



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106841815 B

(45)授权公告日 2020.08.18

(21)申请号 201710191596.1

(22)申请日 2017.03.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106841815 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(73)专利权人 电子科技大学

地址 610054 四川省成都市成华区建设北路二段4号

(72)发明人 彭仁军 张靖 郑军

(74)专利代理机构 四川君士达律师事务所

51216

代理人 苟忠义

(51)Int.Cl.

G01R 27/20(2006.01)

G01R 27/18(2006.01)

(56)对比文件

US 2010117613 A1,2010.05.13

CN 204705676 U,2015.10.14

CN 205920162 U,2017.02.01

CN 104155525 A,2014.11.19

CN 101216515 A,2008.07.09

刘宇舜 等.杆塔地网接地电阻测量的工频干扰机理及抑制措施.《武汉大学学报(工学版)》.2014,

审查员 蔡文亮

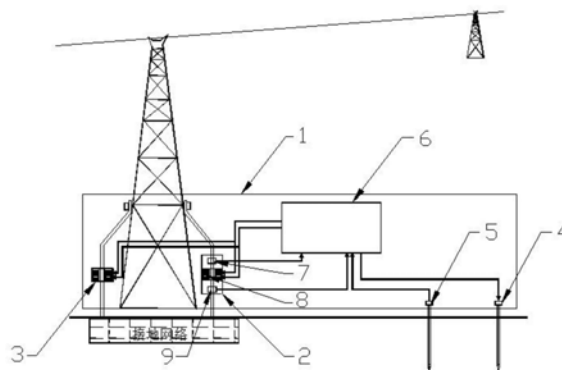
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪

(57)摘要

本发明公开了一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪,接地电阻测试仪,接地电阻测试仪包括带夹头激励部件、无夹头激励部件、电流发送电极、电压取样电极和信号处理电路板,电力线铁塔的一根接地引下线上安装一套带夹头激励部件,其余接地引下线上各安装一套无夹头激励部件。本发明在线测量功能使电力线铁塔接地电阻的数据可以通过物联网的方式直接上传、实现网络监控,有效替代电力铁塔的人工巡检方式,极大地提高检测的效率,另外,关键参数都是通过接触测量得到,保证了测试的精度,大大降低了生产上的难度及成本。



1. 一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪,包括接地电阻测试仪(1),其特征在于,所述接地电阻测试仪(1)包括带夹头激励部件(2)、无夹头激励部件(3)、电流发送电极(4)、电压取样电极(5)和信号处理电路板(6),所述带夹头激励部件(2)自上而下包含上取样夹头(7)、激励线圈(8)和下取样夹头(9),且安装在电力线铁塔的一根接地引下线上,所述激励线圈(8)与接地引下线非接触,所述上取样夹头(7)和下取样夹头(9)均与接地引下线紧固连接,所述无夹头激励部件(3)则只包含一个激励线圈(8),且安装在电力线铁塔另外的接地引下线上,与接地引下线非接触,对双接地引下线的情况,仅需一个无夹头激励部件(3),对多接地引下线的情况,则除安装有带夹头激励部件(2)的那根接地引下线外,其余每一根接地引下线均需安装一个无夹头激励部件(3),所述电流发送电极(4)和电压取样电极(5)按照传统三线法接地测试标准确定距离然后插入地中一定深度,单个正弦波频率下的测试分为两个阶段,在第一阶段,被测铁塔、其它铁塔及塔间连接线构成一个电气回路,回路模型中包含了两个电阻,一个为被测铁塔的接地电阻 R_g ,另一个为由除被测铁塔外的其它铁塔及架空线构成的等效电阻 R_t ,此阶段电流发送电极(4)断开不起作用,所述带夹头激励部件(2)中的激励线圈(8)和无夹头激励部件(3)中的激励线圈(8)在回路中激发出电动势,此时,将上取样夹头(7)与信号处理板(6)的地相连通,所述下取样夹头(9)所取出的电压信号即为线圈激发出的电动势,而电压取样电极(5)所取出的电压则为被测铁塔接地电阻上的压降,这两路信号送入信号处理板(6)进行处理,可以得到回路模型中两个电阻 R_g 、 R_t 的比值,第二阶段,所述激励线圈(8)和上取样夹头(7)均断开不起作用,所述电流发送电极(4)、电压取样电极(5)、下取样夹头(9)连通,电阻 R_g 、 R_t 在此阶段构成并联,所测得的电阻为两个电阻 R_g 、 R_t 的并联值 R_a ,此后,利用两个阶段的串并联关系,就可以解算出被测铁塔的一个接地电阻值 R_g ,为了提高抗干扰的能力,采用多个随机频率重复上述测试过程,得到一系列的接地电阻值,通过统计处理,给出一个最优的检测结果,作为被测铁塔接地电阻的测量输出值。

2. 根据权利要求1所述的一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪,其特征在于,所述带夹头激励部件(2)和无夹头激励部件(3)中的激励线圈(8),均由铁芯及外面缠绕的多圈漆包线共同构成,所述带夹头激励部件(2)和无夹头激励部件(3)在结构上均是由两个独立且相同的半圆柱部件构成。

3. 根据权利要求2所述的一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪,其特征在于,所述带夹头激励部件(2)和无夹头激励部件(3)中的激励线圈(8),参数也要求尽可能相同,各个激励线圈(8)采用同一个驱动源驱动。

4. 根据权利要求3所述的一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪,其特征在于,所述激励线圈(8)的驱动电压信号为正弦波信号,该信号由信号处理电路板(6)提供,能够在回路中激发出正弦波的电动势。

5. 根据权利要求1所述的一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪,其特征在于,在信号处理电路板(6)上带通滤波器(10)的通带内随机设置信号频率,多个不同频率正弦波信号下同样流程的处理得到一个电阻值序列,再进行统计处理。

一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪

技术领域

[0001] 本发明涉及电力线铁塔的接地电阻测试技术,特别涉及一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪。

背景技术

[0002] 众所周知,为保证高压输电线路安全稳定运行,减少雷击带来的危害,高压输电铁塔都铺设接地网络。为提高接地效果,除单个铁塔自身的接地网络外,还通过架空线将各铁塔依次连通,接地电流通过单个铁塔自身地网流入大地,也通过架空线经邻近铁塔的地网流入大地。显然,每个铁塔的接地电阻都需要控制在一定范围内。当前所采用的铁塔接地电阻测量方式主要有两种,一种是将铁塔的接地引下线断开,采用机械摇表式或电子式地阻仪通过三线法测量,另一种是近年出现的钳形表测量,利用现有三线法测量的问题在于必须断开接地引下线,导致必须人工参与,使检测效率低下,每个铁塔每年只能检测有限的几次,钳形表的测量假定了其它铁塔的并联电阻极小,这一假设并不符合实际情况,同时,其测量方式在铁塔有双接地引下线甚至多接地引下线时,由于引下线自身的影响,无法进行测量。

[0003] 采用物联网来监测各个铁塔的地网阻值,可以替代以往那种人工巡检的工作方式,极大地提高检测效率、频度和灵活性,是一种现实的需求,但必须首先解决人工参与的问题,而不断开接地引下线就是最重要的前提。

[0004] 为解决不断开接地引下线就能测量铁塔接地电阻,已有专利提出了在三线法的基础上通过增加检流线圈测量各引下线的电流的方法,原理上讲是可行的,但这种测量方法要求检流线圈在测量电流时需要很高的精度,因此在实施上相对来说比较复杂。同时,传统地阻仪无法在不断开引下线条件下准确测试电力铁塔接地电阻的问题。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是克服现有技术的缺陷,提供一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供了如下的技术方案:

[0007] 本发明一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪,包括接地电阻测试仪,所述接地电阻测试仪包括带夹头激励部件、无夹头激励部件、电流发送电极、电压取样电极和信号处理电路板,所述带夹头激励部件自上而下包含上取样夹头、激励线圈和下取样夹头,且安装在电力线铁塔的一根接地引下线上,所述激励线圈与接地引下线非接触,所述上取样夹头和下取样夹头均与接地引下线紧固连接,所述无夹头激励部件则只包含一个激励线圈,且安装在电力线铁塔另外的接地引下线上,与接地引下线非接触,对双接地引下线的情况,仅需一个无夹头激励部件,对多接地引下线的情况,则除安装有带夹头激励部件的那根接地引下线外,其余每一根接地引下线均需安装一个无夹头激励部件,所述电流发送电极和电压取样电极按照传统三线法接地测试标准确定距离然后插入地中一定深度,单

个正弦波频率下的测试分为两个阶段,在第一阶段,被测铁塔、其它铁塔及塔间连接线构成一个电气回路,回路模型中包含了两个电阻,一个为被测铁塔的接地电阻 R_g ,另一个为除被测铁塔外的其它铁塔及架空线构成的等效电阻 R_t ,此阶段电流发送电极断开不起作用,所述带夹头激励部件中的激励线圈和无夹头激励部件中的激励线圈在回路中激发出电动势,此时,将上取样夹头与信号处理板的地相连通,所述下取样夹头所取出的电压信号即为线圈激发出的电动势,而电压取样电极所取出的电压则为被测铁塔接地电阻上的压降,这两路信号送入信号处理板进行处理,可以得到回路模型中两个电阻 R_g 、 R_t 的比值,第二阶段,所述激励线圈和上取样夹头均断开不起作用,所述电流发送电极、电压取样电极、下取样夹头连通,电阻 R_g 、 R_t 在此阶段构成并联,所测得的电阻为两个电阻 R_g 、 R_t 的并联值 R_a ,此后,利用两个阶段的串并联关系,就可以解算出被测铁塔的一个接地电阻值 R_g ,为了提高抗干扰的能力,采用多个随机频率重复上述测试过程,得到一系列的接地电阻值,通过统计处理,给出一个最优的检测结果,作为被测铁塔接地电阻的测量输出值。

[0008] 作为本发明的一种优选技术方案,所述带夹头激励部件和无夹头激励部件中的激励线圈,均由铁芯及外面缠绕的多圈漆包线共同构成,所述带夹头激励部件和无夹头激励部件在结构上均是由两个独立且相同的半圆柱部件构成。

[0009] 作为本发明的一种优选技术方案,所述带夹头激励部件和无夹头激励部件中的激励线圈,参数也要求尽可能相同,各个激励线圈采用同一个驱动源驱动。

[0010] 作为本发明的一种优选技术方案,所述激励线圈的驱动电压信号为正弦波信号,该信号由信号处理电路板提供,能够在回路中激发出正弦波的电动势。

[0011] 作为本发明的一种优选技术方案,带通滤波器通带内随机设置信号频率,多个不同频率正弦波信号下同样流程的处理得到一个电阻值序列,再进行统计处理。

[0012] 本发明的工作原理为:电力线铁塔由于架空线的存在,使得在被测铁塔接地引下线不断开时,等效为一个含有两个电阻的电路回路,一个电阻即被测铁塔的接地电阻 R_g ,另一个为除被测铁塔外其余铁塔及架空线共同作用产生的一个等效电阻 R_t ,采用激励线圈在该回路中激发出电动势,再选择合适的电压测量点,可以测得这两个电阻 R_t 、 R_g 的比值 ρ ,在仅接通电流发送电极、下取样夹头和电压取样电极时,下取样夹头接一个取样电阻 R_s 到信号处理电路板的公共地,电流发送电极发送电流,电压取样电极上的电压和取样电阻上的电压的比值,代表的是 $R_t \parallel (R_g + R_s)$ 与 R_s 的比值;在获得两个电阻的比值和两个电阻的并联电阻值后,可以解算得到被测铁塔的接地网络电阻值 R_g ;通过多个随机频率条件下的测试,可以得到一系列的阻值计算结果,对这些结果采用统计处理算法,给出一个优化的估值,这样做可以提高抗干扰能力;每一个频率下的测试过程都分为两个阶段,第一个阶段,信号处理器控制继电器,使激励线圈、上取样夹头、下取样夹头、电压取样电极接通,其余接线断开,此时下取样夹头与信号处理电路板公共地之间无取样电阻 R_s ,上取样夹头与信号处理电路板的地相连通,用正弦波驱动激励线圈,从下取样夹头和电压取样电极处分别取电压信号 v_d 、 v_{p1} ,经过带通滤波和A/D转换送入信号处理器中,处理得到两个电阻的比值 $\rho = R_t / R_g = (v_d - v_{p1}) / v_{p1}$,第二个阶段,信号处理器控制继电器,使电流发送电极、电压取样电极和下取样夹头接通,其余接线断开,此时下取样夹头接有一个取样电阻 R_s 到信号处理电路板的公共地,正弦波经信号电流发送电极发出,从电压取样电极和取样电阻 R_s 上拾取电压信号 v_{p2} 、 v_s ,经过第一阶段同样的带通滤波器和A/D换电路送入信号处理器,计算得到两个电阻

并联的阻值转 $R_a = R_t \parallel R_g = R_s \cdot (v_{p2}/v_s - 1)$; 基于串并联关系, 得到被测铁塔的接地电阻 $R_g = R_a \times (1 + 1/\rho)$; 铁塔的其中一根引下线安装一个带夹头激励部件, 其余的引下线各安装一个无夹头激励部件, 这些激励部件中的激励线圈, 采用同一驱动源驱动, 且各个激励线圈的参数尽可能一致, 因此可以确保下取样夹头处的电位与引下线连接接地网络的连接点处电位的差异可以忽略不计, 而上取样夹头处的电位与铁塔的电位差异可以忽略不计。

[0013] 与现有技术相比, 本发明的有益效果如下:

[0014] 1. 本发明在线测量功能使电力线铁塔接地电阻的数据可以通过物联网的方式直接上传、实现网络监控, 有效替代电力铁塔的人工巡检方式, 极大地提高检测的效率、频度和灵活性, 使电力线铁塔的接地电阻监测更加便利可靠。

[0015] 2. 本发明通过测量电压比来确定电阻比值及电阻并联的阻值, 关键参数都是通过接触测量得到, 保证了测试的精度, 且理论上对激励线圈所激励出来的电动势大小没有定量的要求, 只要有一定的幅度就能满足测试需要, 因此实现起来更加简单可靠, 大大降低了生产上的难度及成本。

[0016] 3. 用同样流程在多个随机频率条件下多次测量, 得到多个接地电阻测算值, 并用统计算法得到一个最优的估计值, 这种方式可以进一步提高抗干扰的能力, 即便有多个铁塔在同时测量, 也可以获得被测铁塔较为准确的接地电阻测试结果, 在测试原理上保证了不再需要将接地引下线与铁塔断开才能测量, 达成了直接在线测试接地网络电阻值大小的目的。

附图说明

[0017] 附图用来提供对本发明的进一步理解, 并且构成说明书的一部分, 与本发明的实施例一起用于解释本发明, 并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0018] 图1是本发明的测试接线示意图;

[0019] 图2是本发明的测量回路等效电阻示意图;

[0020] 图3是本发明的线圈激励阶段测试的信号流程示意图;

[0021] 图4是本发明的无线圈激励阶段测试的信号流程示意图;

[0022] 图中: 1、接地电阻测试仪; 2、带夹头激励部件; 3、无夹头激励部件; 4、电流发送电极; 5、电压取样电极; 6、信号处理电路板; 7、上取样夹头; 8、激励线圈; 9、下取样夹头; 10、带通滤波器。

具体实施方式

[0023] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明, 应当理解, 此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明, 并不用于限定本发明。

[0024] 实施例1

[0025] 如图1-4所示, 本发明提供一种基于电压激励的电力线铁塔接地电阻在线测试仪, 包括接地电阻测试仪1, 接地电阻测试仪1包括带夹头激励部件2、无夹头激励部件3、电流发送电极4、电压取样电极5和信号处理电路板6, 带夹头激励部件2自上而下包含上取样夹头7、激励线圈8和下取样夹头9, 且安装在电力线铁塔的一根接地引下线上, 激励线圈8与接地引下线非接触, 上取样夹头7和下取样夹头9均与接地引下线紧固连接, 无夹头激励部件3则

只包含一个激励线圈8,且安装在电力线铁塔另外的接地引下线上,与接地引下线非接触,对双接地引下线的情况,仅需一个无夹头激励部件3,对多接地引下线的情况,则除安装有带夹头激励部件2的那根接地引下线外,其余每一根接地引下线均需安装一个无夹头激励部件3,电流发送电极4和电压取样电极5按照传统三线法接地测试标准确定距离然后插入地中一定深度,单个正弦波频率下的测试分为两个阶段,在第一阶段,被测铁塔、其它铁塔及架空线构成一个电气回路,回路模型中包含了两个电阻,一个为被测铁塔的接地电阻 R_g ,另一个为除被测铁塔外的其它铁塔及架空线构成的等效电阻 R_t ,此阶段电流发送电极4断开不起作用,带夹头激励部件2中的激励线圈8和无夹头激励部件3中的激励线圈8在回路中激发出电动势,此时,将上取样夹头7与信号处理板6的地相连通,下取样夹头9所取出的电压信号即为线圈激发出的电动势,而电压取样电极5所取出的电压则为被测铁塔接地电阻上的压降,这两路信号送入信号处理板6进行处理,可以得到回路模型中两个电阻 R_g 、 R_t 的比值,第二阶段,激励线圈8和上取样夹头7均断开不起作用,电流发送电极4、电压取样电极5、下取样夹头9连通,电阻 R_g 、 R_t 在此阶段构成并联,所测得的电阻为两个电阻 R_g 、 R_t 的并联值 R_a ,此后,利用两个阶段的串并联关系,就可以解算出被测铁塔的一个接地电阻值 R_g ,为了提高抗干扰的能力,采用多个随机频率重复上述测试过程,得到一系列的接地电阻值,通过统计处理,给出一个最优的检测结果,作为被测铁塔接地电阻的测量输出值。

[0026] 带夹头激励部件2和无夹头激励部件3中的激励线圈8,均由铁芯及外面缠绕的多圈漆包线共同构成,带夹头激励部件2和无夹头激励部件3在结构上均是由两个独立且相同的半圆柱部件构成,在安装到接地引下线上后紧固成一个完整的组件,起到一个完整激励部件同样的功能。

[0027] 带夹头激励部件2和无夹头激励部件3中的激励线圈8,参数也要求尽可能相同,各个激励线圈8采用同一个驱动源驱动。

[0028] 激励线圈8的驱动电压信号为正弦波信号,该信号由信号处理电路板6提供,能够在回路中激发出正弦波的电动势,可以有效提高抗干扰的能力。

[0029] 带通滤波器10通带内随机设置信号频率,多个不同频率正弦波信号下同样流程的处理得到一个电阻值序列,再进行统计处理。

[0030] 具体的,如附图1所示:两根接地引下线上分别安装带夹头激励部件2和无夹头激励部件3,注意安装方向不可倒置,另外按照传统地阻仪的接线方式插入电流发送电极4(对应电流极C)和电压取样电极5(对应电压极P)。带夹头激励部件2、无夹头激励部件3、电流发送电极4和电压取样电极5都有引线通过接插件与测试仪主机相连接,信号处理电路板6安装在测试仪主机内。带夹头激励部件2和无夹头激励部件3中的激励线圈8的参数要尽可能一致。带夹头激励部件2和无夹头激励部件3都是独立的部件,除关键的上取样夹头7、激励线圈8、取样夹头及引出线外,还应当包括紧固、防水等附属的部分,以确保安装便利可靠并能够在野外长期使用。

[0031] 如附图2所示:一个电阻是被测铁塔接地电阻 R_g ,另一个为其余铁塔的接地电阻及架空线等构成的等效电阻 R_t 。当将上取样夹头7与信号处理电路板6的地相连通后,用激励线圈8在回路中激励出电动势,类似于在回路中加入了一个电压源,两个电阻 R_g 、 R_t 上的电压比值与两个电阻的比值相等。如果取消激励线圈8和上电压取样电极5的作用,并由电流发送电极4发送电流,从下取样夹头9经过一个取样电阻 R_s 后回到信号处理电路板6的地,此

时前述两个电阻 R_g 、 R_t 在新的回路中处于并联关系,通过取样电阻 R_s 上的电压 v_s 和从电压取样电极5所取的电压 v_{p2} 的比值,可以计算得到两电阻 R_g 、 R_t 并联的阻值 $R_a = R_t \parallel R_g$ 。利用上述两种情况得到的阻值比和并联阻值,结合串并联关系,可以换算出被测铁塔的接地电阻 $R_g = R_a \times (1 + 1/\rho)$ 。

[0032] 如附图3所示:此时回路模型为电阻 R_g 、 R_t 串联,激励线圈8在回路中产生一个电动势。以FPGA作信号处理芯片为例,进入第一阶段即线圈激励阶段,FPGA控制继电器使激励线圈8、上取样夹头7、下取样夹头9、电压取样电极5线路接通,其余连线断开,此时上取样夹头7与信号处理电路板6的地接通;接通稳定后,FPGA产生一个正弦波数据序列,通过D/A转换电路输出正弦波,该正弦波的频率具有随机性,但处于带通滤波器增益平坦区内;转换后的正弦波再经过驱动电路提供足够大的电流和近乎标准的正弦波波形,同时驱动带夹头激励部件2和无夹头激励部件3中的激励线圈8;将电压取样电极5处取到的电压信号 v_{p1} 经过一路带通滤波及一路A/D转换后送入FPGA中,将下电压取样电极5处取到的电压信号 v_d ,经过另一路带通滤波及另一路A/D转换后送入FPGA中;FPGA采用傅里叶变换算法求解,换算得到回路模型中两个电阻 R_g 、 R_t 的比值 $\rho = R_t/R_g = (v_d - v_{p1})/v_{p1}$ 。

[0033] 如附图4所示:此时回路模型为电阻 R_g 、 R_t 并联。进入第二阶段即无线圈激励阶段,FPGA控制继电器使下取样夹头9、电流发送电极4和电压取样电极5连线接通,其余接线断开,此时下取样夹头9接了一个取样电阻 R_s 到信号处理电路板6的地;继电器接通后,FPGA仍用同样的电路产生正弦波信号,该信号通过电流发送电极4到大地,经过地阻网络 R_g 及等效电阻 R_t 后经过下取样夹头9再经过取样电阻 R_s 回到信号处理电路板6的地,此时电阻 R_g 、 R_t 构成并联结构;将电压取样电极5取得的电压信号 v_{p2} 经带通滤波和A/D转换后送入FPGA,将取样电阻 R_s 上的电压信号 v_s 经另一路带通滤波和A/D转换后送入FPGA;FPGA处理送入的两路信号,换算得到并联电阻的值 $R_a = R_t \parallel R_g = R_s \cdot (v_{p2}/v_s - 1)$ 。两个阶段测试完成后,由第一阶段计算得到的两个电阻的比值 $\rho = R_t/R_g$ 及第二阶段得到的并联电阻的值 $R_a = R_t \parallel R_g$,利用串并联关系,解算得到被测铁塔地阻的一个测量值 $R_g = R_a \times (1 + 1/\rho)$ 。

[0034] 改变正弦波频率再作上述同样的测量,流程完全相同,仅正弦波频率随机改变,FPGA根据A/D输入的数据随机地产生一个新的正弦波数据序列,其频率仍需限定在前述范围以内,按照前述过程得到被测铁塔地阻的一个新测量值;如此往复可以得到被测铁塔地阻值的一个序列集,通过统计处理方式得到被测铁塔最终输出的电阻值。

[0035] 以上测量中的两个阶段的测量电路是一体的,仅通过继电器控制通断来达成各自的电路功能。在不测量时,各个继电器都是断开的,电路板与所有外部连线断开,在继电器后加入压敏电阻来进一步保护电路板。

[0036] 信号处理器可以采用FPGA,也可以采用单片机、DSP等芯片,无论采用哪一种芯片,都要求能够完成傅里叶变换、电阻值的计算以及统计方法得到最终的电阻计算结果。

[0037] 另外,由同一驱动源以正弦波激励安装在接地引下线上的各个激励部件中参数相同的激励线圈8,再通过上取样夹头7、下取样夹头9及电压取样电极5配合测试回路模型中电阻的比值 $\rho = R_t/R_g$,配合使用电流发送电极4、电压取样电极5、下取样夹头9及取样电阻测得回路中两个电阻的并联阻值 $R_a = R_t \parallel R_g$,利用串并联关系求解得到一个被测铁塔的电阻值 R_g 。

[0038] 1. 本发明在线测量功能使电力线铁塔接地电阻的数据可以通过物联网的方式直

接上传、实现网络监控,有效替代电力铁塔的人工巡检方式,极大地提高检测的效率、频度和灵活度,使电力线铁塔的接地电阻监测更加便利可靠。

[0039] 2.本发明通过测量电压比来确定电阻比值及电阻并联的阻值,关键参数都是通过接触测量得到,保证了测试的精度,且理论上对激励线圈所激励出来的电动势大小没有定量的要求,只要有一定的幅度就能满足测试需要,因此实现起来更加简单可靠,大大降低了生产上的难度及成本。

[0040] 3.用同样流程在多个随机频率条件下多次测量,得到多个接地电阻测算值,并用统计算法得到一个最优的估计值,这种方式可以进一步提高抗干扰的能力,即便有多个铁塔在同时测量,也可以获得被测铁塔较为准确的接地电阻测试结果,在测试原理上保证了不再需要将接地引下线与铁塔断开才能测量,达成了直接在线测试接地网络电阻值大小的目的。

[0041] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

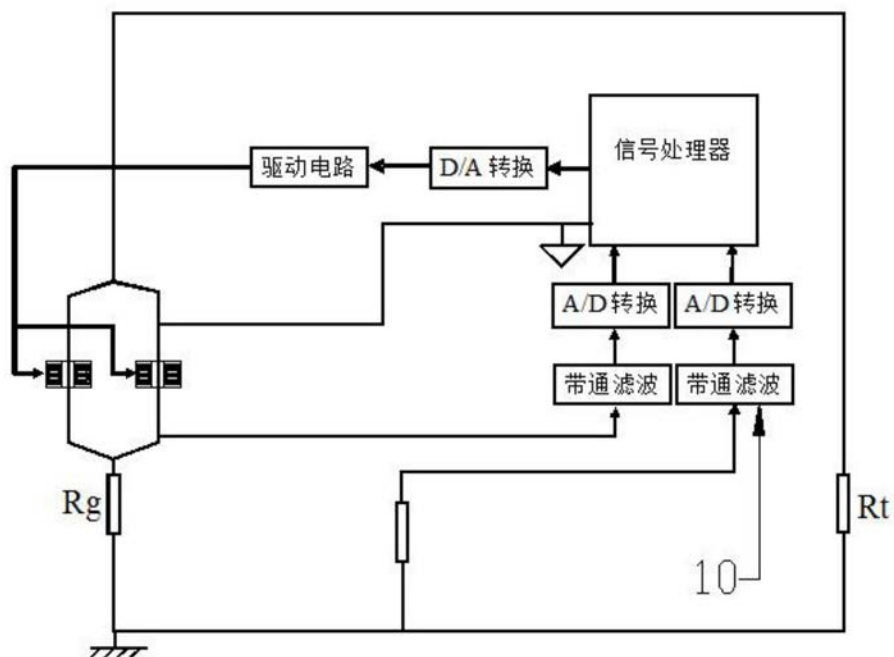


图3

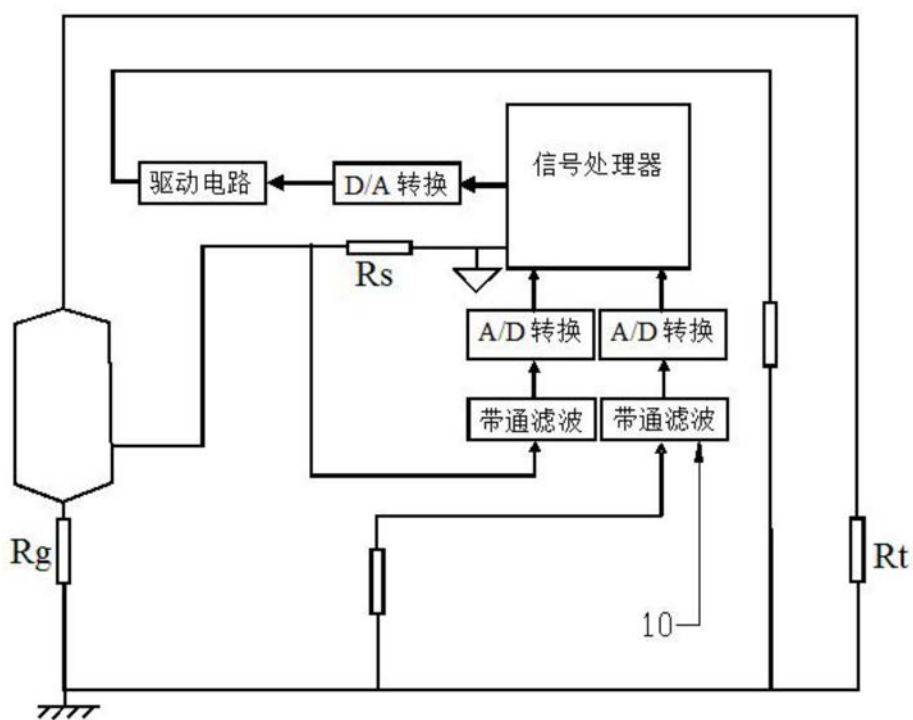


图4