



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102841260 B

(45) 授权公告日 2015.06.10

(21) 申请号 201210358545.0

CN 101526567 A, 2009.09.09,

(22) 申请日 2012.09.24

李满坤等. 变压器绕组直流电阻测试仪. 《电工技术》. 2000, (第5期),

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

朱琴跃等. 基于单片机控制的接触电阻自动检测仪的研究. 《交通与计算机》. 2004, 第22卷(第5期),

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号

(72) 发明人 任万滨 薛升俊 吕辛 陈宇 郑艳明

审查员 李晓玲

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 张宏威

(51) Int. Cl.

G01R 27/14(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101526567 A, 2009.09.09,

CN 101629800 A, 2010.01.20,

CN 1601285 A, 2005.03.30,

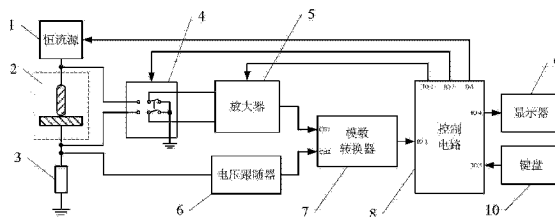
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

直流微电阻测量系统

(57) 摘要

直流微电阻测量系统,涉及直流微电阻测量系统,属于测量技术领域。本发明解决了现有采用直流、交流法和脉冲法测量接触电阻存在的由于放大器的量程和温漂误差影响测量精度的问题。本发明采用恒流源为串联连接的待测接触对和标准检流电阻提供激励电流;标准检流电阻对地的电压信号经电压跟随器实现采集;控制电路中嵌入有用于测量待测接触对的端电压的端电压测量模块、根据标准检流电阻的电压获得电流值的电流测量模块和计算被测接触对的接触电阻的电阻计算模块。本发明采用软件和硬件相结合的方式实现电阻的测量,有效的避免了放大器的量程即温漂对测量精度的影响,可广泛应用于微电阻的测量技术领域。



1. 直流微电阻测量系统,其特征在于,该直流微电阻测量系统包括恒流源(1)、标准检流电阻(3)、放大器(5)、电压跟随器(6)、模数转换器(7)和控制电路(8),恒流源(1)用于给串联连接的待测部件(2)和标准检流电阻(3)提供激励电流;标准检流电阻(3)对地的电压信号经电压跟随器(6)采集后输出给模数转换器(7),经该模数转换器(7)转换之后输出给控制电路(8);待测部件(2)两端的电压经放大器采集并放大之后输出给模数转换器(7),经该模数转换器(7)转换之后输出给控制电路(8);

控制电路(8)中嵌入有软件模块,该软件模块包括端电压测量模块、电流测量模块和电阻计算模块;其中:

电流测量模块,用于根据电压跟随器输出的端电压 U_{ref} 和标准检流电阻(3)的阻值 R_{ref} 计算获得测量电流值 $I = \frac{U_{ref}}{R_{ref}}$;

电压测量模块,用于测量被测部件的端电压 $\hat{U}_{contact}$;

电阻计算模块,用于根据测量电流值和端电压 $\hat{U}_{contact}$ 计算获得被测部件的电阻值 $R_{contact} = \frac{\hat{U}_{contact}}{I}$;

所述直流微电阻测量系统还包括模拟开关(4),控制电路(8)用于控制模拟开关动作,进而实现将放大器的两个输入端连接电源地、或者将放大器的两个输入端分别连接待测部件的两端;

控制电路(8)中嵌的软件模块中的电压测量模块由下述模块组成:

正常测量模块:用于输出控制信号给模拟开关(4)使放大器的两个输入端接被测部件的两端、测量放大器输出的电压 $A(U_{contact} + U_{float})$,其中 $U_{contact}$ 为被测部件的实际端电压, U_{float} 为采集该电压时放大器的温漂电压, A 为放大器的放大倍数;

误差测量模块:用于输出控制信号给模拟开关(4)使放大器的两个输入端短路并接地、同时将放大器输出的电压 AU'_{float} 作为测量电压修正值;

修正模块:用于根据初步测量电压 $A(U_{contact} + U_{float})$ 和测量电压修正值 AU'_{float} 计算获得实际测量获得的被测部件的端电压 $\hat{U}_{contact}$ 为

$$\hat{U}_{contact} = \frac{A(U_{contact} + U_{float}) - AU'_{float}}{A};$$

所述的放大器(5)采用可变倍率放大器,控制电路(8)输出放大器放大倍率控制信号给放大器(5);控制电路(8)中嵌的软件模块还包括放大倍率调整模块:用于发送放大器放大倍率控制信号给放大器(5),使得放大器输出的电压在当前放大倍率下满量程的 $1/5-4/5$ 之内;

所述的放大倍率调整模块由下述两个模块组成:

当放大器输出的电压值超过放大器当前放大倍率的满量程的五分之四时,输出放大器放大倍率控制信号给放大器(5)减小放大倍率的模块;

当放大器输出的电压值接小于目前放大器当前放大倍率的满量程的五分之一时,输出

输出放大器放大倍率控制信号给放大器 (5) 增加放大倍率的模块；

所述直流微电阻测量系统还包括键盘 (10) 和显示器 (9), 所述控制电路 (8) 接收键盘 (10) 输入端信息, 并发送显示信息给显示器 (9)；

所述恒流源 (1) 为可控恒流源, 控制电路 (8) 输出控制信号给恒流源 (1) 控制其输出电流的大小; 控制电路 (8) 中嵌的软件模块还包括如下模块: 接收键盘 (10) 输入的恒流源输出电流的设定电流数值的模块; 根据所述设定电流数值发送控制信号给恒流源 (1) 使其输出相应的电流值的模块; 将计算获得的被测部件的电阻值发送给显示器 (9) 的模块。

2. 根据权利要求 1 所述的直流微电阻测量系统, 其特征在于, 所述标准检流电阻 (3) 采用精密大功率绕线电阻实现。

3. 根据权利要求 1 所述的直流微电阻测量系统, 其特征在于, 所述放大器 (5) 采用差分输入放大器实现。

直流微电阻测量系统

技术领域

[0001] 本发明涉及直流微电阻测量系统,属于测量技术领域。

背景技术

[0002] 接触电阻在电气技术领域中到处都有,接触电阻的阻值一般比较小,接触电阻的测量属于微电阻测量技术。

[0003] 该类测量技术的基本原理为伏安法,所述伏安法又可细分为直流法、交流法和脉冲法等。

[0004] 直流法中,用已知的恒定电流激励被测部件,通过放大并测量接触对电压来计算被测阻值。由于被测接触电压的动态范围很大,一般可从 nV 级变化至 V 级,因此运算放大器必须能够进行准确的放大倍率切换,以使放大后的电压位于后续模数转换电路的输入范围内;同时,当被测电阻很小时,接触电压很小,运算放大器失调电压的温度漂移(简称“温漂”)所导致的系统零点漂移就会变得不可忽略,造成测量读数不稳定和误差大。因此采用直流法测微电阻,就必须同时地解决大范围准确变倍和消除零点漂移这两个问题。

[0005] 交流法中,采用交流电流激励被测部件,并用无源器件,一般采用变压器作为电压放大元件,大大减小了放大噪声。但又引入了新的问题:如果变压器采用低频变压器,低频变压器体积和重量较大,不适于测量系统小型化、便携化,如果采用高频变压器,能够缩小体积和重量,但是在高频下导体又会受到趋肤效应的影响,使实测阻值远大于实际电阻值。

[0006] 脉冲法中,用一定峰值的电流脉冲激励接触对,可大大减小能耗和温升,不足之处是这种方法对脉冲峰值十分敏感,而峰值、尤其是窄峰,较难测准,因此准确性难以提高。而且,由于测量过程有瞬间大电流,因此易于对其它敏感仪器造成干扰。

发明内容

[0007] 本发明为了解决现有采用直流、交流法和脉冲法测量电阻值存在的由于放大器的量程和温漂影响测量精度的问题,本发明提出了一种直流微电阻测量系统。

[0008] 本发明所述的直流微电阻测量系统包括恒流源、标准检流电阻、放大器、电压跟随器、模数转换器和控制电路,恒流源用于给串联连接的待测部件和标准检流电阻提供激励电流;标准检流电阻对地的电压信号经电压跟随器采集后输出给模数转换器,经该模数转换器转换之后输出给控制电路;待测部件两端的电压经放大器采集并放大之后输出给模数转换器,经该模数转换器转换之后输出给控制电路;

[0009] 控制电路中嵌入有软件模块,该软件模块包括端电压测量模块、电流测量模块和电阻计算模块;其中:

[0010] 电流测量模块,用于根据电压跟随器输出的端电压 U_{ref} 和标准检流电阻的阻值 R_{ref}

计算获得测量电流值 $I = \frac{U_{ref}}{R_{ref}}$;

[0011] 电压测量模块,用于测量被测部件的端电压 $\hat{U}_{contact}$;

[0012] 电阻计算模块,用于根据测量电流值和端电压 $\hat{U}_{contact}$ 计算获得被测部件的电阻值

$$R_{contact} = \frac{\hat{U}_{contact}}{I}。$$

[0013] 上述直流微电阻测量系统中还可以增加模拟开关,控制电路用于控制模拟开关动作,进而实现将放大器的两个输入端连接电源地、或者将放大器的两个输入端分别连接待测部件的两端;控制电路中嵌的软件模块中的电压测量模块由下述模块组成:

[0014] 正常测量模块:用于输出控制信号给模拟开关使放大器的两个输入端接被测部件的两端、测量放大器输出的电压 $A(U_{contact}+U_{float})$,其中 $U_{contact}$ 为被测部件的端电压, U_{float} 为采集电压时放大器的温漂, A 为放大器的放大倍数;

[0015] 误差测量模块:用于输出控制信号给模拟开关使放大器的两个输入端短路并接地、同时将放大器输出的电压 AU'_{float} 作为测量电压修正值;

[0016] 修正模块:用于根据初步测量电压 $A(U_{contact}+U_{float})$ 和测量电压修正值 AU'_{float} 计算获得实际测量获得的被测部件的端电压 $\hat{U}_{contact}$ 为

$$[0017] \quad \hat{U}_{contact} = \frac{A(U_{contact} + U_{float}) - AU'_{float}}{A}。$$

[0018] 上述直流微电阻测量系统中的放大器可以采用可变倍率放大器,控制电路输出放大器放大倍率控制信号给放大器;控制电路中嵌的软件模块还包括放大倍率调整模块:用于发送放大器放大倍率控制信号给放大器,使得放大器输出的电压在当前放大倍率下满量程的 $1/5-4/5$ 之内。

[0019] 从目前可供货运算放大器的品种来看,既能实现大范围变倍率放大,又可实现动态斩波稳零的运算放大器十分罕见,因此在工程上解决直流法测量微电阻的两个重要技术问题是困难的。

[0020] 本发明采用软件和硬件相结合的方式,用变倍率运算放大器、模拟开关、模数转换器和单片机组合实现了自动变倍放大和零点误差的动态消除,工作原理可靠、电路成熟、器件易于获得。

[0021] 本发明所述的微电阻测量系统,较以往同类设备显著提高了分辨率、动态范围、测量稳定性和测量精度。可以广泛应用于微电阻的测量技术领域,包括对接触电阻值的测量技术领域。

附图说明

[0022] 图1是本发明所述的一种直流微电阻测量系统的原理示意图。

具体实施方式

[0023] 具体实施方式一:本实施方式所述的直流微电阻测量系统,包括恒流源1、标准检流电阻3、放大器5、电压跟随器6、模数转换器7和控制电路8,恒流源1用于给串联连接的待测部件2和标准检流电阻3提供激励电流;标准检流电阻3对地的电压信号经电压跟随

器 6 采集后输出给模数转换器 7,经该模数转换器 7 转换之后输出给控制电路 8;待测部件 2 两端的电压经放大器采集并放大之后输出给模数转换器 7,经该模数转换器 7 转换之后输出给控制电路 8;

[0024] 控制电路 8 中嵌入有软件模块,该软件模块包括端电压测量模块、电流测量模块和电阻计算模块;其中:

[0025] 电流测量模块,用于根据电压跟随器输出的端电压 U_{ref} 和标准检流电阻 3 的阻值 R_{ref} 计算获得测量电流值 $I = \frac{U_{ref}}{R_{ref}}$;

[0026] 电压测量模块,用于测量被测部件的端电压 $\hat{U}_{contact}$;

[0027] 电阻计算模块,用于根据测量电流值和端电压 $\hat{U}_{contact}$ 计算获得被测部件的电阻值 $R_{contact} = \frac{\hat{U}_{contact}}{I}$ 。

[0028] 本实施方式中,采用电压跟随器实现标准检流电阻 3 的端电压的测量和耦合,所述电压跟随器有隔离的作用,并且能够将信号都比例传输。

[0029] 本实施方式所述的直流微电阻测量系统,通过控制电路 8 控制可控恒流源 1 输出的电流,而在测量电阻的过程中,通过测量标准检流电阻 3 的端电压计算获得实际的电流值,并应用该电流值作为计算被测部件电阻值的电流值,保证的电阻值测量的准确性。

[0030] 本实施方式中的模数转换器 7 可采用 AD7782 型模数转换器,该模数转换器为双路模数转换器,两个模拟信号输入端可分别连接放大器 5 的输出端和电压跟随器 6 的输出端。

[0031] 具体实施方式二:本实施方式是对具体实施方式一所述的直流微电阻测量系统的进一步限定,本实施方式中,所述标准检流电阻 3 采用精密大功率绕线电阻实现。

[0032] 精密大功率绕线电阻具有阻值稳定的优点,采用该种电阻作为标准电阻实现检流,能够提高电流的测量精度,进而提高电阻值的测量精度。

[0033] 具体实施方式三:本实施方式是对具体实施方式一或二所述的直流微电阻测量系统的进一步限定,本实施方式中,所述放大器 5 采用差分输入放大器实现。

[0034] 本实施方式中的放大器采用差分输入放大器,该种放大器具有测量精度高的优点,能够提高被测部件 4 两端的电压差的精度,进而保证获得的被测部件 4 的电阻值精度。

[0035] 具体实施方式四:本实施方式是对具体实施方式一至三任意一个实施方式所述的直流微电阻测量系统的进一步限定,本实施方式中,增加了模拟开关 4,控制电路 8 用于控制模拟开关动作,进而实现将放大器的两个输入端连接电源地、或者将放大器的两个输入端分别连接待测部件的两端;

[0036] 控制电路 8 中嵌的软件模块中的电压测量模块由下述模块组成:

[0037] 正常测量模块:用于输出控制信号给模拟开关 4 使放大器的两个输入端接被测部件的两端、测量放大器输出的电压 $A(U_{contact} + U_{float})$,其中 $U_{contact}$ 为被测部件的实际端电压, U_{float} 为采集该电压时放大器的温漂电压, A 为放大器的放大倍数;

[0038] 误差测量模块:用于输出控制信号给模拟开关 4 使放大器的两个输入端短路并接地、同时将放大器输出的电压 AU'_{float} 作为测量电压修正值;

[0039] 修正模块:用于根据电压 $A(U_{contact} + U_{float})$ 和测量电压修正值 AU'_{float} 计算获得被

测部件的实际端电压 $\hat{U}_{contact}$ 为

$$[0040] \quad \hat{U}_{contact} = \frac{A(U_{contact} + U_{float}) - AU'_{float}}{A}。$$

[0041] 本实施方式将测量放大器输出的电压采用公式 $A(U_{contact} + U_{float})$ 表达, 以表示该测量结果是受放大器的温漂影响而获得的测量电压值, 该电压值中包括了此时放大器的温漂电压 U_{float} 。

[0042] 本实施方式中增加了模拟开关 4, 在测量过程中, 测量完成待测部件两端的端电压之后, 通过软件控制该模拟开关 4 使得放大器的两个电压输入端输入端短路至地, 得到经过放大后的放大器的当前温漂量 AU'_{float} 作为测量电压修正值, 进而获得修正之后的待测部件的端电压, 有效消除了放大器的温漂对测量精度的影响。

[0043] 运算放大器的温漂有如下两个特点: 一是不会停止, 二是变化缓慢。即使温漂量在不断变化, 即: 不同时刻放大器的温漂电压是不一样的, 使 $U_{float} \neq U'_{float}$, 但由于放大器的温漂的变换很缓慢, 本实施方式中是在测量完被测试件的端电压之后, 立刻通过模拟开关 4 切换使放大器的带个输入端短接后连接电源地, 然后两侧获得该时刻的放大器的温漂电压, 由于两次测量的时间间隔很短, 因此可以认为 $U_{float} \approx U'_{float}$, 即: 将测量获得的温漂电压作为测量端电压时放大器的温漂电压。

[0044] 本实施方式中, 采用软件和硬件相结合的方式有效的实现了动态调零, 避免了放大器的零点漂移对测量结果的影响, 进而提高了测量精度。

[0045] 本实施方式模拟开关 4 可采用 AD7512 型双路模拟开关。

[0046] 本实施方式所述的直流微电阻测量系统的原理参见图 1 所示, 该图中的待测部件为接触对, 测量结果就是该接触对的接触电阻值。

[0047] 具体实施方式五: 本实施方式是对具体实施方式一至四任意一个实施方式所述的直流微电阻测量系统的进一步限定, 本实施方式中, 所述的放大器 5 采用可变倍率放大器, 控制电路 8 输出放大器放大倍率控制信号给放大器 5; 控制电路 8 中嵌的软件模块还包括放大倍率调整模块: 用于发送放大器放大倍率控制信号给放大器 5, 使得放大器输出的电压在当前放大倍率下满量程的 $1/5-4/5$ 之内。

[0048] 本实施方式中所述的放大倍率调整模块由下述两个模块组成:

[0049] 当放大器输出的电压值超过放大器当前放大倍率的满量程的五分之四时, 输出放大器放大倍率控制信号给放大器 5 减小放大倍率的模块;

[0050] 当放大器输出的电压值接小于目前放大器当前放大倍率的满量程的五分之一时, 输出输出放大器放大倍率控制信号给放大器 5 增加放大倍率的模块。

[0051] 本实施方式中的放大器采用可变倍率放大器实现, 在测量过程中, 根据实际测量都获得的电压值, 控制电路 8 控制放大器调整放大倍率, 进而保证测量获得的电压值在放大器的当前放大倍数下的满量程的 $1/5-4/5$ 范围内, 使得测量结果保持最佳的线性度, 进而提高测量精度。

[0052] 本实施方式所述的技术特征在与具体实施方式四所述的技术特征相组合使用时, 一般情况下, 所述的放大器输出的电压值是指在测量被测部件的端电压时输出的电压值, 并且保证在每次测量被测部件的电阻值的过程中, 保持放大器为同一个放大倍率。

[0053] 本实施方式中,通过软件实现对放大器的放大倍率的动态调整法,进而保证放大器始终工作在其线性最好的区间段内,进而保证了放大器的精度。

[0054] 本实施方式中的放大器 5 可采用 AD8253 型差分输入可变倍率放大器,其放大倍数有四个,分别为 1、10、100 和 1000。

[0055] 具体实施方式六:本实施方式是对具体实施方式一至五任意一个实施方式所述的直流微电阻测量系统的进一步限定,本实施方式中增加了键盘 10 和显示器 9,所述控制电路 8 接收键盘 10 输入端信息,并发送显示信息给显示器 9。

[0056] 本实施方式增加的键盘 10 和显示器 9 用于实现人机界面的功能,实现信息的人机交互。所述显示信息可以是计算结果、测量次数等需要现实的数据。所述键盘 10 用于输入需要设定的数据。

[0057] 具体实施方式七:本实施方式是对具体实施方式六所述的直流微电阻测量系统的进一步限定,本实施方式中,所述恒流源 1 为可控恒流源,控制电路 8 输出控制信号给恒流源 1 控制其输出电流的大小;控制电路 8 中嵌的软件模块还包括如下模块:接收键盘 10 输入的恒流源输出电流的设定电流数值的模块;根据所述设定电流数值发送控制信号给恒流源 1 使其输出相应的电流值的模块;将计算获得的被测部件的电阻值发送给显示器 9 的模块。

[0058] 本实施方式中的恒流源 1 采用可控恒流源,可以根据需要通过键盘设定输出是电流的大小,然后通过控制电路控制恒流源 1 输出的电流值。

[0059] 本发明所述的直流微电阻测量系统的结构不局限于上述个实施方式所记载的具体结构,还可以是上述个实施方式所记载的具体技术特征的合理组合。

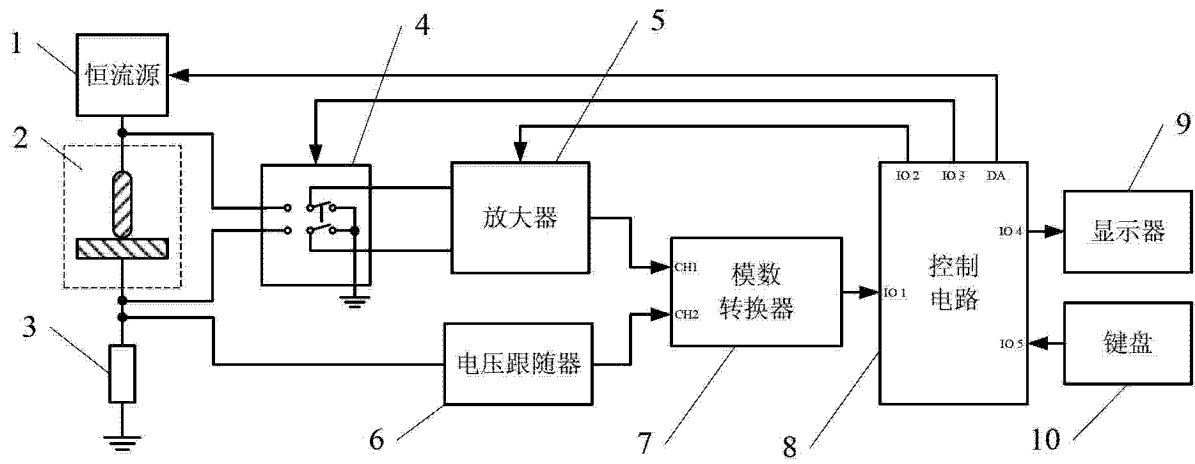


图 1