绝缘故障,另受测量开关器件耐压的影响,在对整车进行耐压测试时,必须断开测量电路。测量过程中需要并入阻值比较小的标准电阻,对整车的绝缘有一定影响。

[0005] 在电动汽车上,驱动电压一般都在 200V 以上,甚至会高达 600V,而低压控制部分一般是 12V 或 24V,高压电系统与电底盘之间没有直接的电气连接,即高压用电设备与电底盘之间是绝缘的,这是一种不接地系统。直流高压系统的电缆绝缘介质老化或受潮湿环境等因素影响都会导致高压电气系统和车辆电底盘之间的绝缘性能下降,电源正极或负极引线将通过绝缘层和电底盘之间构成漏电回路,使车辆电底盘电位上升,影响低压电气和电机控制器的正常工作,危及驾乘人员的人身安全。当车辆高压电路和电底盘之间出现发生多点绝缘性能下降时,会产生热量积聚效应,严重时会引起电气火灾。

[0006] 实时监测高压电气系统相对于车辆电底盘的电气绝缘性能是电动汽车电气安全技术的核心内容,对乘客安全和车辆安全运行具有重要的意义。在整车设计时必须考虑对高压电气系统与电底盘之间的绝缘监测。

[0007] 端电压法简单原理框图如图 1 所示。在标准“GB/T 18384.1-2001 车载储能装置 6.1 动力蓄电池的绝缘电阻 6.1.1 测量方法”中的有详细的介绍。

[0008] 相关专利有:CN101158701A:高压系统电压及绝缘电阻测量电路,CN101603986A:车用高压电绝缘电阻测量电路,CN101324645A:混合动力车高压能量管理系统绝缘电阻测算方法及装置。

[0009] 其工作原理:通过测量并入标准电阻前、后直流母线与电底盘之间的电压变化,可计算得到系统的绝缘电阻值。如图 1 所示,其中:

[0010] Gnd 表示车辆电底盘; $R_p$  动力电池正极与电底盘之间的绝缘电阻; $R_n$  动力电池负极与电底盘之间的绝缘电阻; $V_p$  动力电池正极与电底盘之间的电压; $V_n$  动力电池负极与电底盘之间的电压; $R_0$  标准电阻; $S_P$  正极测量开关; $S_N$  负极测量开关。

[0011] 在电动汽车上都会配置一组动力电池组,动力电池正极和负极与电底盘之间都会存在一个绝缘电阻,分别是电阻  $R_p$ 、 $R_n$ ,正常情况下这两个阻值都比较大(例如大于 10 兆

欧姆)。V<sub>p</sub> 和 V<sub>n</sub> 就是这两个电阻对动力电池的分压值,是可以测量的。根据并入标准电阻前后 V<sub>p</sub> 和 V<sub>n</sub> 值的变化可以求出绝缘电阻 R<sub>p</sub>、R<sub>n</sub> 的值。实际测量时分成两步,第一步,当开关 S<sub>N</sub>、S<sub>P</sub> 全部断开时,测量并记录 V<sub>p</sub> 和 V<sub>n</sub> 值,第二步,闭合开关 S<sub>P</sub>(或开关 S<sub>N</sub>),等于在电阻 R<sub>p</sub> 上并联了一个标准电阻 R<sub>0</sub>,再次测量并记录 V<sub>p</sub> 和 V<sub>n</sub> 值,据此可以列方程求解电阻 R<sub>p</sub> 和 R<sub>n</sub> 的值。在标准“GB/T 18384.1-2001 车载储能装置 6.1 动力蓄电池的绝缘电阻 6.1.1 测量方法”中的有详细的推导过程。

[0012] 这种方法有以下缺陷:

[0013] A. 不能响应动力电池内部对电底盘的类似短路故障。当动力电池内部与电底盘之间发生类似短路故障时,无论测量开关处于断开或闭合位置,V<sub>p</sub> 和 V<sub>n</sub> 值不会变化或变化很小。因此这种方法不能准确测量这种故障工况下的绝缘电阻值。而这种工况是一种非常严重的绝缘故障,这也是本方案的一个致命缺陷。

[0014] B. 对整车进行耐压测试(在高压与电底盘之间加 3.5KV 高压)时,必须将这部分电路断开。原因是方案中的测量开关一般采用光耦继电器,这种器件的耐压值有限,一般为 600V 左右。

[0015] C. 测量过程中并入的标准电阻的阻值一般都小于 1MΩ,对整车绝缘有一定影响。

## 发明内容

[0016] 本发明解决的技术问题是提供一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置,使其可以响应高压系统任何部位出现的绝缘故障。

[0017] 本发明的技术解决方案是:

[0018] 一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置,该测量装置与待测系统连接,用于测量该待测系统的绝缘电阻;该待测系统包括一直流高压系统及一电底盘,该直流高压系统与该电底盘之间具有等效绝缘电阻及等效泄漏电容;其中:该测量装置包括有测量信号发生器单元、取样电阻单元及 MCU 控制单元(Micro Control Unit);所述测量信号发生器单元、取样电阻单元均与 MCU 控制单元连接,该测量信号发生器单元的输出端连接该待测系统的电底盘,该测量信号发生器单元产生的测量电流通过所述绝缘电阻及所述泄漏电容流过该高压系统,通过该高压系统的正极及负极流回所述测量装置的取样电阻单元;该 MCU 控制单元将所述取样电阻的电压信号进行 A/D 转换并计算所述绝缘电阻大小。

[0019] 一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量方法,其中,该测量方法包括:将测量信号接入待测系统的电底盘,由测量信号产生的测量电流 I<sub>m</sub> 通过直流高压系统与该电底盘之间的等效绝缘电阻及等效泄漏电容(RF、CF)流过高压系统,再通过高压系统的正极 HV+ 和负极 HV- 流至一取样电阻 R<sub>s</sub>,测量该测量电流 I<sub>m</sub> 在取样电阻 R<sub>s</sub> 上产生的方波电压信号,由 MCU 控制单元进行 AD 转换,并在 MCU 控制单元内部计算绝缘电阻的大小。

[0020] 由以上说明得知,本发明确实具有如下的优点:

[0021] 1、本发明使用 MCU 控制单元的控制可以实现自动实时在线测量,测量结果可以通过 CAN 接口、PWM 接口、开关量接口等方式输出;

[0022] 2、与现有技术相比,本发明可以响应高压系统任何部位出现的绝缘故障(包括动力电池内部与电底盘之间的绝缘故障);

[0023] 3、本发明的车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置的内阻大于 1MΩ,对整车绝

缘影响很小；

[0024] 4、本发明的车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置由于不使用测量开关器件，对整车进行耐压测试时，可以不需断开测量电路。

#### 附图说明

[0025] 图 1 为现有技术绝缘电阻端电压测量法原理图；

[0026] 图 2 为本发明的测量系统原理框图；

[0027] 图 3 为本发明的测量信号发生器单元电路示意图；

[0028] 图 4 为本发明的信号调理单元电路示意图；

[0029] 图 5 为本发明的电源变换单元示意图；

[0030] 图 6 为本发明的对高压系统正极一侧的测量电路模型示意图。

#### 具体实施方式

[0031] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解，现对照附图说明本发明的具体实施方式。

[0032] 本发明的一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置及方法，是通过使用注入测量信号的方式，以测出高压系统对地的一个综合绝缘电阻，且可以响应高压系统任何部位出现的绝缘故障（包括动力电池内部与电底盘之间的绝缘故障）。

[0033] 本发明的车用直流高压系统的绝缘电阻的测量装置与一待测系统连接，用于测量该待测系统的绝缘电阻；一般情况下，该待测系统包括一直流高压系统及一电底盘，该直流高压系统与该电底盘之间具有等效绝缘电阻及等效泄漏电容；其中，该测量装置主要包括有：测量信号发生器单元、取样电阻单元及 MCU 控制单元。

[0034] 具体的，如图 2 所示，测量信号发生器单元 1、取样电阻单元均与 MCU 控制单元 3 连接，测量信号发生器单元 1 的输出端连接待测系统的电底盘，测量信号发生器单元 1 产生的测量电流  $I_m$  通过绝缘电阻  $R_F$  及泄漏电容  $C_F$  流过高压系统 H，然后通过高压系统 H 的正极 HV+ 及负极 HV- 流回测量装置的取样电阻单元；MCU 控制单元 1 将取样电阻  $R_s$  的电压信号进行 A/D 转换并计算绝缘电阻  $R_F$  大小。

[0035] 本发明的绝缘电阻的测量装置，其取样电阻单元包括取样电阻  $R_s$  以及与直流高压系统 H 的正极 HV+ 耦接的第一限流电阻 R01 及与其负极 HV- 耦接的第二限流电阻 R02，且第一限流电阻 R01 及第二限流电阻 R02 的另一端连接至取样电阻  $R_s$ ，取样电阻  $R_s$  的另一端与测量装置 M 的参考地 GND 连接。

[0036] 在实际应用中，为了使测量装置运行更为稳定，以及所测量的绝缘电阻更加准确，较佳的，如图 2 及图 5 所示，本发明的绝缘电阻的测量装置还可包括有：

[0037] 信号调理单元 2，连接于取样电阻单元与 MCU 控制单元 3 之间，信号调理单元 2 测量取样电阻  $R_s$  上的电压信号，并将该电压信号处理成适于 MCU 控制单元 3 进行 AD 转换的电压信号；

[0038] 电源变换单元 4，采用 DC/DC 隔离高频开关变换方式，电源变换单元 4 包括输入电源电压、参考地及三组输出电源电压，三组输出电源分别提供至测量信号发生器 1、信号调理电路以及 MCU 控制单元 3。

[0039] 请再参照图 2 及图 5, 本发明的较佳具体实施例, 如图所示, 为本发明的测量系统原理框图及电源变换单元示意图, 其中, 电源变换单元 4 的输出端分别与测量信号发生器单元 1、信号调理单元 2 及 MCU 控制单元 3 连接; 该限流和取样电阻单元包括两个限流电阻  $R_I$ , 以及取样电阻  $R_s$ , 限流电阻  $R_I$  的第一端与该高压系统的正极  $HV+$  及负极  $HV-$  连接, 该取样电阻  $R_s$  的第一端与二限流电阻  $R_I$  的第二端连接, 该取样电阻  $R_s$  的第二端与该测量装置的参考地  $GND$  连接; 该测量信号发生器单元 1 的输出端连接该待测系统  $T$  的电底盘, 该测量信号发生器单元 1 产生的测量电流  $I_m$  通过绝缘电阻  $R_F$  及泄漏电容  $C_F$  流过该高压系统  $H$ , 通过该高压系统  $H$  的正极  $HV+$  及负极  $HV-$  流回测量装置  $M$  内部的限流电阻  $R_I$  和取样电阻  $R_s$  后到达参考地  $GND$ ; 该信号调理单元 2 的输入端与该取样电阻  $R_s$  第一端连接, 并测量该取样电阻  $R_s$  上的电压信号; 该 MCU 控制单元 3 与该信号调理单元 2 的输出端连接, 其将取样电阻  $R_s$  的电压信号进行 A/D 转换, 并在 MCU 控制单元内部计算所述绝缘电阻大小。

[0040] 本发明的绝缘电阻测量装置在实际工作时, 限流电阻  $R_I$  本身也是直流高压的负载, 同时为了保证测量电流足够小, 可以实现低压电路和高压电路之间的高阻隔离, 因此, 较佳地, 本发明的限流电阻  $R_I$  的阻值一般大于  $2M\Omega$ , 可以由多只电阻串联或并联而成。另外, 取样电阻  $R_s$  上的电压是与测量信号对应的方波电压, 电压的峰值与外接绝缘电阻  $R_F$  的大小相关, 可以使用下文中的公式计算出绝缘电阻的大小, 因此, 为了保证取样信号幅度可测, 较佳地, 取样电阻  $R_s$  的阻值一般大于  $1K\Omega$ , 优选是大于  $10K\Omega$ 。

[0041] 本发明的绝缘电阻的测量装置, 其测量信号发生器单元 1 具有正负电源输入端及对应与 MCU 控制单元 3 相连的二控制信号输入端, 通过 MCU 控制单元的控制将输入电压 (信号源电压)  $V_{A+}$ 、 $V_{A-}$  变换成对称的方波脉冲电压测量信号并输出, MCU 控制单元 3 控制该方波脉冲电压测量信号的脉冲宽度。

[0042] 参照图 3 所示, 本发明的绝缘电阻的测量装置的一具体实施例中, 其测量信号发生器单元包括: 一个 LC 低通滤波器、两个限流保护电阻  $R_{I9}$ 、 $R_{I10}$ 、四个开关三极管  $Q_1 \sim Q_4$  及八个分别对应所述开关三极管  $Q_1 \sim Q_4$  设置的偏置电阻  $R_{11} \sim R_{18}$ ; 其中:

[0043] 测量信号发生器单元 1 具有正负电源输入端  $V_{A+}$ 、 $V_{A-}$ , 以及对应与 MCU 控制单元 3 相连的二控制信号输入端  $MCU\_P$ 、 $MCU\_N$ 。

[0044] 该测量信号发生器单元 1 的信号输入端  $MCU\_P$  与偏置电阻  $R_{13}$  的第一端连接, 偏置电阻  $R_{13}$  的第二端与开关三极管  $Q_2$  的基极连接, 偏置电阻  $R_{14}$  的两端分别与开关三极管  $Q_2$  的发射极与基极连接, 且开关三极管  $Q_2$  的发射极连接一参考地; 偏置电阻  $R_{12}$  一端连接开关三极管  $Q_2$  的集电极, 另一端连接开关三极管  $Q_1$  的基极, 偏置电阻  $R_{11}$  两端分别连接开关三极管  $Q_1$  的发射极与基极, 电源变换单元 4 的一电压输出端 (信号源电压  $V_{A+}$ ) 与开关三极管  $Q_1$  的发射极连接, 开关三极管  $Q_1$  的集电极与限流保护电阻  $R_{I9}$  的第一端连接;

[0045] 同时, 该测量信号发生器单元 1 的信号输入端  $MCU\_N$  与偏置电阻  $R_{16}$  的第一端连接, 偏置电阻  $R_{16}$  第二端与开关三极管  $Q_4$  的基极连接, 偏置电阻  $R_{15}$  两端连接开关三极管  $Q_4$  的发射极与基极, 电源变换单元 4 的正电压输出端  $V_C$  连接开关三极管  $Q_4$  的发射极; 偏置电阻  $R_{17}$  一端连接开关三极管  $Q_4$  的集电极, 另一端连接开关三极管  $Q_3$  的基极, 偏置电阻  $R_{18}$  的两端分别连接开关三极管  $Q_3$  的发射极与基极, 电源变换单元 4 的另一电压输出端 (信号源电压  $V_{A-}$ ) 与开关三极管  $Q_3$  的发射极连接, 开关三极管  $Q_3$  的集电极与限流保护电阻  $R_{I10}$  的第一端连接;

[0046] 限流保护电阻 R19、R110 的第二端与 LC 低通滤波器的第一端连接,而 LC 低通滤波器的另一端则连接该测量信号发生器单元 1 的输出端 OUT。

[0047] 测量信号发生器单元 1 的具体工作过程如下:

[0048] 输入端 MCU\_P、MCU\_N 所输入的为一对同相的信号。

[0049] 当输入端 MCU\_P、MCU\_N 的输入信号为高电平时,通过前述电路路径使开关三极管 Q2 导通(开关三极管 Q4 截止),开关三极管 Q1 导通(开关三极管 Q3 截止),信号源电压 VA+ 通过开关三极管 Q1 和电感 L1 加到该测量信号发生器单元 1 的信号输出端 OUT,对应测量信号正半周期;

[0050] 当输入端 MCU\_P、MCU\_N 的输入信号为低电平时,通过前述电路路径使开关三极管 Q4 导通(开关三极管 Q2 截止),开关三极管 Q3 导通(开关三极管 Q1 截止),信号源电压 VA- 通过开关三极管 Q1 和电感 L1 加到该测量信号发生器单元 1 的信号输出端 OUT,对应测量信号的负半周期。

[0051] 如上所述,本发明的绝缘电阻的测量装置,其测量信号发生器单元 1 的 LC 低通滤波器用于滤除杂讯,而其 MCU 控制单元 3 发出的控制信号经由测量信号发生器单元 1 的输入端 MCU\_P、MCU\_N 进入测量信号发生器单元 1,通过 MCU 控制单元 3 的控制,电源变换单元 4 的输出电源电压(信号源电压)VA+、VA- 变换成一个对称的方波脉冲电压测量信号,且该方波脉冲测量信号的脉冲宽度由 MCU 控制单元 3 控制。

[0052] 进一步的,本发明的测量信号发生器单元中,为了防止三极管 Q1 和 Q3 直通,限流保护电阻 R19、R110 取值范围较佳为  $1\text{K}\Omega \sim 3\text{K}\Omega$ ,使得限流保护电阻的阻值与待测系统的绝缘电阻 RF 相比可以忽略不计。

[0053] 在本实施例中,其限流和取样电阻单元较佳包括两个限流电阻 R01、R02 及一个取样电阻 Rs,且限流电阻 R01 的第一端与高压系统 H 的正极 HV+ 连接,限流电阻 R02 的第一端与高压系统 H 的负极 HV- 连接,取样电阻 Rs 的第一端与限流电阻 R01、R02 的第二端连接。

[0054] 如图 5 所示,本实施例中的电源变换单元 4 采用 DC/DC 隔离高频开关变换方式,其包括:一组输入电源电压、三组输出电源电压及三组输出电源电压的参考地 GND。较佳地,电源变换单元的输入电源电压 V+、V- 的幅值为 12V 或 24V,用于提供至测量信号发生器的第一组输出电源电压 VA+、VA- 的幅值为 15V ~ 60V,用于提供至信号调理电路的第二组输出电源电压 VB+、VB- 的幅值为 10V ~ 15V,用于提供至 MCU 控制单元的第三组输出电源电压 VC 为正电压,其幅值为 3.3V ~ 5V。其中,输出电源电压 VA+、VA- 的极性相反,输出电源电压 VB+、VB- 的极性相反。

[0055] 本发明的绝缘电阻的测量装置 M,其信号调理单元 2 包括:与该信号调理单元 2 输入端连接的一级或多级反馈低通滤波放大电路及与该信号处理单元 2 输出端连接的电平偏移电路组成。

[0056] 本发明的绝缘电阻的测量装置 M,较佳地,其信号调理单元 2 包括多路反馈低通滤波电路及电平偏移电路,可以对取样信号进行低通滤波,消除干扰;电平偏移电路用于将经低通滤波后的取样信号偏置到符合 MCU 控制单元 3 进行 A/D 转换的电压范围。

[0057] 请一并参照图 4,为本实施例的信号调理单元电路示意图,较佳地,如图中所示,本实施例中,该信号调理单元包括多路反馈二阶低通滤波电路及电平偏移电路,其中:

[0058] 多路反馈二阶低通滤波电路具体可实施为:信号处理单元 2 的输入端与电阻 R22



的第一端连接,电阻 R22 的第二端与电容 C21 的第一端连接,电容 C21 的第二端与参考地连接,电容 C21 的第一端同时与两电阻 R23、R24 的第一端连接,电阻 R23、R24 的第二端分别与集成运放 U1D 的输入负端及输出端及电容 C22 的两端连接,集成运放 U1D 的输入正端与电阻 R21 的第一端连接,电阻 R21 的第二端与参考地连接,集成运放 U1D 的输出端接电平偏移电路;利用前述信号处理单元 2 可以实现对信号的低通滤波,消除干扰。

[0059] 电平偏移电路则包括:三电阻 R25、R26、R27,电阻 R25 的第一端与集成运放 U1D 的输出端连接,电阻 R25 的第二端同时与电阻 R26、R27 的第一端相连,电阻 R26 的第二端与电源变换单元 4 的输出电源电压 VC 连接,电阻 R27 的第二端与参考地连接,电容 C23 与参考地及信号调理单元 2 的输出端连接,从而将被测信号偏置到 MCU 控制单元可以进行 A/D 转换的电压范围之内。

[0060] 利用上述组成,本实施例的信号调理单元测量该取样电阻上的电压信号,并将该被测信号处理成适于 MCU 控制单元进行 A/D 转换的电压信号。

[0061] 综上所述,本发明的绝缘电阻的测量装置不仅可以响应高压系统任何部位出现的绝缘故障(包括动力电池内部与电底盘之间的绝缘故障),而且测量装置的内阻大于  $1M\Omega$ ,使其对整车绝缘影响很小;同时由于不使用测量开关器件,对整车进行耐压测试时,可以不需断开测量电路。

[0062] 上述实施例的绝缘电阻测量装置的测量过程如下:

[0063] 如图 2 所示,测量装置通过高压系统 H 的正极 HV+ 和负极 HV- 以及电底盘 PGND 三根线与待测系统相连,待测高压系统 H 与电底盘之间的绝缘电阻 RF 闭合了测量回路,测量回路中形成电流  $I_m$ 。

[0064] 测量装置 M 的测量信号发生器单元 1 的输出端连待测系统的 PGND 端,由测量信号发生器单元 1 产生的测量电流  $I_m$  通过绝缘电阻 RF 和泄漏电容 CF 流过高压系统 H,再通过高压系统的正极 HV+ 和负极 HV- 流回测量装置 M 内部的限流电阻 R01、R02 和取样电阻  $R_s$ ,然后到达参考地 GND,测量电流  $I_m$  在取样电阻  $R_s$  上产生一个方波电压信号,该电压信号被送到信号调理电路单元 2,经过低通滤波和电平偏移后,最后送给 MCU 控制单元 3 进行 A/D 转换,在 MCU 控制单元 3 内部计算绝缘电阻 RF 的大小。

[0065] 由于受待测系统 T 中的泄漏电容 CF 和测量装置 M 的低通滤波器的影响,测量信号的边沿都会有一个因充电造成的缓变过程,MCU 控制单元 3 可以根据 A/D 转换的结果判定上升或下降过程是否结束,并据此自动调整测量信号的脉宽,当波形稳定后,MCU 控制单元 3 采集记录波形的正向峰值和负向峰值,并在软件中进行低通滤波处理,结果用于进行绝缘电阻 CF 的计算。

[0066] 该测量装置经由 MCU 控制单元的控制实现自动实时在线测量,MCU 计算出的绝缘电阻结果通过 CAN 接口、PWM 接口或开关量接口等方式输出。

[0067] 结合上述绝缘电阻测量装置,参照图 2 所示,本发明还提供一种车用直流高压系统的绝缘电阻的测量方法,其中,该测量方法包括:

[0068] 将测量信号接入待测系统的电底盘 PGND,由测量信号产生的测量电流  $I_m$  通过直流高压系统 H 与电底盘 PGND 之间的等效绝缘电阻 RF 及等效泄漏电容、CF 流过高压系统 H,再通过高压系统 H 的正极 HV+ 和负极 HV- 流至一取样电阻  $R_s$ ,测量该测量电流  $I_m$  在取样电阻  $R_s$  上产生的方波电压信号,通过 MCU 控制单元进行 A/D 转换,并在 MCU 内部计算绝缘电

阻  $R_F$  的大小。

[0069] 在实际应用中,本发明的车用直流高压系统的绝缘电阻的测量方法的一较佳实施例的具体过程如下:

[0070] a、将前述绝缘电阻的测量装置 M 与一待测系统 T 连接形成一闭合测量回路;

[0071] b、MCU 控制单元 3 发出控制信号至测量信号发生器单元 1,并使其产生测量信号;

[0072] c、测量信号发生器单元 1 的测量信号产生一测量电流  $I_m$ ,该测量电流  $I_m$  经由绝缘电阻  $R_F$  及泄漏电容  $C_F$  流过直流高压系统 H,再经由直流高压系统 H 的正极 HV+ 及负极 HV- 流回测量装置 M 内部的限流电阻  $R_I$  和取样电阻  $R_s$ ,然后到达参考地;

[0073] d、信号调理电路单元 2 将该测量电流  $I_m$  于取样电阻  $R_s$  上产生的测量信号经过低通滤波及电平偏置后,使该测量信号的电压符合 MCU 控制单元 3 进行 A/D 转换的电压范围;

[0074] e、MCU 控制单元 3 采集信号调理电路单元 2 处理后的测量信号,并计算出所述绝缘电阻  $R_F$  的大小。

[0075] 较佳的,在上述绝缘电阻的测量方法中,所述测量信号是由测量信号发生器单元 1 产生,该测量信号发生器单元具有正负电源输入端及对应的与 MCU 控制单元相连的二控制信号输入端,通过 MCU 控制单元的控制将信号源电压  $V_{A+}$ 、 $V_{A-}$  变换成对称的方波脉冲电压测量信号并输出,MCU 控制单元控制该方波脉冲电压测量信号的脉冲宽度。

[0076] 另外,取样电阻  $R_s$  与直流高压系统 H 的正极 HV+、负极 HV- 间分别耦接有第一限流电阻  $R_{01}$  及第二限流电阻  $R_{02}$ ,上述取样电阻  $R_s$  的另一端与该测量装置的参考地连接。

[0077] 较佳的,本发明的绝缘电阻的测量方法在测量该测量电流  $I_m$  在取样电阻  $R_s$  上产生的方波电压信号后,还包括将该测量电流在所述取样电阻  $R_s$  上产生的方波电压信号经过低通滤波及电平偏置后,使该测量信号符合 MCU 控制单元进行 A/D 转换的电压范围。

[0078] 本发明的绝缘电阻的测量方法还包括采用 DC/DC 隔离高频开关变换方式进行电源变换,以分别为测量信号发生器、信号调理电路以及 MCU 控制单元提供合适的电源电压。

[0079] 较佳地,本发明的绝缘电阻的测量方法还包括,该 MCU 控制单元自动调整所采集的方波电压信号的脉宽,当波形稳定后,记录波形的正向峰值及负向峰值,并在软件中进行低通滤波处理,处理后的结果用于进行绝缘电阻的计算。

[0080] 根据前述本发明的绝缘电阻测量方法,下面进行数学模型公式推导:

[0081] 为了简化推导过程,便于建立最终的数学模型,我们假定绝缘故障只发生在高压系统 H 的正极,实际应用中绝缘故障可以发生在高压系统的任何部位,但最终可以等效只发生在某一侧。其中,包括信号发生器电压源  $S_V$ ,高压系统的动力电池电压源  $H_V$ 。

[0082] 如图 6 所示,为本发明的对高压系统正极一侧的测量电路模型示意图,高压系统 H 正极一侧绝缘电阻测量的数学模型包括:信号发生器 S 电压  $V_s$ 、高压系统 H 的动力电池电压  $V_H$ 、绝缘电阻  $R_F$ 、限流电阻  $R_{01}$ 、 $R_{02}$  及取样电阻  $R_s$ ;

[0083] 信号发生器 S 的正极连接绝缘电阻  $R_F$  的第一端,其负极连接该取样电阻  $R_s$  的第二端,绝缘电阻  $R_F$  第二端、限流电阻  $R_{01}$  及取样电阻  $R_s$  的第一端依次串联构成回路 I,形成电流  $I_1$ ;该取样电阻  $R_s$  的第二端与参考地连接;高压系统 H 的正极与该限流电阻  $R_{02}$  的第一端连接,其负极与该限流电阻  $R_{01}$  第一端连接,该限流电阻  $R_{01}$  的第二端与该限流电阻  $R_{02}$  的第二端连接构成回路 II,形成电流  $I_2$ ;其中所述限流电阻  $R_{01}$ 、 $R_{02}$  与该取样电阻  $R_s$  的公共端为节点 A,  $R_{01} = R_{02} = R_I$ ;

[0084] 对应测量信号发生器的测量信号的正半周期：

[0085] 节点 A 的电流方程为： $I_3 = I_1 + I_2$

[0086] 回路 I 电压方程： $V_{A+} = R_F * I_2 + R_I * I_3 + I_2 * R_S$

[0087] 回路 II 电压方程： $V_H = R_I * I_3 + R_I * I_1$

[0088] 因为  $V_{S+}$  为可测电压，所以：

[0089]  $I_2 = V_{S+} / R_S$

[0090] 整理以上 4 个方程式，得出对应测量信号正半周期期间，所述取样电阻上的取样电压  $V_{S+}$  与所述测量信号电压  $V_A$ 、高压系统电压  $V_H$ 、取样电阻  $R_S$ 、绝缘电阻  $R_F$  及限流电阻  $R_{02}$  之间的关系式如下：

$$[0091] \quad V_{S+} = \frac{(2V_{A+} - V_H)R_S}{2(R_F + R_S + 0.5R_I)} \quad \dots\dots (1)$$

[0092] 同样，对应测量信号的负半周，可得出取样电压：

$$[0093] \quad V_{S-} = \frac{(2V_{A-} - V_H)R_S}{2(R_F + R_S + 0.5R_I)} \quad \dots\dots (2)$$

[0094] 等式 (1) 及等式 (2) 两边相减，可得出：

$$[0095] \quad V_{S\_P\_P} = V_{S+} - V_{S-} = \frac{(V_{A+} - V_{A-})R_S}{(R_F + R_S + 0.5R_I)}$$

[0096] 其中， $V_{S\_P\_P}$  为取样电阻  $R_S$  上的取样电压的峰到峰值；进一步整理上式得到绝缘电阻  $R_F$  为：

$$[0097] \quad R_F = \frac{(V_{A+} - V_{A-})R_S}{V_{S\_P\_P}} - (R_S + 0.5R_I)$$

[0098] 以上所述仅为本发明示意性的具体实施方式，并非用以限定本发明的范围，任何本领域的技术人员，在不脱离本发明的构思和原则的前提下所作出的等同变化与修改，均应属于本发明保护的范围；而且，前述内容主要论述了本发明需保护的技术方案内容，而对于其它未详述的部分，任何本领域的技术人员，在不脱离本发明的构思和原则的前提下完全可以利用现有技术来实现，本案并不限制，特此说明。

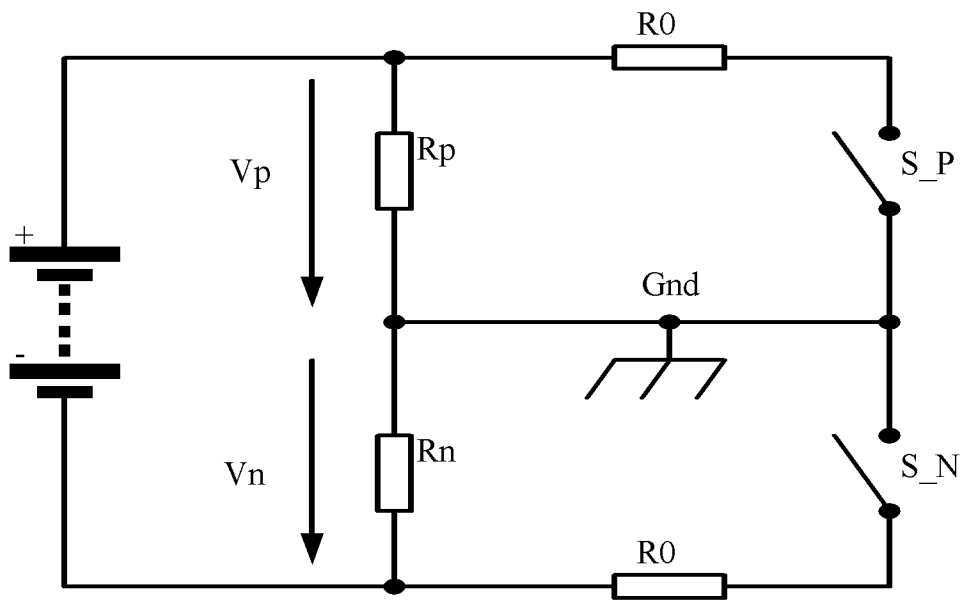


图 1

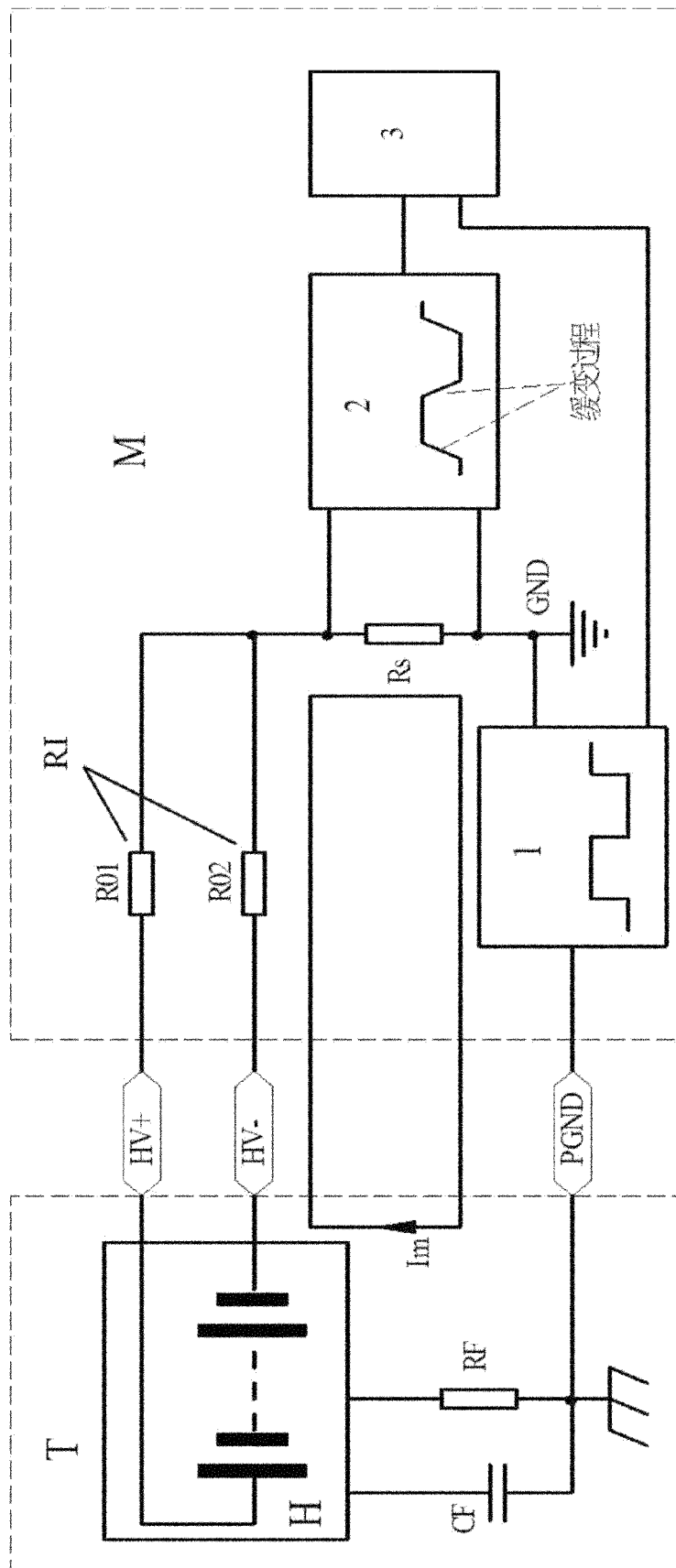


图 2

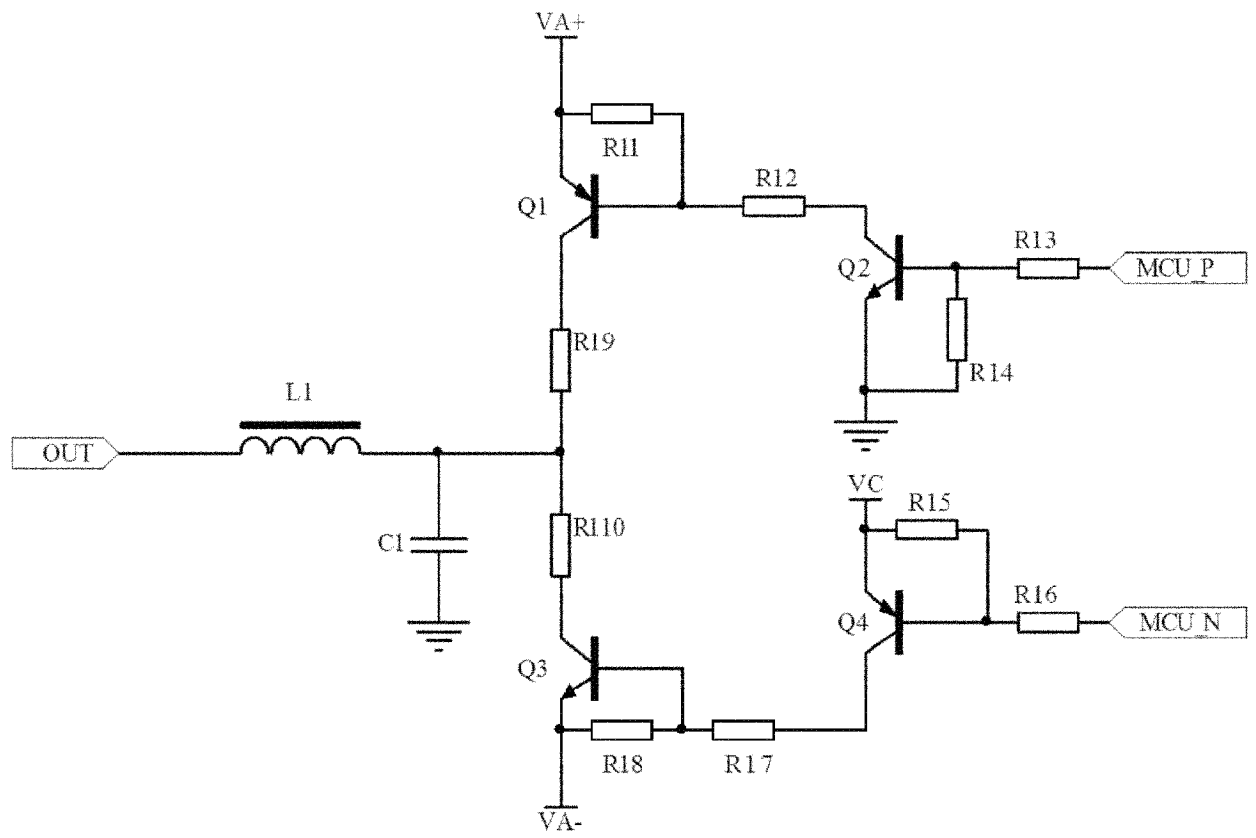


图 3

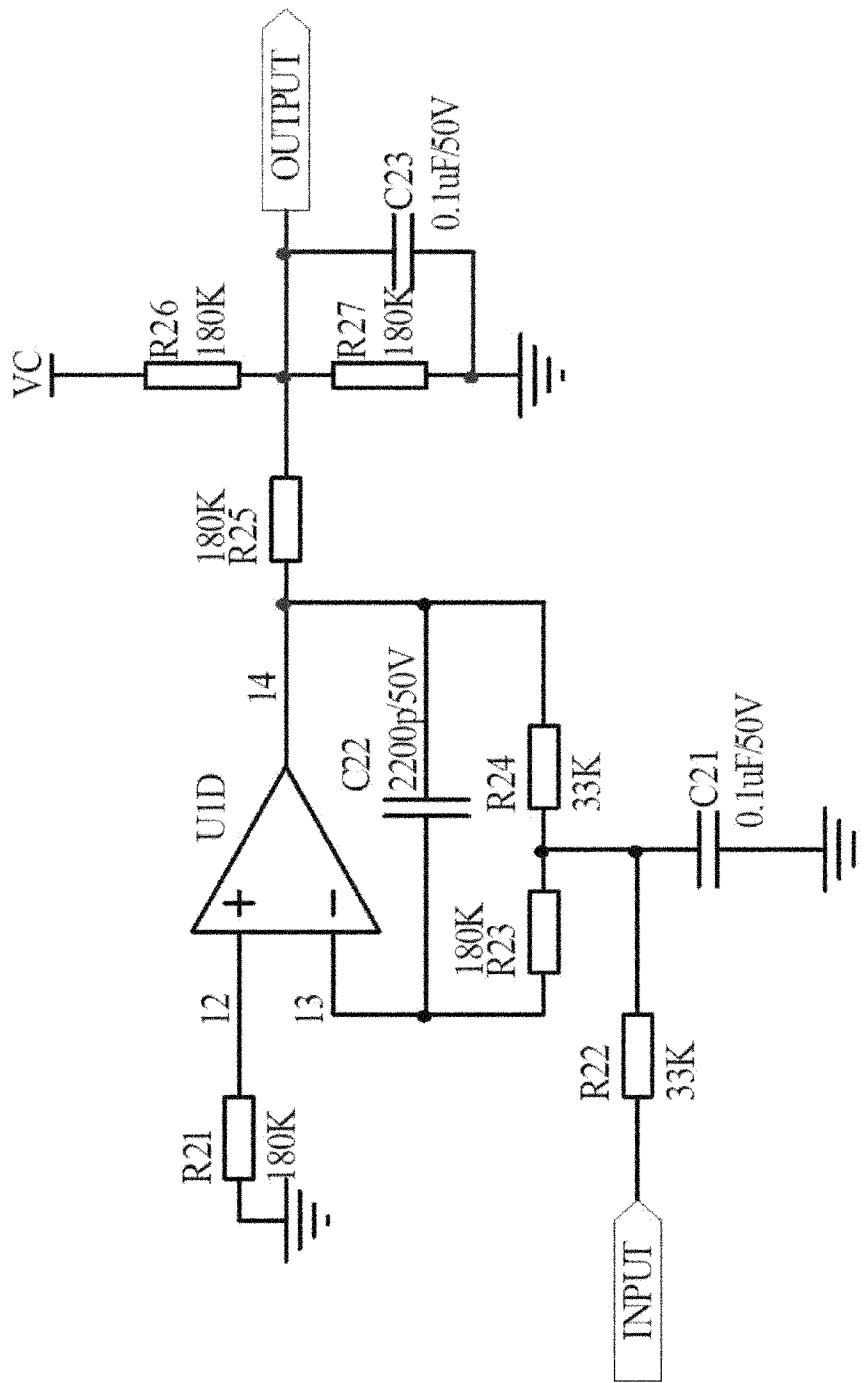


图 4

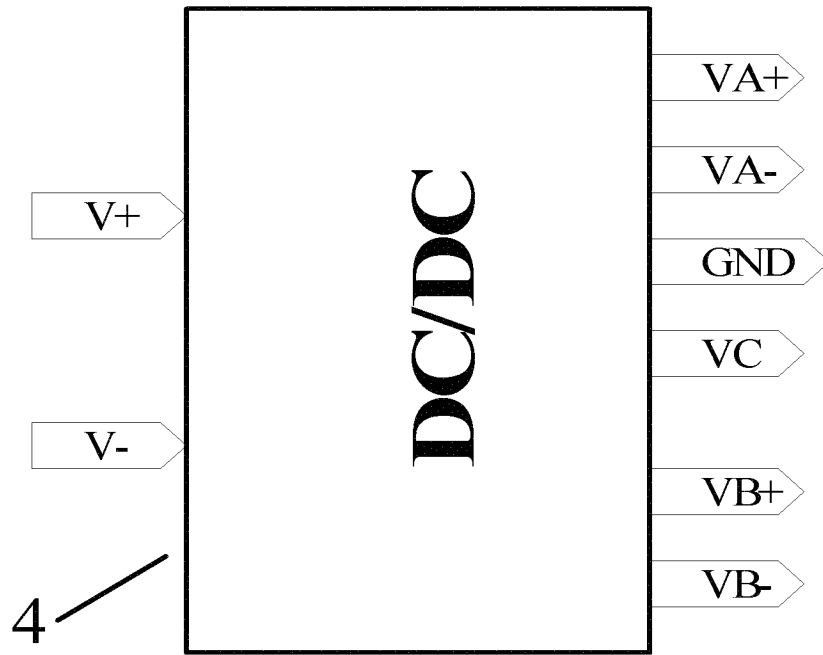


图 5

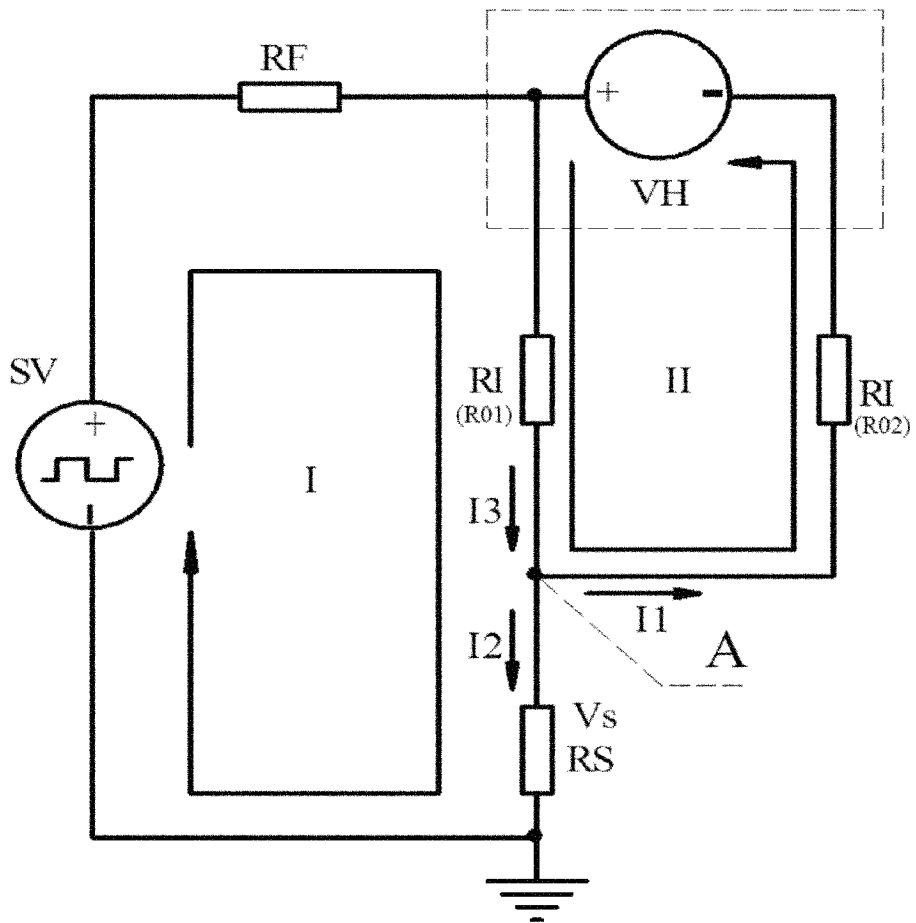


图 6