(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 103207331 A
(43)申请公布日 2013.07.17

(21)申请号 201310078506.X

(22)申请日 2013.03.12

(71)申请人 中国铁路通信信号上海工程集团有限公司
地址 200436 上海市闸北区江场西路248号

(72)发明人 王予平 张长生 徐连海 潘云洪 陆挺 吴旺生 陈志雄

(74)专利代理机构 上海金盛协力知识产权代理有限公司 31242
代理人 王松

(51)Int.Cl.
*G01R 31/00*(2006.01)
*G01R 27/20*(2006.01)

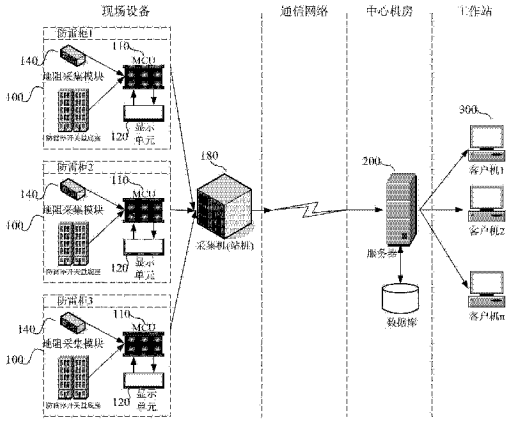
权利要求书7页 说明书20页 附图10页

(54)发明名称

防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统及方法

(57)摘要

本发明揭示了一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统及方法，所述测量系统包括服务器、一个或多个远程监控终端、一个或多个数据采集系统，服务器分别连接各远程监控终端及各数据采集系统；数据采集系统包括损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块。损坏开关量数据采集模块包括m个行连接线、n个列连接线；接地电阻采集模块包括微处理器模块、恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；微处理器模块分别连接恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块。本发明可保证各个防雷器损坏的开关量的有效判断，同时可以实时精确地测得接地电阻。本发明尤其适用铁路信号防雷。




CN 103207331 A

1. 一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于，所述测量系统包括：服务器、一个或多个远程监控终端、一个或多个数据采集系统，所述服务器分别连接各远程监控终端及各数据采集系统；

所述数据采集系统包括损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块、数据处理模块、显示模块，数据处理模块分别连接损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块、显示模块；

防雷器包括 m 行 n 列呈矩阵式排列的开关量；开关量 $D_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列开关量；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；

所述损坏开关量数据采集模块包括 m 个行连接线、n 个列连接线，第 i 个行连接线 $K_i$ 连接第 i 行的 n 个开关量的第一端口，第 j 个列连接线 $I_j$ 连接第 j 列的 m 个开关量的第二端口；同时，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$；

所述损坏开关量数据采集模块还包括 m*n 个呈矩阵式排列的线路自检电路，即每个开关量配有一线路自检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管；线路自检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i 个行连接线 $K_i$，另一端连接第 j 个列连接线 $I_j$；第二二极管与其对应的第一二极管设置的方向相反；

所述损坏开关量数据采集模块包括线路故障自检模块、防雷器故障扫描模块；

所述线路故障自检模块用以对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现线路故障；

或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现线路故障；

所述防雷器故障扫描模块用以对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

所述接地电阻采集模块包括：微处理器模块、恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；所述微处理器模块分别连接恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；

所述恒流源注入模块在微处理器模块的控制下提供恒流源或关闭恒流源；

所述采样电压读取模块接受微处理器模块的控制，测量采样电压；

所述接地电阻测量软件模块接受微处理器模块的控制，根据所述采样电压读取模块测量得到的采样电压计算接地电阻；

所述显示单元用以显示经过数据处理模块处理后防雷器各开关量是否正常的信息，还用以显示所述接地电阻采集模块采集的地线地阻的信息。

2. 一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于，所述测量系统包括：服务器、一个或多个远程监控终端、一个或多个数据采集系统，所述服务器分别连接各远程监控终端及各数据采集系统；

所述数据采集系统包括损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块；

防雷器包括 m 行开关量，共 s 个开关量；每行开关量的数量相同或不同，各行开关量中，一行开关量最多包括 n 个开关量；开关量 $D_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列开关量；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；

所述损坏开关量数据采集模块包括 m 个行连接线、n 个列连接线，开关量 $D_{ij}$ 的两端分别与第 i 个行连接线 $K_i$ 及第 j 个列连接线 $I_j$ 连接；同时，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$；

所述损坏开关量数据采集模块包括防雷器故障扫描模块；

所述防雷器故障扫描模块用以对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

所述接地电阻采集模块包括：微处理器模块、恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；所述微处理器模块分别连接恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；

所述恒流源注入模块在微处理器模块的控制下提供恒流源或关闭恒流源；

所述采样电压读取模块接受微处理器模块的控制，测量采样电压；

所述接地电阻测量软件模块接受微处理器模块的控制，根据所述采样电压读取模块测量得到的采样电压计算接地电阻。

3. 根据权利要求 2 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于：

所述损坏开关量数据采集模块还包括 s 个线路自检电路，即每个开关量配有一线路自检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管；线路自检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i

个行连接线$K_i$，另一端连接第 j 个列连接线$I_j$；第二二极管与其对应的第一二极管设置的方向相反；

所述损坏开关量数据采集模块包括线路故障自检模块，用以对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线$I_j$的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线$K_i$与当前的第 j 个列连接线$I_j$之间的交叉区域出现线路故障；

或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线$K_i$的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线$I_j$与当前的第 i 个行连接线$K_i$之间的交叉区域出现线路故障。

4. 根据权利要求 2 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于：

所述微处理器模块具体包括：

恒流源控制单元，用以控制恒流源注入模块注入恒流源电流 I 或将恒流源电流 I 关闭；

干扰源采集控制单元，用以控制干扰源采集模块测量干扰源电压；

第一判断单元，用以判断干扰源采集模块测量得到的干扰源电压是否大于设定值 V10；

采样电压测量控制单元，用以控制所述采样电压读取模块测量采样电压；

干扰源处理控制单元，用以移动基准电源，使得采样电压的低谷介于 0 和 ε 之间，其中 ε 为设定极小值；

接地电阻测量控制单元，用以控制所述接地电阻测量软件模块计算接地电阻；所述接地电阻测量软件模块首先获取在不注入恒流源的情况下，所述采样电压读取模块测量得到的干扰源电压$V_{g1}$以及所述采样电压读取模块测量的采样电压$V_{q1}$；而后获取在注入恒流源的情况下，所述采样电压读取模块测量得到的干扰源电压$V_{g2}$和采样电压$V_{q2}$；接着计算有效采样电压$V_q$，$V_q = V_{q1}-V_{q2}$；而后计算接地电阻$R_d$，$R_d = V_q \div I$；

辅助电流极电阻测量控制单元，用以控制一辅助电流极电阻测量模块计算辅助电流极电阻；辅助电流极电阻测量模块计算干扰源电压$V_g$，$V_g = V_{g1}-V_{g2}$；而后计算辅助电流极电阻$R_z$，$R_z = V_g \div I - R_d$。

5. 根据权利要求 2 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于：

所述测量系统还包括电源管理模块，所述电源管理模块包括：

- 电源保护电路，采用并联瞬态抑制二极管 D1 和串联保险电阻 F1，防止过压和雷击；

- 第一 DC/DC 变换控制电路，采用第一集成电路 IC1 实现，第一集成电路 IC1 的管脚 Vss1 和管脚 Cv1 接地，产生 +7v 电压；

- 第二 DC/DC 变换控制电路，采用第二集成电路 IC2 实现，第二集成电路 IC2 的管脚 Vss2 和管脚 Cv2 不接地，产生 -5v 电压；

- 三端稳压电路，采用第三集成电路 U3 实现，生成 +5v 电压；

所述恒流源注入模块包括：

- 恒流源开关电路，采用第二三极管 Q2 和第三三极管 Q3 设计开关电路；

- 运算放大电路，采用第一运算放大器 U4A 产生恒压电路，保证电流的稳定；

- 电流稳定电路，采用第五三极管 Q5 设计，截止状态不产生恒流源，导通状态为恒流源稳定产生并输出状态；

- 负电平抑制电路，采用瞬态抑制二极管 D2、D3 构成负电平抑制电路；

所述干扰源采集模块包括：

- 电压跟随电路，采用第二运算放大器 U4B 产生恒压电路，供微处理器模块的控制芯片 U2 在管脚 ZGL 处读取干扰源电压；

-干扰源采集电路，包括电阻 R28、电阻 R38、电容 C15 构成干扰源采集电路，将干扰源引入到第二运算放大器 U4B；

所述采样电压读取模块包括：

- 运算放大电路，采用第三运算放大器 U5A 进行放大，提高微处理器模块的控制芯片 U2 的测量灵敏度和准确度；

- 大功率电阻电路，采用 4 个电阻并串并的方式组成一个大功率电阻，提高电阻的使用寿命；

- 量程档位开关电路，采用 MOS 管 Q4 去读取样电压，进行量程档位的控制。

6. 一种权利要求 2 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测方法，其特征在于，所述方法包括防雷器损坏的开关量采集步骤，包括：

将所述损坏开关量数据采集模块的 m 个行连接线、n 个列连接线呈矩阵式排列，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$；

所述防雷器故障扫描模块对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

所述方法包括接地电阻测量步骤，包括：

恒流源注入模块在微处理器模块的控制下提供恒流源或关闭恒流源；

采样电压读取模块接受微处理器模块的控制，测量采样电压；

接地电阻测量软件模块接受微处理器模块的控制，根据所述采样电压读取模块测量得到的采样电压计算接地电阻。

7. 根据权利要求 6 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于：

所述损坏开关量数据采集模块还包括 s 个线路自检电路，即每个开关量配有一线路自

检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管；线路自检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i 个行连接线 $K_i$，另一端连接第 j 个列连接线 $I_j$；所述损坏开关量数据采集模块还包括线路故障自检模块；第二二极管与其对应的第一二极管设置的方向相反；

所述防雷器损坏的开关量采集步骤进一步包括：

所述线路故障自检模块对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现线路故障；

或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现线路故障。

8. 根据权利要求 6 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于：

所述接地电阻测量步骤包括一次测量接地电阻的步骤，包括：

步骤 S1：不注入恒流源，测量干扰源电压 $V'_g$，如果 $V'_g$ 大于设定值 V10，则退出；

步骤 S2：注入恒流源，恒流源的电流为 I，测量干扰源电压 $V'_g$，如果 $V'_g$ 大于设定值 V10，则退出，同时可以认为接地点连接线或辅助电流极连接线断开；

步骤 S3：测量采样电压 $V'_q$，移动基准电源，使得取样电压低谷介于 0 和 ε 之间，其中 ε 为设定极小值，移动基准电源使得 $0<\left|V'_q\right|<\varepsilon$ 以方便积分计算取样电压；

步骤 S4：不注入恒流源，测量干扰源电压 $V_{g1}$ 和采样电压 $V_{q1}$；

步骤 S5：注入恒流源，测量干扰源电压 $V_{g2}$ 和采样电压 $V_{q2}$；

步骤 S6：计算干扰源电压 $V_g$，$V_g = V_{g1} - V_{g2}$；

步骤 S7：计算有效采样电压 $V_q$，$V_q = V_{q1} - V_{q2}$，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开；

步骤 S8：计算接地电阻 $R_d$，$R_d = V_q \div I$；

步骤 S9：计算辅助电流极电阻 $R_z$，$R_z = V_g \div I - R_d$；

步骤 S10：关闭恒流源。

9. 根据权利要求 6 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于：

所述接地电阻测量步骤包括：

步骤 1：不注入恒流源，控制芯片 U2 通过第二三极管 Q2、第三三极管 Q3 来控制是否产生恒流源；本步骤在管脚 DLEN 提供高电平让第五三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源；

步骤 2：测量干扰源电压 $V'_g$；

步骤 3：判断 $V'_g$ 是否大于设定电压 V10；如果 $V'_g$ 大于设定电压 V10 则干扰源会影响恒流源的稳定，那么接地电阻测量结果就不准确，所以必须放弃测试，跳转到步骤 23；

步骤 4：注入恒流源，恒流源的电流为 I；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供低电平让第五三

极管 Q5 导通，从而产生恒流源 I ；

步骤 5 ：测量干扰源 $V'_g$ ；控制芯片 U2 测量干扰源 $V'_g$ ；

步骤 6 ：判断 $V'_g$ 是否大于设定电压 V10 ；如果大于设定电压 V10 则干扰源会影响恒流源的稳定，那么接地电阻测量结果就不准确，故放弃测试，同时可以认为接地点连接线或辅助电流极连接线断开，跳转到步骤 23 ；

步骤 7 ：测量取样电压 $V'_q$ ；经过大功率电阻电路、量程档位开关电路、干扰源处理电路的处理，控制芯片 U2 测量取样电压 $V'_q$ ；

步骤 8 ：移动基准电源 ；进行干扰源处理，微调数字电位器 AR1，让其阻值能使取样电压 $V'_q$ 满足 $0<\left\lfloor V'_q \right\rfloor<\varepsilon$ ；

步骤 9 ：判断 $0<\left\lfloor V'_q \right\rfloor<\varepsilon$ 是否成立 ；判断 $V'_q$ 波形的低谷是不是处于 $0<\left\lfloor V'_q \right\rfloor<\varepsilon$ ，如果是，则继续 ；否则，跳转到步骤 23 ；

步骤 10 ：调整量程档位 ；假设在第一量程档位，注入恒流源，读取取样电压，若大于第二设定电压 V20，则换成第二量程档位，第二量程档位对应的电阻小于第一量程档位对应的电阻 ；否则不进行变换，保留档位在第一量程档位 ；

步骤 11 ：不注入恒流源 ；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供高电平让第五三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源 ；

步骤 12 ：测量干扰源电压 $V_{g1}$ ; 控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{g1}$ ；

步骤 13 ：测量取样电压 $V_{q1}$ ; 控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{q1}$ ；

步骤 14 ：注入恒流源 ；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供低电平让第五三极管 Q5 截止，从而产生恒流源 ；

步骤 15 ：测量干扰源 $V_{g2}$ ; 控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{g2}$ ；

步骤 16 ：测量取样电压 $V_{q2}$ ；控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{q2}$ ；

步骤 17 ：计算有效干扰源电压 $V_g = V_{g1}-V_{g2}$ ；

步骤 18 ：计算有效采样电压 $V_q = V_{q1}-V_{q2}$ ，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开 ；

步骤 19 ：计算接地电阻 $R_d = V_q \div I$ ；

步骤 20 ：计算有效辅助电流极电阻 $R_z = V_g \div I - R_d$ ；

步骤 21 ：不注入恒流源 ；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供高电平让第五三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源 ；

步骤 22 ：输出计算结果 ；将前面的计算结果 $V_g$、$R_d$、$R_z$ 通过 RS485 接口上传给接地电阻监测终端 ；

步骤 23 ：结束本次接地电阻测量 ；

步骤 24 ：每间隔设定时间按照步骤 1 至步骤 23 进行一次接地电阻测量。

10. 根据权利要求 6 所述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特

征在于：

所述接地电阻测量步骤包括：

所述微处理器模块的控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供高电平，第三三极管 Q3 导通、第二三极管 Q2 导通，第五三极管 Q5 截止，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；干扰源通过第三接线柱 J3 的引脚 ISEND 进入到第二运算放大器 U4B 上，经过第二运算放大器 U4B 的电压跟随功能，在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V'_g$；接地电阻测量软件模块判断 $V'_g$ 是否大于设定电压 V10，如果大于设定电压 V10 则本工作流程结束，反之则继续；

控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供低电平，第三三极管 Q3 截止、第二三极管 Q2 截止，第五三极管 Q5 导通，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为设定电流 I1，注入恒流源；干扰源通过第三接线柱 J3 的引脚 ISEND 进入到第二运算放大器 U4B 上，经过第二运算放大器 U4B 的电压跟随功能，在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V'_g$；微处理器模块的第一判断单元判断 $V'_g$ 是否大于设定值 V10，如果大于 V10 则本工作流程结束，反之则继续；

通过第三接线柱 J3 的引脚 IJS 输入初始取样电压，经过大功率电阻电路，由第三运算放大器 U5A 进行信号放大，在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$；微处理器模块的第一判断单元进行调节数字电位器 AR1，然后再次在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$，直到数字电位器 AR1 的电位器阻值能使取样电压 $V'_q$ 满足 $0<\left|V'_q\right|<\varepsilon$，如果不能满足则本工作流程结束，反之则继续；

控制芯片 U2 给管脚 GAIN SEL 提供高电平，MOS 管 Q4 截止，即当前量程档位是第一量程档位，在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$，微处理器模块的第一判断单元判断 $V'_q$ 是否大于第二设定电压 V20，则控制芯片 U2 给管脚 GAIN SEL 提供低电平，MOS 管 Q4 导通，即换成第二量程档位，第二量程档位对应的电阻小于第一量程档位对应的电阻，然后继续，否则也继续；

控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供高电平，第三三极管 Q3 导通、第二三极管 Q2 导通，第五三极管 Q5 截止，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；

在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V_{g1}$；在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V_{q1}$；控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供低电平，第三三极管 Q3 截止、第二三极管 Q2 截止，第五三极管 Q5 导通，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为设定电流 I1，注入恒流源；

在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V_{g2}$；在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V_{q2}$；

接地电阻测量软件模块根据公式 $V_q = V_{q1} - V_{q2}$，计算有效采样电压 $V_q$，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开；接地电阻测量软件模块根据公式 $R_d = V_q \div I$，计算有效接地电阻 $R_d$；

辅助电流极电阻测量模块根据公式 $V_g = V_{g1} - V_{g2}$，计算有效干扰源 $V_g$；利用公式 $R_z = V_g \div I - R_d$，计算有效辅助电流极电阻 $R_z$；

控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供高电平，第三三极管 Q3 导通、第二三极管 Q2 导通，第五三极管 Q5 截止，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；

接地电阻测量软件模块将前面的计算结果 $V_g$、$R_d$、$R_z$ 通过第一接线柱 J1 的第二引脚、第三引脚，上传给接地电阻监测终端；结束本次接地电阻测量。

# 防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统及方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于电子通讯技术领域，涉及一种在线监测系统，尤其涉及一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统；同时，本发明还涉及一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测方法。

## 背景技术

[0002] 防雷器包括电源防雷器和信号防雷器，防雷器也称避雷器、浪涌保护器、电涌保护器(Surge Protection Devices，简称SPD)、过电压保护器。防雷器是通过现代电学以及其它技术来防止被雷击中的设备，被广泛应用于通讯领域、电力领域，得到大家的高度重视。

[0003] 防雷器内设有若干开关量，为了使防雷器内部整洁，开关量通常采用矩阵式排列，如防雷器内设置m行n列的开关量。现有的防雷器开关量数据采集方式是将连接线缆分别连接各开关量，而后根据各个线路是否畅通判断各个开关量是否有故障。通常需要m*n条线缆，防雷器内的布线显得凌乱无章，通常会给布线或维护时带来很多不便。

[0004] 同时，连接开关量的连接线可以认为只有一条，各个开关量的连接线互不相干；如果出现线路自身的故障，则没有办法获知是线路自身的故障、还是防雷器出现故障。

[0005] 此外，建筑物和电子设备接地非常重要。建筑物接地良好，可以很大程度上的保护建筑物内的人和物；如果建筑物内的电子设备也接地良好，就可以缩小电子设备外壳与大地之间的电位差，电位差较小时，可能不会产生感应电压，从而不会产生位移电流，电子设备内部的电子器件不会因打雷放电而被击穿，从而起到保护电子设备的作用。

[0006] 建筑物和电子设备接地是否良好，是通过接地电阻来体现。如果接地电阻较高，则接地较差；反之，接地电阻小，则接地良好。

[0007] 接地电阻测量仪就是一种专门测量建筑物和电子设备接地电阻值的仪器。目前市场上主要有两类接地电阻测量仪：

[0008] 1)手摇式地阻表：它是一种较为传统的测量仪表，基本原理是采用三点电压落差法。这种仪表在测量时需要被测量电阻与两个辅助接地极三点所成直线不得与金属管道或邻近的架空线路平行；在测量时被测接地极还应与设备断开。此种仪表好处是不管接地点的数量，单点接地或多点接地都可以测量，缺点是需要辅助测量地。

[0009] 2)钳形地阻表：钳形地阻表是一种新颖的测量工具，它方便、快捷，外形酷似钳形电流表，测量时不需辅助测试桩，只需往被测地线上一夹，即可获得测量结果，极大地方便了地阻测量工作。此种仪表好处是不需要辅助测量地，测量过程简单快捷，缺点是只能对两点以上接地点进行测量，无法对单点接地点进行测量。

## 发明内容

[0010] 本发明所要解决的技术问题是：提供一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，可保证各个防雷器损坏的开关量的有效判断，同时可以实时在线精确地测得接地电阻。

[0011] 此外，本发明还提供一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测方法，可保证各个防雷器损坏的开关量的有效判断，同时可以实时在线精确地测得接地电阻。

[0012] 为解决上述技术问题，本发明采用如下技术方案：

[0013] 一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，其特征在于，所述测量系统包括：服务器、一个或多个远程监控终端、一个或多个数据采集系统，所述服务器分别连接各远程监控终端及各数据采集系统；

[0014] 所述数据采集系统包括损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块、数据处理模块、显示模块，数据处理模块分别连接损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块、显示模块；

[0015] 防雷器包括 m 行 n 列呈矩阵式排列的开关量；开关量 $D_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列开关量；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；

[0016] 所述损坏开关量数据采集模块包括 m 个行连接线、n 个列连接线，第 i 个行连接线 $K_i$ 连接第 i 行的 n 个开关量的第一端口，第 j 个列连接线 $I_j$ 连接第 j 列的 m 个开关量的第二端口；同时，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$；

[0017] 所述损坏开关量数据采集模块还包括 m*n 个呈矩阵式排列的线路自检电路，即每个开关量配有一线路自检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管；线路自检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i 个行连接线 $K_i$，另一端连接第 j 个列连接线 $I_j$；第二二极管与其对应的第一二极管设置的方向相反；

[0018] 所述损坏开关量数据采集模块包括线路故障自检模块、防雷器故障扫描模块；

[0019] 所述线路故障自检模块用以对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现线路故障；

[0020] 或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现线路故障；

[0021] 所述防雷器故障扫描模块用以对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

[0022] 或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

[0023] 所述接地电阻采集模块包括：微处理器模块、恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；所述微处理器模块分别连接恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；

[0024] 所述恒流源注入模块在微处理器模块的控制下提供恒流源或关闭恒流源；

[0025] 所述采样电压读取模块接受微处理器模块的控制，测量采样电压；

[0026] 所述接地电阻测量软件模块接受微处理器模块的控制，根据所述采样电压读取模块测量得到的采样电压计算接地电阻；

[0027] 所述显示单元用以显示经过数据处理模块处理后防雷器各开关量是否正常的信息，还用以显示所述接地电阻采集模块采集的地线地阻的信息。

[0028] 一种防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统，所述测量系统包括：服务器、一个或多个远程监控终端、一个或多个数据采集系统，所述服务器分别连接各远程监控终端及各数据采集系统；

[0029] 所述数据采集系统包括损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块；

[0030] 防雷器包括 m 行开关量，共 s 个开关量；每行开关量的数量相同或不同，各行开关量中，一行开关量最多包括 n 个开关量；开关量 $D_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列开关量；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；

[0031] 所述损坏开关量数据采集模块包括 m 个行连接线、n 个列连接线，开关量 $D_{ij}$ 的两端分别与第 i 个行连接线 $K_i$ 及第 j 个列连接线 $I_j$ 连接；同时，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$；

[0032] 所述损坏开关量数据采集模块包括防雷器故障扫描模块；

[0033] 所述防雷器故障扫描模块用以对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

[0034] 或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

[0035] 所述接地电阻采集模块包括：微处理器模块、恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；所述微处理器模块分别连接恒流源注入模块、采样电压读取模块、接地电阻测量软件模块；

[0036] 所述恒流源注入模块在微处理器模块的控制下提供恒流源或关闭恒流源；

[0037] 所述采样电压读取模块接受微处理器模块的控制，测量采样电压；

[0038] 所述接地电阻测量软件模块接受微处理器模块的控制，根据所述采样电压读取模块测量得到的采样电压计算接地电阻。

[0039] 作为本发明的一种优选方案，所述损坏开关量数据采集模块还包括 s 个线路自检电路，即每个开关量配有一线路自检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管；线路自

检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i 个行连接线 $K_i$，另一端连接第 j 个列连接线 $I_j$；第二二极管与其对应的第一二极管设置的方向相反；

[0040] 所述损坏开关量数据采集模块包括线路故障自检模块，用以对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现线路故障；

[0041] 或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现线路故障。

[0042] 作为本发明的一种优选方案，所述微处理器模块具体包括：

[0043] 恒流源控制单元，用以控制恒流源注入模块注入恒流源电流 I 或将恒流源电流 I 关闭；

[0044] 干扰源采集控制单元，用以控制干扰源采集模块测量干扰源电压；

[0045] 第一判断单元，用以判断干扰源采集模块测量得到的干扰源电压是否大于设定值 V10；

[0046] 采样电压测量控制单元，用以控制所述采样电压读取模块测量采样电压；

[0047] 干扰源处理控制单元，用以移动基准电源，使得采样电压的低谷介于 0 和 ε 之间，其中 ε 为设定极小值；

[0048] 接地电阻测量控制单元，用以控制所述接地电阻测量软件模块计算接地电阻；所述接地电阻测量软件模块首先获取在不注入恒流源的情况下，所述采样电压读取模块测量得到的干扰源电压 $V_{g1}$ 以及所述采样电压读取模块测量的采样电压 $V_{q1}$；而后获取在注入恒流源的情况下，所述采样电压读取模块测量得到的干扰源电压 $V_{g2}$ 和采样电压 $V_{q2}$；接着计算有效采样电压 $V_q$，$V_q = V_{q1}-V_{q2}$；而后计算接地电阻 $R_d$，$R_d = V_q \div I$；

[0049] 辅助电流极电阻测量控制单元，用以控制一辅助电流极电阻测量模块计算辅助电流极电阻；辅助电流极电阻测量模块计算干扰源电压 $V_g$，$V_g=V_{g1}-V_{g2}$；而后计算辅助电流极电阻 $R_z$，$R_z = V_g \div I - R_d$。

[0050] 作为本发明的一种优选方案，所述测量系统还包括电源管理模块，所述电源管理模块包括：

[0051] - 电源保护电路，采用并联瞬态抑制二极管 D1 和串联保险电阻 F1，防止过压和雷击；

[0052] - 第一 DC/DC 变换控制电路，采用第一集成电路 IC1 实现，第一集成电路 IC1 的管脚 Vss1 和管脚 Cv1 接地，产生 +7v 电压；

[0053] - 第二 DC/DC 变换控制电路，采用第二集成电路 IC2 实现，第二集成电路 IC2 的管脚 Vss2 和管脚 Cv2 不接地，产生 -5v 电压；

[0054] - 三端稳压电路，采用第三集成电路 U3 实现，生成 +5v 电压；

[0055] 所述恒流源注入模块包括：

[0056] - 恒流源开关电路，采用第二三极管 Q2 和第三三极管 Q3 设计开关电路；

[0057] - 运算放大电路，采用第一运算放大器 U4A 产生恒压电路，保证电流的稳定；

[0058] - 电流稳定电路，采用第五三极管 Q5 设计，截止状态不产生恒流源，导通状态为恒流源稳定产生并输出状态；

[0059] - 负电平抑制电路，采用瞬态抑制二极管 D2、D3 构成负电平抑制电路；

[0060] 所述干扰源采集模块包括：

[0061] - 电压跟随电路，采用第二运算放大器 U4B 产生恒压电路，供微处理器模块的控制芯片 U2 在管脚 ZGL 处读取干扰源电压；

[0062] -干扰源采集电路，包括电阻 R28、电阻 R38、电容 C15 构成干扰源采集电路，将干扰源引入到第二运算放大器 U4B；

[0063] 所述采样电压读取模块包括：

[0064] - 运算放大电路，采用第三运算放大器 U5A 进行放大，提高微处理器模块的控制芯片 U2 的测量灵敏度和准确度；

[0065] - 大功率电阻电路，采用 4 个电阻并串并的方式组成一个大功率电阻，提高电阻的使用寿命；

[0066] - 量程档位开关电路，采用 MOS 管 Q4 去读取样电压，进行量程档位的控制。

[0067] 一种上述的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测方法，所述方法包括防雷器损坏的开关量采集步骤，包括：

[0068] 将所述损坏开关量数据采集模块的 m 个行连接线、n 个列连接线呈矩阵式排列，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$；

[0069] 所述防雷器故障扫描模块对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

[0070] 或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现防雷器故障；

[0071] 所述方法包括接地电阻测量步骤，包括：

[0072] 恒流源注入模块在微处理器模块的控制下提供恒流源或关闭恒流源；

[0073] 采样电压读取模块接受微处理器模块的控制，测量采样电压；

[0074] 接地电阻测量软件模块接受微处理器模块的控制，根据所述采样电压读取模块测量得到的采样电压计算接地电阻。

[0075] 作为本发明的一种优选方案，所述损坏开关量数据采集模块还包括 s 个线路自检电路，即每个开关量配有一线路自检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管；线路自检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i 个行连接线 $K_i$，另一端连接第 j 个列连接线 $I_j$；所述损坏

开关量数据采集模块还包括线路故障自检模块；第二二极管与其对应的第一二极管设置的方向相反；

[0076] 所述防雷器损坏的开关量采集步骤进一步包括：

[0077] 所述线路故障自检模块对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现线路故障；

[0078] 或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现线路故障。

[0079] 作为本发明的一种优选方案，所述接地电阻测量步骤包括一次测量接地电阻的步骤，包括：

[0080] 步骤 S1：不注入恒流源，测量干扰源电压 $V'_g$，如果 $V'_g$ 大于设定值 V10，则退出；

[0081] 步骤 S2：注入恒流源，恒流源的电流为 I，测量干扰源电压 $V'_g$，如果 $V'_g$ 大于设定值 V10，则退出，同时可以认为接地点连接线或辅助电流极连接线断开；

[0082] 步骤 S3：测量采样电压 $V'_q$，移动基准电源，使得取样电压低谷介于 0 和 ε 之间，其中 ε 为设定极小值，移动基准电源使得$0<\left|V'_q\right|<\varepsilon$以方便积分计算取样电压；

[0083] 步骤 S4：不注入恒流源，测量干扰源电压 $V_{g1}$ 和采样电压 $V_{q1}$；

[0084] 步骤 S5：注入恒流源，测量干扰源电压 $V_{g2}$ 和采样电压 $V_{q2}$；

[0085] 步骤 S6：计算干扰源电压 $V_g$，$V_g = V_{g1}-V_{g2}$；

[0086] 步骤 S7：计算有效采样电压 $V_q$，$V_q = V_{q1}-V_{q2}$，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开；

[0087] 步骤 S8：计算接地电阻 $R_d$，$R_d = V_q \div I$；

[0088] 步骤 S9：计算辅助电流极电阻 $R_z$，$R_z = V_g \div I - R_d$；

[0089] 步骤 S10：关闭恒流源。

[0090] 作为本发明的一种优选方案，所述接地电阻测量步骤包括：

[0091] 步骤 1：不注入恒流源，控制芯片 U2 通过第二三极管 Q2、第三三极管 Q3 来控制是否产生恒流源；本步骤在管脚 DLEN 提供高电平让第五三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源；

[0092] 步骤 2：测量干扰源电压 $V'_g$；

[0093] 步骤 3：判断 $V'_g$ 是否大于设定电压 V10；如果 $V'_g$ 大于设定电压 V10 则干扰源会影响恒流源的稳定，那么接地电阻测量结果就不准确，所以必须放弃测试，跳转到步骤 23；

[0094] 步骤 4：注入恒流源，恒流源的电流为 I；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供低电平让第五三极管 Q5 导通，从而产生恒流源 I；

[0095] 步骤 5：测量干扰源 $V'_g$；控制芯片 U2 测量干扰源 $V'_g$；

[0096] 步骤 6：判断 $V'_g$ 是否大于设定电压 V10；如果大于设定电压 V10 则干扰源会影响恒流源的稳定，那么接地电阻测量结果就不准确，故放弃测试，同时可以认为接地点连接

线或辅助电流极连接线断开，跳转到步骤 23 ；

[0097] 步骤 7 ：测量取样电压 $V'_q$ ；经过大功率电阻电路、量程档位开关电路、干扰源处理电路的处理，控制芯片 U2 测量取样电压 $V'_q$ ；

[0098] 步骤 8 ：移动基准电源 ；进行干扰源处理，微调数字电位器 AR1，让其阻值能使取样电压 $V'_q$ 满足 $0<\left\lfloor V'_q \right\rfloor<\varepsilon$ ；

[0099] 步骤 9 ：判断 $0<\left\lfloor V'_q \right\rfloor<\varepsilon$ 是否成立；判断 $V'_q$ 波形的低谷是不是处于 $0<\left\lfloor V'_q \right\rfloor<\varepsilon$ ，如果是，则继续 ；否则，跳转到步骤 23 ；

[0100] 步骤 10 ：调整量程档位 ；假设在第一量程档位，注入恒流源，读取取样电压，若大于第二设定电压 V20，则换成第二量程档位，第二量程档位对应的电阻小于第一量程档位对应的电阻 ；否则不进行变换，保留档位在第一量程档位 ；

[0101] 步骤 11 ：不注入恒流源 ；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供高电平让第五三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源 ；

[0102] 步骤 12 ：测量干扰源电压 $V_{g1}$ ；控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{g1}$ ；

[0103] 步骤 13 ：测量取样电压 $V_{q1}$ ；控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{q1}$ ；

[0104] 步骤 14 ：注入恒流源 ；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供低电平让第五三极管 Q5 截止，从而产生恒流源 ；

[0105] 步骤 15 ：测量干扰源 $V_{g2}$ ；控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{g2}$ ；

[0106] 步骤 16 ：测量取样电压 $V_{q2}$ ；控制芯片 U2 测量经过取样电压基准调整后的干扰源电压 $V_{q2}$ ；

[0107] 步骤 17 ：计算有效干扰源电压 $V_g = V_{g1}-V_{g2}$ ；

[0108] 步骤 18 ：计算有效采样电压 $V_q = V_{q1}-V_{q2}$ ，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开 ；

[0109] 步骤 19 ：计算接地电阻 $R_d = V_q \div I$ ；

[0110] 步骤 20 ：计算有效辅助电流极电阻 $R_z = V_g \div I - R_d$ ；

[0111] 步骤 21 ：不注入恒流源 ；控制芯片 U2 在管脚 DLEN 提供高电平让第五三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源 ；

[0112] 步骤 22 ：输出计算结果 ；将前面的计算结果 $V_g$ 、$R_d$ 、$R_z$ 通过 RS485 接口上传给接地电阻监测终端 ；

[0113] 步骤 23 ：结束本次接地电阻测量 ；

[0114] 步骤 24 ：每间隔设定时间按照步骤 1 至步骤 23 进行一次接地电阻测量。

[0115] 作为本发明的一种优选方案，所述接地电阻测量步骤包括 ：

[0116] 所述微处理器模块的控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供高电平，第三三极管 Q3 导通、第二三极管 Q2 导通，第五三极管 Q5 截止，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源 ；干扰源通过第三接线柱 J3 的引脚 ISEND 进入到第二运算放大器 U4B 上，经过第二运算放大器 U4B 的电压跟随功能，在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V'_g$ ；接地电阻测量软件

模块判断 $V'_g$ 是否大于设定电压 V10，如果大于设定电压 V10 则本工作流程结束，反之则继续；

[0117] 控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供低电平，第三三极管 Q3 截止、第二三极管 Q2 截止，第五三极管 Q5 导通，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为设定电流 I1，注入恒流源；干扰源通过第三接线柱 J3 的引脚 ISEND 进入到第二运算放大器 U4B 上，经过第二运算放大器 U4B 的电压跟随功能，在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V'_g$；微处理器模块的第一判断单元判断 $V'_g$ 是否大于设定值 V10，如果大于 V10 则本工作流程结束，反之则继续；

[0118] 通过第三接线柱 J3 的引脚 IJS 输入初始取样电压，经过大功率电阻电路，由第三运算放大器 U5A 进行信号放大，在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$；微处理器模块的第一判断单元进行调节数字电位器 AR1，然后再次在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$，直到数字电位器 AR1 的电位器阻值能使取样电压 $V'_q$ 满足 $0<\left\lfloor V'_q \right\rfloor<\varepsilon$，如果不能满足则本工作流程结束，反之则继续；

[0119] 控制芯片 U2 给管脚 GAIN SEL 提供高电平，MOS 管 Q4 截止，即当前量程档位是第一量程档位，在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$，微处理器模块的第一判断单元判断 $V'_q$ 是否大于第二设定电压 V20，则控制芯片 U2 给管脚 GAIN SEL 提供低电平，MOS 管 Q4 导通，即换成第二量程档位，第二量程档位对应的电阻小于第一量程档位对应的电阻，然后继续，否则也继续；

[0120] 控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供高电平，第三三极管 Q3 导通、第二三极管 Q2 导通，第五三极管 Q5 截止，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；

[0121] 在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V_{g1}$；在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V_{q1}$；控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供低电平，第三三极管 Q3 截止、第二三极管 Q2 截止，第五三极管 Q5 导通，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为设定电流 I1，注入恒流源；

[0122] 在控制芯片 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V_{g2}$；在控制芯片 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V_{q2}$；

[0123] 接地电阻测量软件模块根据公式 $V_q=V_{q1}-V_{q2}$，计算有效采样电压 $V_q$，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开；接地电阻测量软件模块根据公式 $R_d = V_q \div I$，计算有效接地电阻 $R_d$；

[0124] 辅助电流极电阻测量模块根据公式 $V_g=Vg_1-V_{g2}$，计算有效干扰源 $V_g$；利用公式 $R_z = V_g \div I-R_d$，计算有效辅助电流极电阻 $R_z$；

[0125] 控制芯片 U2 给管脚 DLEN 提供高电平，第三三极管 Q3 导通、第二三极管 Q2 导通，第五三极管 Q5 截止，第五三极管 Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；

[0126] 接地电阻测量软件模块将前面的计算结果 $V_g$、$R_d$、$R_z$ 通过第一接线柱 J1 的第二引脚、第三引脚，上传给接地电阻监测终端；结束本次接地电阻测量。

[0127] 本发明的有益效果在于：本发明提出的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统及方法，可保证各个防雷器损坏的开关量的有效判断，同时可以实时在线精确地测得接地电阻。本发明尤其适用铁路信号防雷。

[0128] 防雷器损坏的开关量测量方面：通过矩阵式布线，可减少开关量的连接线缆，同时提高防雷器内部的整洁性，同时保证各个开关量性能的有效判断。此外，本发明还可以实现线路自身检测以及防雷器检测，更好地确认是线路自身的故障，还是防雷器出现故障。

[0129] 本发明防雷器报警数据采集系统工作稳定，采用矩阵方式布置防雷器开关量，提高报警信息采集的稳定性、响应速度，并减少防雷器开关量的布线；利用光电隔离和瞬变电压抑制电路提高核心芯片和防雷器开关量的安全性；采用线路自检电路实现防雷器开关量的线路故障和其自身故障的智能识别；采用成熟稳定的 ARM 芯片设计采集器，进一步提高了采集器的稳定性。

[0130] 采集系统通信屏操作简单。防雷柜中防雷器众多，人工很难及时定位故障防雷器，而采集器通信屏报警显示能快速定位故障防雷器，大幅提高防雷器的故障识别率；设备、建筑物等的接地地阻也同步在显示屏上显示，提高了接地性能判断的实时性；通过采集器通信屏设置采集器的系统参数，并同步显示防雷器开关量的报警信息，进一步体现了采集器系统的独立性。

[0131] 接地电阻测量方面：能实时在线监测多种中小型接地点接地电阻，一次安装，省时省力，并且保持了很高的精准度。同时，本发明可以测量出辅助电流极电阻和干扰源电压，还具有实时在线功能，可以将数据传输至监控中心监控，并可以根据设定报警。

## 附图说明

[0132] 图 1 为本发明实时在线监测系统的组成示意图。

[0133] 图 2 为本发明损坏开关量数据采集模块的布线图。

[0134] 图 3 为本发明接地电阻采集模块的测量方案示意图。

[0135] 图 4 为本发明接地电阻采集模块的组成示意图。

[0136] 图 5 为本发明接地电阻采集模块的另一组成示意图。

[0137] 图 6-1 为第一接线柱的电路示意图。

[0138] 图 6-2 为通信模块的电路示意图。

[0139] 图 6-3 为第三接线柱的电路示意图。

[0140] 图 6-4 为微处理器的电路示意图。

[0141] 图 6-5 为电源管理模块的电路示意图。

[0142] 图 6-6 为干扰源采集模块的电路示意图。

[0143] 图 6-7 为恒流源注入模块的电路示意图。

[0144] 图 6-8 为采样电压读取模块的电路示意图。

[0145] 图 6-9 为干扰源处理模块的电路示意图。

[0146] 图 7 为本发明接地电阻实时在线监测方法的流程图。

[0147] 图 8 为本发明接地电阻采集模块中微处理器模块内的软件模块组成示意图。

[0148] 图 9 为测量档位校正连接示意图。

[0149] 图 10 为测量接地电阻时的连接方式示意图。

## 具体实施方式

[0150] 下面结合附图详细说明本发明的优选实施例。

[0151] 实施例一

[0152] 请参阅图 1，本发明揭示了一种防雷器损坏的开关量数据采集监测系统，所述系统包括若干数据采集系统 100、服务器 200、若干客户端 300。数据采集系统 100 分别采集对应

防雷器损坏的开关量的状态信息、接地电阻的阻值信息，可在对应的防雷柜上的显示装置中显示；同时，各个数据采集系统 100 通过采集机 180 将采集的数据汇总至服务器 200 中，操作人员可通过远程设置的客户端 300 访问服务器 200 中的相应数据。每个防雷柜可设置一个数据采集系统 100，各数据采集系统 100 通过一个采集机（站机）180 统一将采集的数据汇总至服务器 200，当然，多个数据采集系统 100 也可以通过多个采集机（站机）180 将采集的数据汇总至服务器 200。

[0153] 数据采集系统 100 包括：损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块 140、数据处理模块（可以为 MUC110）、显示单元 120、输入控制单元。MUC110 分别连接损坏开关量数据采集模块、接地电阻采集模块 140、显示单元 120、输入控制单元。所述显示单元 120 用以显示经过 MUC110 处理后防雷器各开关量是否正常的信息、接地电阻的阻值信息等；所述输入控制单元用以对 MUC110 输入控制命令。

[0154] 每个防雷柜都是一个独立的防雷器报警状态监测系统，通过输入控制单元及显示单元 120（输入控制单元及显示单元 120 可以为触摸屏）能进行采集器系统参数设置；防雷器开关量的状态信息能实时同步在显示单元 120 显示；如果网络通信中断，防雷器损坏开关量数据采集模块能自动保存采集的信息，并在通信恢复后第一时间上传给远程监测中心机房中的服务器 200。

[0155] 请参阅图 2，防雷器包括 m 行 n 列呈矩阵式排列的开关量（如可以为 15 行 6 列的开关量）；开关量 $D_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列开关量；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$。

[0156] 损坏开关量数据采集模块呈矩阵式排列。所述损坏开关量数据采集模块包括 m 个行连接线、n 个列连接线，第 i 个行连接线 $K_i$ 连接第 i 行的 n 个开关量的第一端口，第 j 个列连接线 $I_j$ 连接第 j 列的 m 个开关量的第二端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$。同时，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管 132 连接开关量 $D_{ij}$（图中标记为 131）的对应端口。即，每个开关量 131 均连接一第一二极管 132，每个开关量 131 与第一二极管 132 组合的两端分别连接其对应的行连接线、列连接线。

[0157] 所述损坏开关量数据采集模块还包括 m*n 个呈矩阵式排列的线路自检电路，即每个开关量配有一线路自检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管 133；线路自检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1,m]$，$b \in [1,n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i 个行连接线 $K_i$，另一端连接第 j 个列连接线 $I_j$。需要指出的是，第二二极管 133 与其对应的第一二极管 132 设置的方向相反。如图 2 所示，本实施例中，开关量 131 的一端连接其对应的行连接线，另一端连接第一二极管 132 的正极；第一二极管 132 的负极连接对应的列连接线；第二二极管 133 的正极连接对应的列连接线，第二二极管 133 的负极连接对应的行连接线。

[0158] 防雷器故障现象有两种：一是线路故障，二是防雷器故障。系统进行防雷器故障监测时，必须区分故障的类型，以便及时通知维护人员，便于故障的排查，提高防雷系统的安全性。基于这一点考虑，本发明揭示了一套行之有效的线路自检和防雷器故障监测的解决方案。

[0159] 所述损坏开关量数据采集模块包括线路故障自检模块、防雷器故障扫描模块，可进行双向检测。

[0160] 所述线路故障自检模块用以对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个

行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现线路故障。

[0161] 或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现线路故障。

[0162] 所述防雷器故障扫描模块用以对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉区域出现防雷器故障。

[0163] 或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉区域出现防雷器故障。

[0164] 以上介绍了本发明防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统的组成，本发明在揭示上述防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统的同时，还揭示上述的测量系统的测量方法；所述方法包括防雷器损坏的开关量采集步骤、接地电阻测量步骤。

[0165] 防雷器损坏的开关量采集步骤包括如下步骤：

[0166] 【步骤 S1】将所述损坏开关量数据采集模块的 m 个行连接线、n 个列连接线呈矩阵式排列，开关量 $D_{ij}$ 的两端分别与第 i 个行连接线 $K_i$ 及第 j 个列连接线 $I_j$ 连接；第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1,m]$，$j \in [1,n]$。

[0167] 【步骤 S2】所述防雷器故障扫描模块对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉点出现防雷器故障。

[0168] 或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉点出现防雷器故障。

[0169] 【步骤 S3】所述线路故障自检模块对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉点出现线路故障。

[0170] 或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉点出现线路故障。

[0171] 【步骤 S4】通过显示单元显示经过 MUC110 处理后防雷器各开关量是否正常的信息。

[0172] 【步骤 S5】通过输入控制单元对 MUC110 输入控制命令。

[0173] 以下主要介绍本发明测量系统的接地电阻采集模块。请参阅图 3，本发明揭示了接地电阻采集模块，通过辅助电流极注入恒定电流 I，在辅助电压极端取出采样电压 V，适当调整辅助电压极在地面的插入点，可以近似的认为设备的接地电阻 R=V/I。同时接地电阻采集模块还提供了通信接口与远程监测终端连接，通过远程监测终端可以智能管理设备和建筑物的接地状态。

[0174] 请参阅图 4，本发明接地电阻采集模块包括接地电阻在线测量装置及远程监测终端 9；接地电阻在线测量装置包括干扰源处理模块 1、通信模块 2、接地电阻测量软件模块 3、电源管理模块 4、恒流源注入模块 5、采样电压读取模块 6、干扰源采集模块 7、微处理器 8；所述微处理器 81 分别连接干扰源处理模块 1、通信模块 2、接地电阻测量软件模块 3、电源管理模块 4、恒流源注入模块 5、采样电压读取模块 6、干扰源采集模块 7 还连接有远程监测终端 9。远程监测终端 9 还可以连接服务器，将监测数据发送至服务器中。

[0175] 在接地电阻在线测量装置中一侧有 3 根线，另一侧有 4 根线；本实施例中，第①根是 +24v 电源线；第②根是地线；第③、④根是 RS485 接口线；第⑤根是辅助电流极接口线 $C_{(H)}$；第⑥根是辅助电压极接口线 $P_{(S)}$；第⑦根是接地极接口线 E。

[0176] 所述电源管理模块 4 用于为测量系统提供电源；所述恒流源注入模块 5 在微处理器 8 的控制下提供恒流源或关闭恒流源。干扰源采集模块 7 用以接受微处理器 8 的控制，对干扰源电压进行测量。干扰源处理模块 1 接受微处理器 8 的控制，根据干扰源进行取样电压基准调整。所述采样电压读取模块 6 接受微处理器 8 的控制，测量采样电压。所述接地电阻测量软件模块 3 接受微处理器 8 的控制，根据所述采样电压读取模块 6 测量得到的采样电压计算接地电阻。

[0177] 请参阅图 5，除图 4 描述的模块之外，所述测量系统还包括线缆模块 10、接口线模块 11。以下分别对各个模块做进一步地介绍。

[0178] 请参阅图 6-1，本实施例中，线缆模块 1 包括 +24v 电源输入线 2 根和 RS485 通信线 2 根。请参阅图 6-2，通信模块 2 使用了集成电路 U1(MAX485) 实现 RS485 通信，使得传输距离更远，抗干扰性强。接地电阻测量软件模块 3 是在微处理器 8 上运行的软件系统。

[0179] 请参阅图 6-5，电源管理模块 4 包括四个小部分：1) 电源保护电路；采用并联瞬态抑制二极管 D1(SMAJ30A) 和串联保险电阻 F1，防止过压和雷击。2)第一 DC/DC 变换控制电路；采用集成电路 IC1(ICI34063) 实现，给其 Vss 和 Cv 管脚接地，产生 +7v。3)第二 DC/DC 变换控制电路；采用 IC2(ICI34063) 集成电路实现，给其 Vss 和 Cv 管脚不接地，产生 -5v。4) 三端稳压电路；采用 U3(LM1117DT-5) 集成电路，生成 +5v。

[0180] 请参阅图 6-7，恒流源注入模块 5 包括四部分：1) 恒流源开关电路；采用三极管 Q2(8550) 和三极管 Q3(8050) 设计开关电路。2) 运算放大电路；采用运算放大

器 U4A(LM2904) 产生恒压电路，从而保证电流的稳定。3）电流稳定电路；采用三极管 Q5(BCX53-16) 设计，截止状态不产生恒流源，导通状态为恒流源稳定产生并输出状态。4）负电平抑制电路；采用瞬态抑制二极管 D2(SMAJ30A) 和 D3(SMAJ30A) 构成负电平抑制电路。

[0181] 请参阅图 6-6，干扰源采集模块 6 包括二部分：1）电压跟随电路；采用运算放大器 U4B(LM2904) 产生恒压电路，供 U2 在 ZGL 管脚处，即 V2 点，读取干扰源电压。2）干扰源采集电路；采用 R28、R38、C15 构成干扰源采集电路，将干扰源引入到 U4B。

[0182] 请参阅图 6-8，采样电压读取模块 7 包括三部分：1）运算放大电路；采用 U5A(LM2904) 进行放大，提高 U2 的测量灵敏度和准确度。2）大功率电阻电路；采用 4 个电阻并串并的方式组成一个大功率电阻，提高电阻的使用寿命。3)10Ω/100Ω 量程档位开关电路；采用 Q4(2N7002) 去读取样电压，进行量程档位的控制。

[0183] 请参阅图 6-9，干扰源处理模块，基于干扰源积进行取样电压基准调整；采用可控的 AR1(X9312) 数字电位器和 U5B(LM2904) 进行电压基准调整。

[0184] 如图 9 所示，在电阻 $R_3$ 处接上 10Ω，100Ω 电阻分别进行测量装置的 10Ω，100Ω 档位自动校正；本功能在接地电阻在线测量装置出厂前完成。其中，R1=100Ω；R2=100Ω；R3=10Ω/100Ω。

[0185] 请参阅图 6-3，接口线模块 8 包括三根线，分别是注入极接口线 C(H)、辅助电压极接口线 P(S)、接地极接口线 E。

[0186] 请参阅图 6-4，微处理器 8 采用 PIC18F4550 作为微处理器。本实施例中，所述微处理器 8 具体包括恒流源控制单元、干扰源采集控制单元、第一判断单元、采样电压测量控制单元、干扰源处理单元、接地电阻测量控制单元、辅助电流极电阻测量控制单元；当然，接地电阻测量软件模块 3 也可以是微处理器 8 中的软件系统。

[0187] 其中，恒流源控制单元用以控制恒流源注入模块注入恒流源电流 I 或将恒流源电流 I 关闭；干扰源采集控制单元用以控制干扰源采集模块测量干扰源电压；第一判断单元用以判断干扰源采集模块测量得到的干扰源电压是否大于设定值 V10；采样电压测量控制单元用以控制所述采样电压读取模块测量采样电压；干扰源处理单元依据干扰源进行采样电压基准调整，用以移动基准电源，使得采样电压的低谷介于 0 和 ε 之间，其中 ε 为设定极小值。接地电阻测量控制单元用以控制所述接地电阻测量软件模块计算接地电阻；所述接地电阻测量软件模块首先获取在不注入恒流源的情况下，所述采样电压读取模块测量得到的干扰源电压 $V_{g1}$ 以及所述采样电压读取模块测量的采样电压 $V_{q1}$；而后获取在注入恒流源的情况下，所述采样电压读取模块测量得到的干扰源电压 $V_{g2}$ 和采样电压 $V_{q2}$；接着计算有效采样电压 $V_q$，$V_q=V_{q1}-V_{q2}$；而后计算接地电阻 $R_d$，$R_d = V_q \div I$。辅助电流极电阻测量控制单元用以控制一辅助电流极电阻测量模块计算辅助电流极电阻；辅助电流极电阻测量模块计算干扰源电压 $V_g$，$V_g=V_{g1}-V_{g2}$；而后计算辅助电流极电阻 $R_z$，$R_z = V_g \div I - R_d$。

[0188] 硬件电路工作的详细过程包括：

[0189] 1）电源部分

[0190] 通过第一接线柱 J1 的引脚 1 给接地电阻在线测量装置提供 +24v 电源，然后通过保险丝 F1 和瞬态抑制二极管 D1 构成电源保护电路；采用 IC1(ICI34063) 集成电路，输入 +24v 电源，给其 Vss 和 Cv 管脚接地，产生 +7v；采用 IC2(ICI34063) 集成电路，输入 +24v 电源，给其 Vss 和 Cv 管脚不接地，产生 -5v；采用 U3(LM1117DT-5) 集成电路，构建三端稳压电

路，生成 +5v。

[0191] 2）测量过程

[0192] 一次测量接地电阻的工作流程如下：

[0193] U2 给管脚 DLEN 提供高电平，Q3 导通、Q2 导通，Q5 截止，Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；干扰源通过第三接线柱 J3 的引脚 ISEND 进入到 U4B 上，经过 U4B 的电压跟随功能，在 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V'_g$，即图 3 中的 V2 点；图 2 中的接地电阻测量软件进行 $V'_g > 18v$ 判断，如果大于 18v 则本工作流程结束，反之则继续；U2 给管脚 DLEN 提供低电平，Q3 截止、Q2 截止，Q5 导通，Q5 的管脚 C 处为 20mA，注入恒流源；干扰源通过第三接线柱 J3 的引脚 ISEND 进入到 U4B 上，经过 U4B 的电压跟随功能，在 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V'_g$，即图 3 中的 V2 点；图 2 中的接地电阻测量软件进行 $V'_g > 18v$ 判断，如果大于 18v 则本工作流程结束，同时可以认为接地点连接线或辅助电流极连接线断开，反之则继续；通过第三接线柱 J3 的引脚 IJS 输入初始取样电压，经过大功率电阻电路 R11-R14，由运算放大器 U5A 进行信号放大，在 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$，即图 3 中的 V3 点；图 2 中的接地电阻测量软件进行调节 AR1 的电位器，然后再次在 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$，直到 AR1 的电位器阻值能使取样电压 $V'_q$ 满足 $0 < \left| V'_q \right| < \varepsilon$，如果不能满足则本工作流程结束，反之则继续；U2 给管脚 GAIN SEL 提供高电平，Q4 截止，即当前量程档位是 100Ω 量程档位，在 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V'_q$，图 2 中的接地电阻测量软件进行判断 $V'_q$，大于 3.3v，则 U2 给管脚 GAIN SEL 提供低电平，Q4 导通，即换成 10Ω 量程档位，然后继续，否则也继续；U2 给管脚 DLEN 提供高电平，Q3 导通、Q2 导通，Q5 截止，Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；在 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V_g^1$；在 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V_q^1$；U2 给管脚 DLEN 提供低电平，Q3 截止、Q2 截止，Q5 导通，Q5 的管脚 C 处为 20mA，注入恒流源；在 U2 的管脚 ZGJ 上测量干扰源 $V_g^2$；在 U2 的管脚 A/D 上测量取样电压 $V_q^2$；图 2 中的接地电阻测量软件根据公式 $V_g = V_g^2 - V_g^1$，计算有效干扰源 $V_g$；图 2 中的接地电阻测量软件根据公式 $V_q = V_q^2 - V_q^1$，计算有效取样电压 $V_q$，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开；图 2 中的接地电阻测量软件根据公式 $R_d = V_q \div I$，计算有效接地电阻 $R_d$；图 2 中的接地电阻测量软件根据公式 $R_z = V_g \div I - R_d$，计算有效辅助电流极电阻 $R_z$；U2 给管脚 DLEN 提供高电平，Q3 导通、Q2 导通，Q5 截止，Q5 的管脚 C 处为 0mA，不注入恒流源；图 2 中的接地电阻测量软件将前面的计算结果 $V_g$、$R_d$、$R_z$ 通过第一接线柱 J1 的引脚 2、3，以 RS485 通信方式上传给接地电阻监测终端；结束本次接地电阻测量。本流程 30s 进行一次。

[0194] 以上介绍了本发明测量系统中接地电阻采集模块的组成，本发明在揭示接地电阻采集模块的同时，还揭示上述模块的实时在线采集方法。

[0195] 测量接地电阻（以及辅助电流极电阻）的步骤如下：

[0196] 步骤 S201：不注入恒流源 I，测量干扰源 $V'_g$，如果 $V'_g > 18v$，则退出；

[0197] 步骤 S202：注入恒流源 I，测量干扰源 $V'_g$，如果 $V'_g > 18v$，则退出，同时可以认为接地点连接线或辅助电流极连接线断开；

[0198] 步骤 S203：测量取样电压 $V'_q$，移动基准电源，使得取样电压低谷介于 0 和 ε 之

间，其中 ε 是个极小值，进行移动基准电源使得$0<\left|V_q^1\right|<\varepsilon$就是为了方便积分计算取样电压；

[0199] 步骤 S204：不注入恒流源 I，测量干扰源$V_g^1$和取样电压$V_q^1$；

[0200] 步骤 S205：注入恒流源 I，测量干扰源$V_g^2$和取样电压$V_q^2$；

[0201] 步骤 S206：计算干扰源 $V_g$，$V_g=V_g^2-V_g^1$；

[0202] 步骤 S207：计算取样电压 $V_q$，$V_q=V_q^2-V_q^1$，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开；

[0203] 步骤 S208：计算接地电阻 $R_d$，$R_d = V_q \div I$；

[0204] 步骤 S209：计算辅助电流极电阻 $R_z$，$R_z = V_g \div I - R_d$；

[0205] 步骤 S210：不注入恒流源 I。

[0206] 其具体流程图如图 7 所示；以下按照图 7 的流程一步一步的给出详细说明。

[0207] 【第一步】开始

[0208] 开始进行接地电阻测量。

[0209] 【第二步】不注入恒流源

[0210] 在图 3 中，微处理器通过恒流源注入模块 5 的三极管 Q2、Q3 来控制是否产生恒流源。本步骤在 DLEN 端提供高电平让三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源，也就是 V1 点的电流为 0mA。

[0211] 【第三步】测量干扰源 $V'_g$

[0212] 在图 6-7 中，在 V1 点电流为 0mA 时，图 6-6 中，微处理器测量 V2 点的电压，即干扰源 $V'_g$。

[0213] 【第四步】判断 $V'_g > 18v$

[0214] 判断 $V'_g > 18v$，如果大于 18v 则干扰源会影响恒流源的稳定，那么接地电阻测量结果就不准确，所以必须放弃测试，跳转到第二十四步。

[0215] 【第五步】注入恒流源 I

[0216] 微处理器在 DLEN 端提供低电平让三极管 Q5 导通，从而产生恒流源，也就是图 6-7 中 V1 点的电流为 20mA，即 I=20mA。

[0217] 【第六步】测量干扰源 $V'_g$

[0218] 在图 6-7 中，在 V1 点电流为 20mA 时，图 6-6 中，微处理器测量 V2 点的电压，即干扰源 $V'_g$。

[0219] 【第七步】判断 $V'_g > 18v$

[0220] 判断 $V'_g > 18v$，如果大于 18v 则干扰源会影响恒流源的稳定，那么接地电阻测量结果就不准确，所以必须放弃测试，同时可以认为接地点连接线或辅助电流极连接线断开，跳转到第二十四步。

[0221] 【第八步】测量取样电压 $V'_q$

[0222] 在图 6-7 中，在 V1 点电流为 20mA 时，经过大功率电阻电路、10Ω/100Ω 量程档位开关电路、干扰源处理电路的处理，微处理器测量图 6-8 中 V3 点的电压，即干扰源 $V'_q$。

[0223] 【第九步】移动基准电源

[0224] 通过干扰源处理电路，移动基准电源，微调电位器 AR1，让其阻值能使取样电压 $0<\left\lfloor V_q' \right\rfloor<\varepsilon$。

[0225] 【第十步】判断 $0<\left\lfloor V_q' \right\rfloor<\varepsilon$

[0226] 判断 $V'_q$ 波形的低谷是不是处于 $0<\left\lfloor V_q' \right\rfloor<\varepsilon$，如果是，则继续；否则，跳转到第二十四步。

[0227] 【第十一步】调整量程档位

[0228] 假设在 100Ω 量程档位，注入恒流源，读取取样电压，若大于 3.3v，则换成 10Ω 量程档位；否则不换。

[0229] 【第十二步】不注入恒流源

[0230] 微处理器在 DLEN 端提供高电平让三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源，也就是在图 6-7 中 V1 点的电流为 0mA。

[0231] 【第十三步】测量干扰源 $V_g^1$

[0232] 在图 6-7 中，在 V1 点电流为 0mA 时，图 6-6 中，微处理器测量经过取样电压基准调整后的 V2 点电压，即干扰源 $V_g^1$。

[0233] 【第十四步】测量取样电压 $V_q^1$

[0234] 在图 6-7 中，在 V1 点电流为 0mA 时，微处理器测量经过取样电压基准调整后的图 6-8 中 V3 点电压，即干扰源 $V_q^1$。

[0235] 【第十五步】注入恒流源 I

[0236] 微处理器在 DLEN 端提供低电平让三极管 Q5 截止，从而产生恒流源，也就是图 6-7 中 V1 点的电流为 20mA。

[0237] 【第十六步】测量干扰源 $V_g^2$

[0238] 在图 6-7 中，在 V1 点电流为 20mA 时，微处理器测量经过取样电压基准调整后的图 6-6 中 V2 点电压，即干扰源 $V_g^2$。

[0239] 【第十七步】测量取样电压 $V_q^2$

[0240] 在图 6-7 中，在 V1 点电流为 20mA 时，微处理器测量经过取样电压基准调整后的图 6-8 中 V3 点电压，即干扰源 $V_q^2$。

[0241] 【第十八步】计算干扰源 $V_g=V_g^2-V_g^1$；$V_g=V_{g1}-V_{g2}$

[0242] 根据前面的测量结果，运用公式 $V_g=V_g^2-V_g^1$，计算有效 $V_g$。

[0243] 【第十九步】计算取样电压 $V_q=V_q^2-V_q^1$；$V_q=V_{q1}-V_{q2}$

[0244] 根据前面的测量结果，运用公式 $V_q=V_q^2-V_q^1$，计算有效 $V_q$，如果有效采样电压值为 0 则认为辅助电压极连接线断开。

[0245] 【第二十步】计算接地电阻 $R_d=V_q\div I$

[0246] 根据前面的测量结果，运用公式 $R_d=V_q\div I$，计算有效 $R_d$。

[0247] 【第二十一步】计算辅助电流极电阻 $R_z = V_g \div I - R_d$

[0248] 根据前面的测量结果，运用公式 $R_z = V_g \div I - R_d$，计算有效 $R_z$。

[0249] 【第二十二步】不注入恒流源

[0250] 在图 6-7 中，微处理器在 DLEN 端提供高电平让三极管 Q5 截止，从而不产生恒流源，也就是图 6-7 中 V1 点的电流为 0mA。

[0251] 【第二十三步】输出计算结果

[0252] 将前面的计算结果 $V_g$、$R_d$、$R_z$ 通过 RS485 接口上传给接地电阻监测终端。

[0253] 【第二十四步】结束

[0254] 结束本次接地电阻测量。

[0255] 本流程 30s 进行一次（当然可以根据需要设定时间间隔）。

[0256] 实施例二

[0257] 本实施例与实施例一的区别在于，本实施例中，防雷器包括 m 行开关量，共 s 个开关量；每行开关量的数量相同或不同。

[0258] 本实施例中，各行开关量中，一行开关量最多包括 n 个开关量；开关量 $D_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列开关量；其中，a、b 为整数，$a \in [1, m]$，$b \in [1, n]$。

[0259] 所述损坏开关量数据采集模块包括 m 个行连接线、n 个列连接线，开关量 $D_{ij}$ 的两端分别与第 i 个行连接线 $K_i$ 及第 j 个列连接线 $I_j$ 连接；同时，第 i 个行连接线 $K_i$ 或第 j 个列连接线 $I_j$ 通过对应的第一二极管连接开关量 $D_{ij}$ 的对应端口；其中，i、j 为整数，$i \in [1, m]$，$j \in [1, n]$。

[0260] 所述防雷器故障扫描模块用以对防雷器故障进行检测；将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉点出现防雷器故障。

[0261] 或者，所述防雷器故障扫描模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为高电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为低电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉点出现防雷器故障。

[0262] 优选地，所述损坏开关量数据采集模块还包括 s 个线路自检电路，即每个开关量配有一线路自检电路，每个线路自检电路包括一个第二二极管；线路自检电路 $S_{ab}$ 定义为第 a 行第 b 列线路自检电路；其中，a、b 为整数，$a \in [1, m]$，$b \in [1, n]$；线路自检电路 $S_{ij}$ 的一端连接第 i 个行连接线 $K_i$，另一端连接第 j 个列连接线 $I_j$。第二二极管与其对应的第一二极管设置的方向相反。

[0263] 所述线路故障自检模块用以对线路自身故障进行检测；线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低电位；然后依次使 n 个列连接线中的一个列连接线 $I_j$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，m 个行连接线的电位应均为高；此时若 m 个行连接线中有低电位出现，则电位为低的第 i 个行连接线 $K_i$ 与当前的第 j 个列连接线 $I_j$ 之间的交叉点出现线路故障。

[0264] 或者，所述线路故障自检模块将 m 个行连接线及 n 个列连接线的电位均设置为低

电位；然后依次使 m 个行连接线中的一个行连接线 $K_i$ 的电位设置为高电位；如果线路无故障，n 个列连接线的电位应均为高；此时若 n 个列连接线中有低电位出现，则电位为低的第 j 个列连接线 $I_j$ 与当前的第 i 个行连接线 $K_i$ 之间的交叉点出现线路故障。

[0265] 实施例三

[0266] 本实施例与实施例一的区别在于，本实施例中，接地电阻实时在线监测中，微控制器的软件功能模块组成如图 8 所示；下面对图 8 中的各个模块进行说明。

[0267] 1）恒流源开关控制

[0268] 本模块主要负责控制是否输入恒流源，本装置的恒流源是 20mA。

[0269] 2）测量恒流源

[0270] 本模块负责从图 6-7 中 V1 点读取恒流源，同时也提供装置出厂前恒流源的自我校正。

[0271] 3）测量干扰源

[0272] 本模块在注入恒流源和不注入恒流源的情况下判断干扰源是不是过大，本装置以 +18v 为界限，如果过大则不能测量接地电阻；如果不超过界限，则在 4）和 5）步骤后，在不注入恒流源和注入恒流源的情况下测量干扰源，给 7）步计算提供数据。

[0273] 4）量程档位自动识别

[0274] 本模块具有自动识别接地电阻量程的功能，如果接地电阻超过 10Ω，则选择选择 100Ω 档位进行测量，如果不超过，则选择 10Ω 档位进行测量。本装置的测量范围是 0Ω ～ 100Ω。

[0275] 5）干扰源处理

[0276] 为了方便积分计算，对干扰源进行处理，调整取样电压基准，取样电压的最后结果最好不是负数，所以要对初始取样电压进行调整，将其波形的低谷调整为大于 0 而小于 ε，ε 是一个大于 0 的极小值。本模块主要负责取样电压的调整。

[0277] 6）测量取样电压

[0278] 本模块首先测量取样电压，然后进行电压基准调整；然后在不注入和注入恒流源的情况进行取样电压测量，以便计算出有效取样电压。

[0279] 7）计算干扰源

[0280] 本模块负责根据 3）测量的干扰源计算有效干扰源。

[0281] 8）计算接地电阻

[0282] 本模块根据 6）推算出的有效取样电压和恒流源，计算出有效接地电阻。

[0283] 9）计算辅助电流极电阻

[0284] 本模块根据 7）计算的有效干扰源、恒流源和有效接地电阻，计算出辅助电流极电阻。

[0285] 10）通信模块

[0286] 本模块负责接收接地电阻监测终端的指令，同时将计算的干扰源、接地电阻、辅助电流极电阻上传给接地电阻监测终端。

[0287] 实施例四

[0288] 本实施例与实施例一的区别在于，本实施例中，可以设定接地电阻报警阈值，当接地电阻超过阈值，测量装置就会报警。

[0289] 请参阅图 10，$C_{(H)}$ 是电流极接口、$P_{(S)}$ 是辅助电压极接口、E 是接地线接口；实际测量接地电阻时，$C_{(H)}$ 是与注入极接地棒连接，$P_{(S)}$ 是与采样电压接地棒连接，E 是直接与设备或建筑物的地线连接。本测量装置提供了 RS485 方式与接地电阻监测终端相连。在接地电阻监测终端运行监测软件，就可以实现在线实时在线监测与历史查询功能，如动态显示、告警指示、历史数据读取、查阅、保存、打印等功能。

[0290] 根据干扰源、辅助电流极电阻、接地电阻测量的结果，可以将接地电阻采集结果分成九种状态，具体如表 1 所示。

[0291]

| 状态 | 干扰源 | 辅助电流极电阻 | 接地电阻值 | 条件 | 报警 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | “正在检测” | “正在检测” | “正在检测” | 正在检测时的提示 | 否 |
| 1 | “未安装” | “未安装” | “接地电阻采集器未安装” | 接地电阻采集器未安装 | 否 |
| 2 | “通信异常” | “通信异常” | “通信异常” | 通信异常 | 是 |
| 3 | “干扰源过大” | “检测不到值” | “干扰源过大” | 干扰源过大 | 否 |
| 4 | （实测值） | “检测不到值” | “直流成分过大” | 直流成分过大 | 否 |
| 5 | （实测值） | “检测不到值” | “接地电阻大于 100” | 接地电阻大于 100 | 是 |
| 6 | （实测值） | “检测不到值” | “接地电阻或辅助电流极电阻或干扰源过大” | 接地电阻或辅助电流极电阻或干扰源过大 | 是 |
| 7 | （实测值） | “检测不到值” | “辅助电压极电阻过大或断开” | 辅助电压极电阻过大或断开 | 是 |
| 8 | （实测值） | （实测值） | （实测值） | 实测值<设定值 | 否 |
| | | | （实测值） | 实测值≥设定值 | 是 |

[0292]

[0293] 表 1 接地电阻测量的九种状态

[0294] 注：除未安装和实测值小于设定值外，其余状态连续出现 5 次也会报警。

[0295] 根据表 1 的九种状态，接地电阻监测终端动态显示接地电阻在线测量终端上传的接地电阻阻值、干扰源电压、辅助电流极电阻；如果状态是状态 2、5、6、7 及状态 8 中的超阈值情况，则进行报警。

[0296] 综上所述，本发明提出的防雷器损坏的开关量及接地电阻实时在线监测系统及方法，可减少开关量的连接线缆，提高防雷器内部的整洁性，同时保证各个开关量性能的有效判断，此外可以实时在线精确地测得接地电阻。本发明尤其适用铁路信号防雷。

[0297] 这里本发明的描述和应用是说明性的，并非想将本发明的范围限制在上述实施例中。这里所披露的实施例的变形和改变是可能的，对于那些本领域的普通技术人员来说实施例的替换和等效的各种部件是公知的。本领域技术人员应该清楚的是，在不脱离本发明的精神或本质特征的情况下，本发明可以以其它形式、结构、布置、比例，以及用其它组件、材料和部件来实现。在不脱离本发明范围和精神的情况下，可以对这里所披露的实施例进行其它变形和改变。

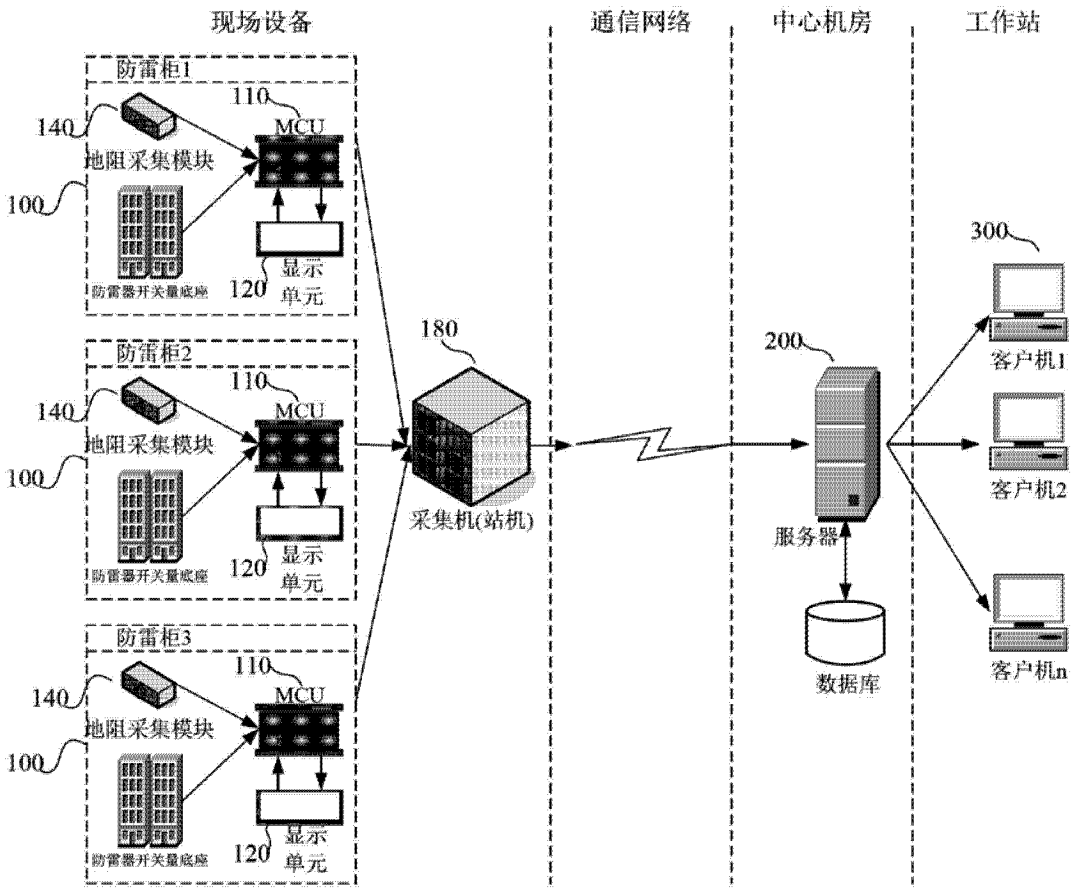

现场设备
通信网络
中心机房
工作站
防雷柜1
防雷柜2
防雷柜3
110
MCU
140
地阻采集模块
100
防雷器开关量底座
120
显示单元
180
采集机(站机)
200
服务器
数据库
300
客户机1
客户机2
客户机n

图 1

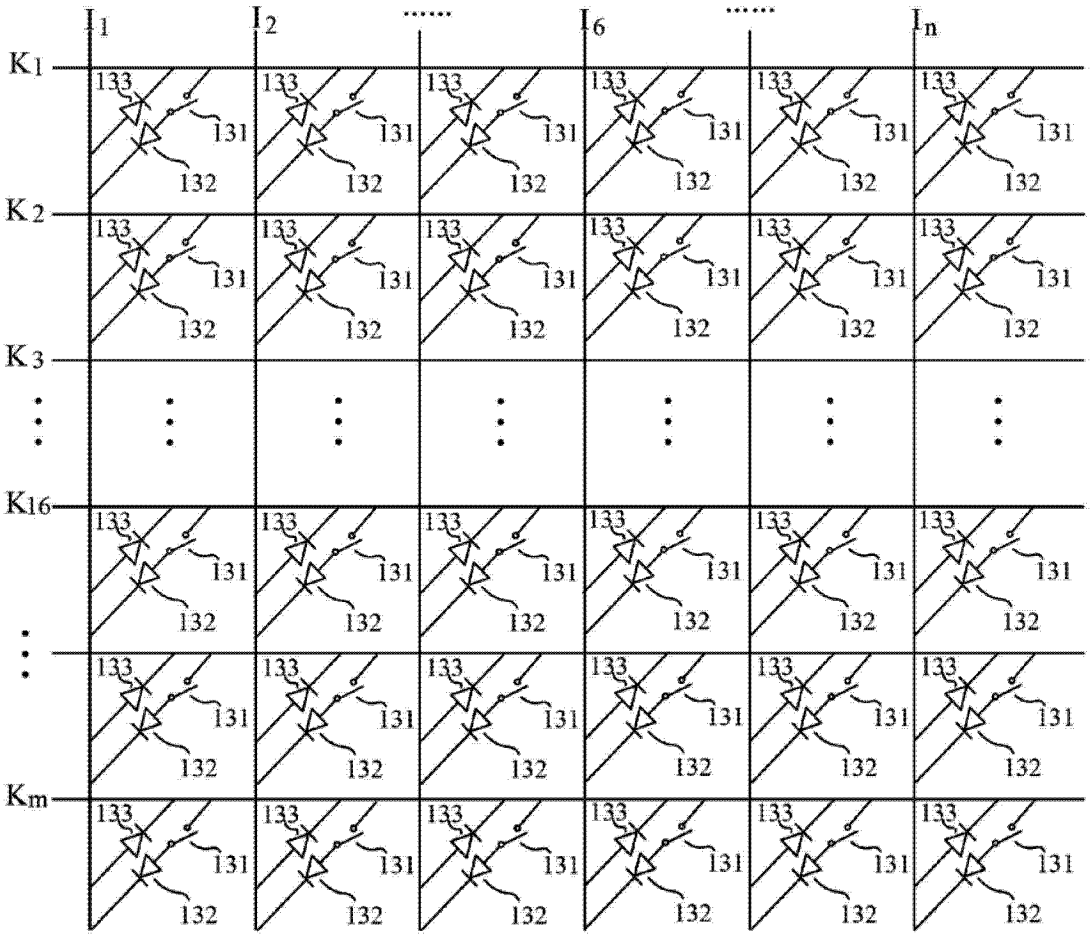



图 2

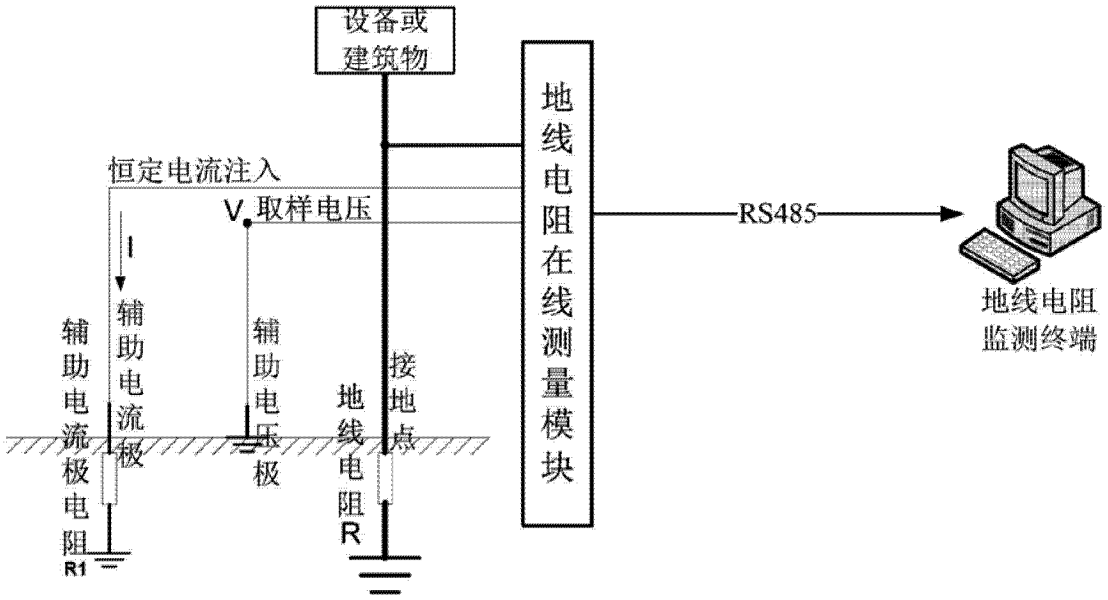

设备或建筑物
地线电阻在线测量模块
恒定电流注入
V 取样电压
I
RS485
地线电阻监测终端
辅助电流极
辅助电压极
接地点
地线电阻R
辅助电流极电阻R1

图 3

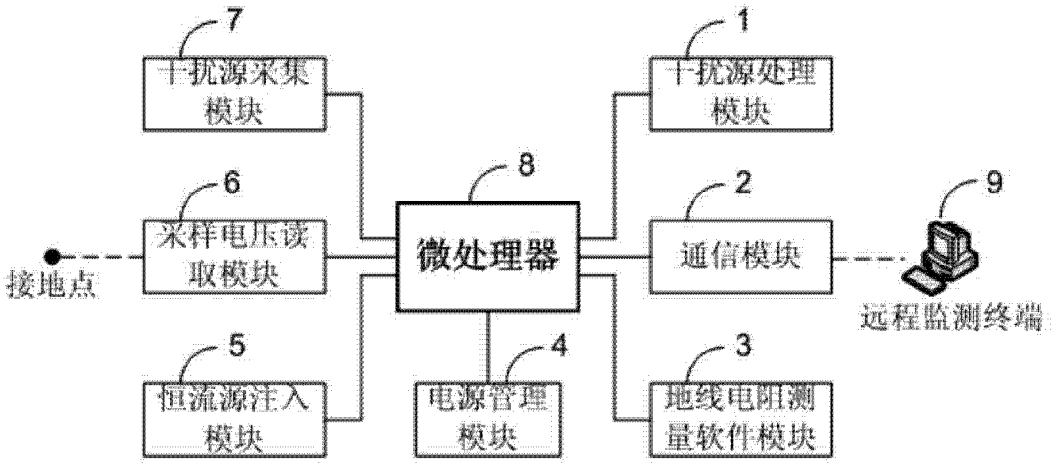
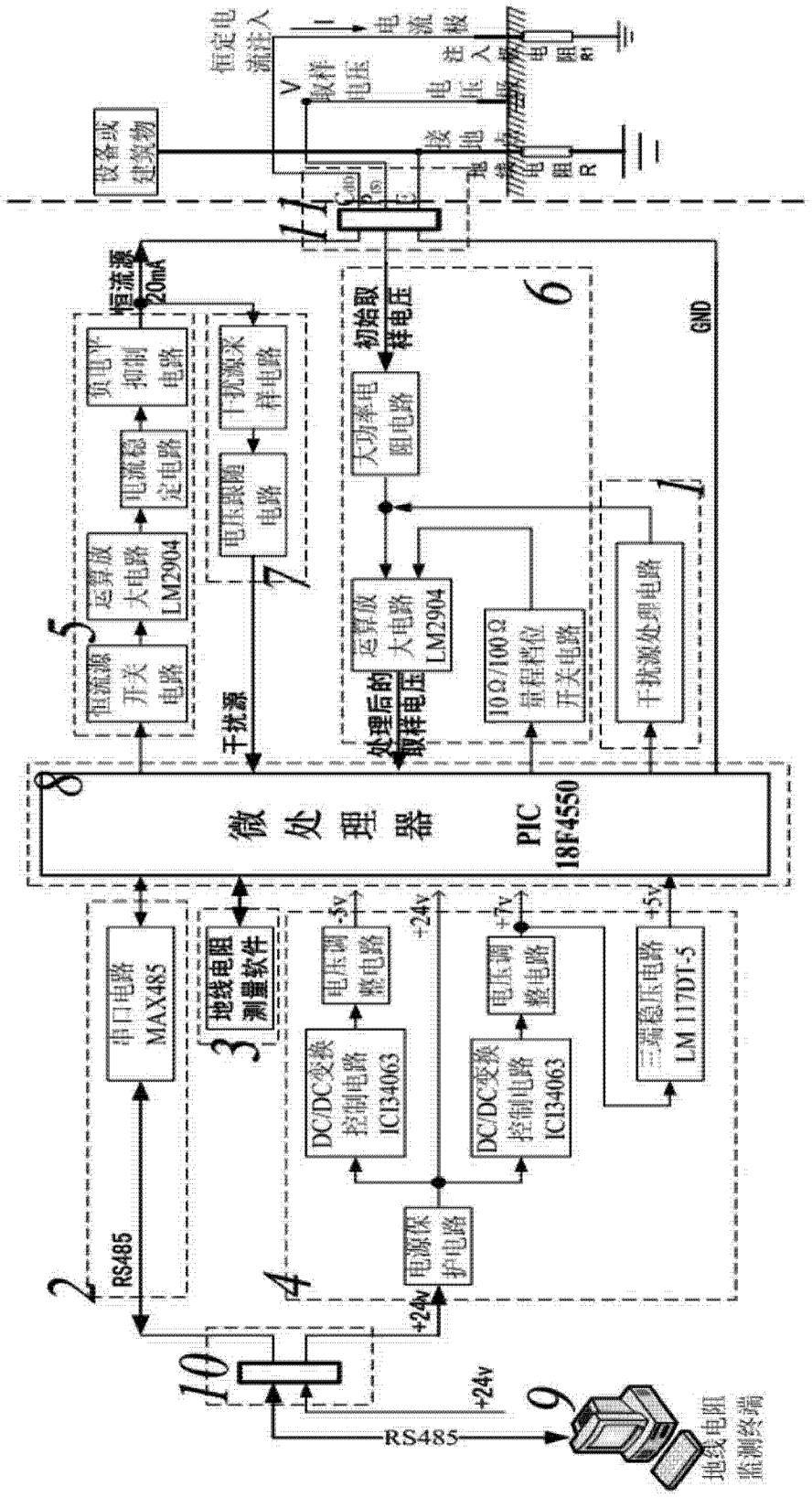

7
干扰源采集模块
1
干扰源处理模块
8
6
采样电压读取模块
微处理器
2
通信模块
9
接地点
远程监测终端
5
恒流源注入模块
4
电源管理模块
3
地线电阻测量软件模块

图 4



恒定电流注入
电流极
注入极
电阻R1
电阻R
V
取样电压
电压极
接地极
地线
设备或建筑物
11
恒流源
20mA
6
切始取样电压
GND
1
大功率电阻电路
运算放大电路
LM2904
10Ω/100Ω量程档位开关电路
干扰源处理电路
处理后的取样电压
5
运算放大电路
LM2904
电流稳定电路
负电平抑制电路
7
干扰源采样电路
电压跟随电路
干扰源
8
微处理器
PIC
18F4550
2
RS485
串口电路
MAX485
3
地线电阻测量软件
4
电源保护电路
DC/DC变换控制电路
IC134063
电压调整电路
-5v
+24v
+7v
+5v
三端稳压电路
LM 117DT-5
10
+24v
RS485
9
地线电阻监测终端


图 5

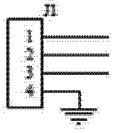



图 6-1

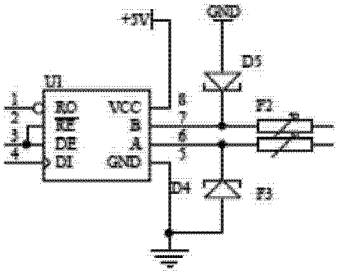



图 6-2

图 6-3

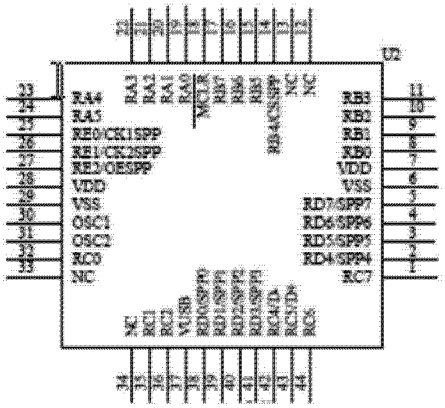



图 6-4

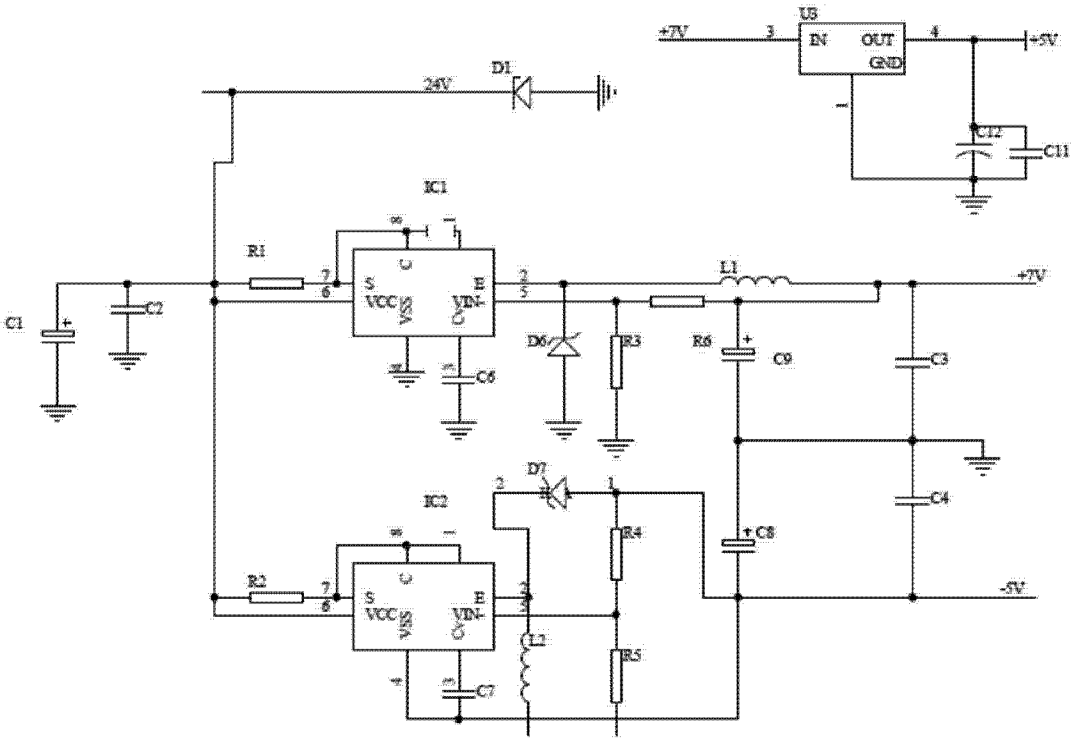

U3
+7V
3
IN
OUT
GND
4
+5V
C12
C11
D1
24V
IC1
R1
7
6
S
VCC
E
VIN-
2
5
L1
+7V
C1
C2
D6
R3
R6
C9
C3
C6
D7
IC2
C4
C8
R4
R2
-5V
L2
R5
C7

图 6-5

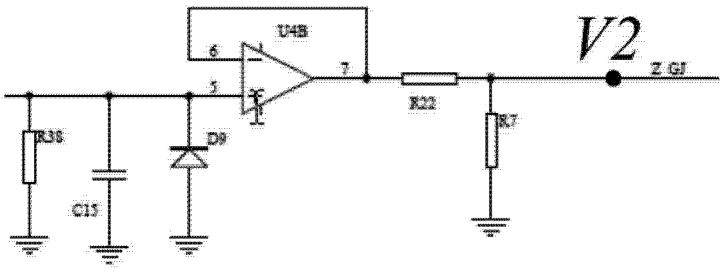

U4B
6
5
7
V2
Z GJ
R22
R7
R38
D9
C13

图 6-6

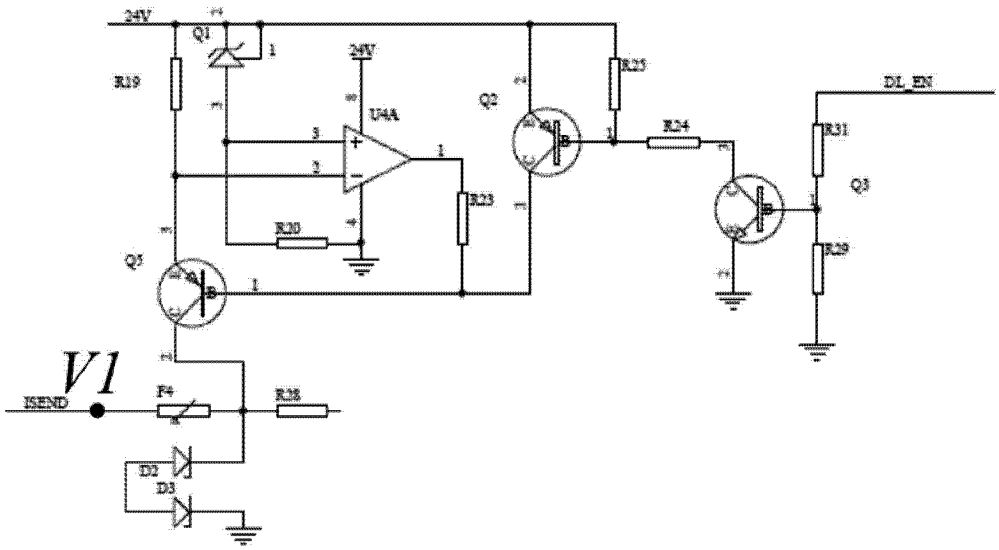

24V
Q1
R19
24V
U4A
Q2
R25
DL_EN
R24
R31
Q3
R23
R20
R29
Q5
V1
ISEND
F4
R28
D2
D3

图 6-7

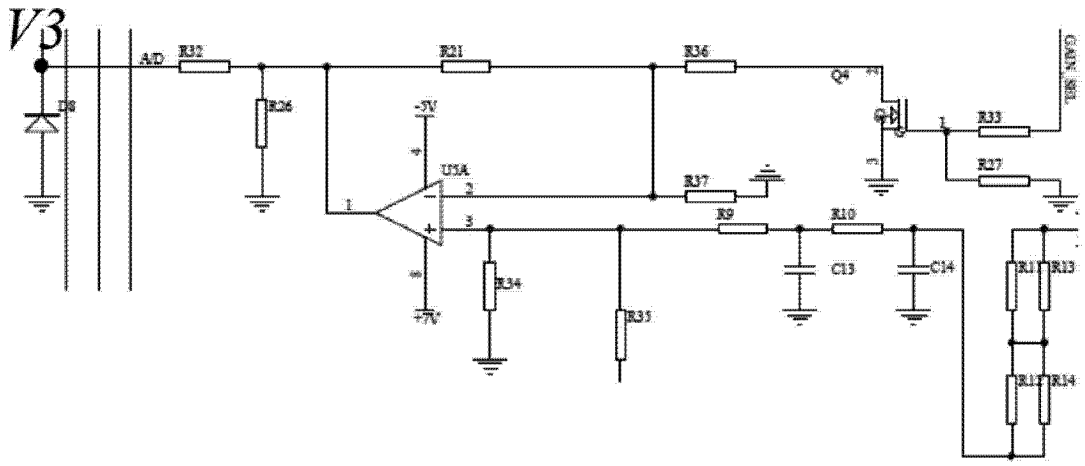

V3
A/D
R32
R21
R36
Q4
GAIN_SEL
D8
R26
-5V
U5A
R37
R33
R27
R9
R10
C13
C14
R34
R35
+7V
R11
R13
R12
R14

图 6-8

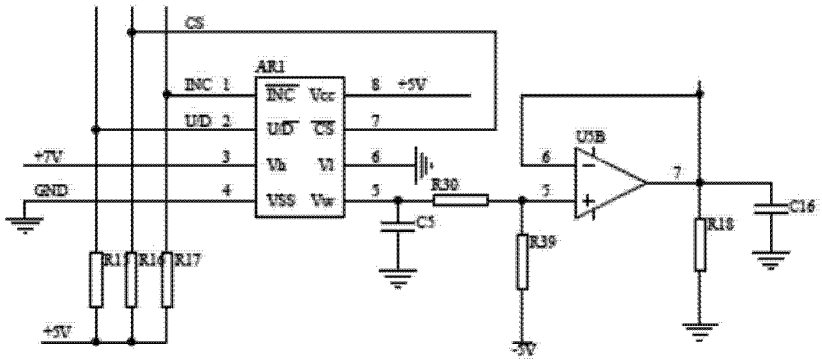

CS
AR1
INC 1
UD 2
+7V 3
GND 4
INC Vcc 8 +5V
UD CS 7
Vh Vl 6
Vss Vw 5
R30
C5
U5B
R39
-5V
R18
C16
R15
R16
R17
+5V

图 6-9

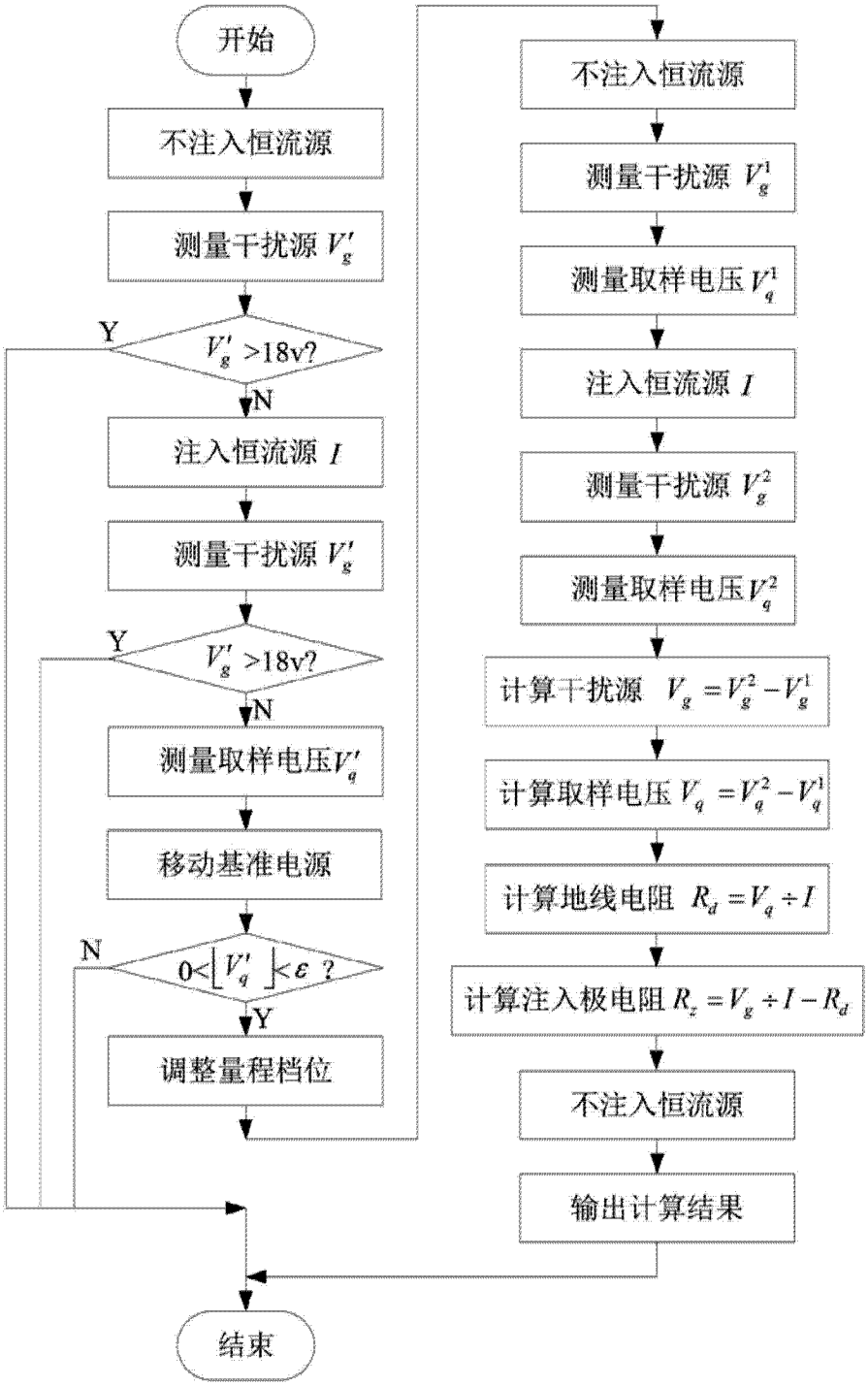

开始
不注入恒流源
测量干扰源 $V_g'$
$V_g'$ >18v?
Y
N
注入恒流源 $I$
测量干扰源 $V_g'$
$V_g'$ >18v?
Y
N
测量取样电压$V_q'$
移动基准电源
$0<\left|V_q'\right|<\varepsilon$ ?
N
Y
调整量程档位
不注入恒流源
测量干扰源 $V_g^1$
测量取样电压 $V_q^1$
注入恒流源 $I$
测量干扰源 $V_g^2$
测量取样电压 $V_q^2$
计算干扰源 $V_g=V_g^2-V_g^1$
计算取样电压 $V_q=V_q^2-V_q^1$
计算地线电阻 $R_d=V_q\div I$
计算注入极电阻 $R_z=V_g\div I-R_d$
不注入恒流源
输出计算结果
结束

图 7

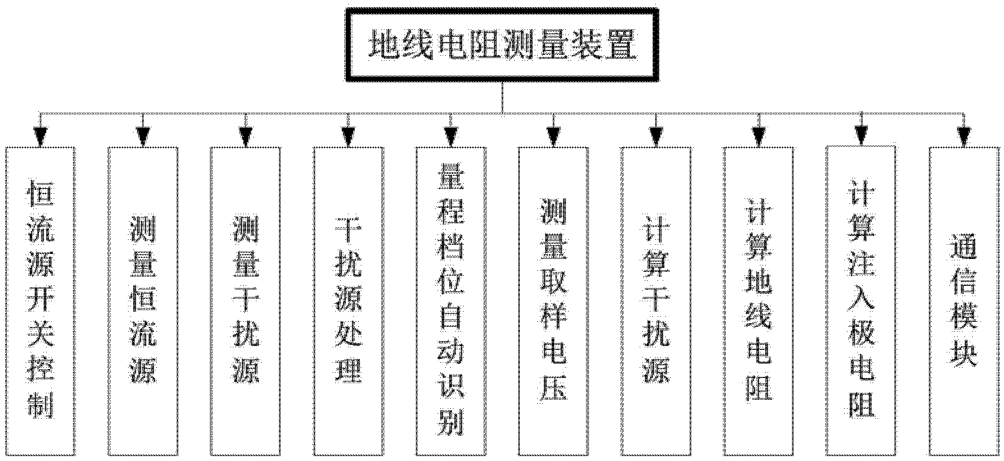

地线电阻测量装置
恒流源开关控制
测量恒流源
测量干扰源
干扰源处理
量程档位自动识别
测量取样电压
计算干扰源
计算地线电阻
计算注入极电阻
通信模块

图 8

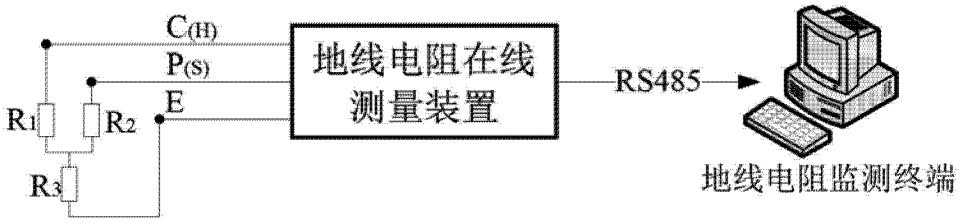

C(H)
P(S)
E
R1
R2
R3
地线电阻在线测量装置
RS485
地线电阻监测终端

图 9

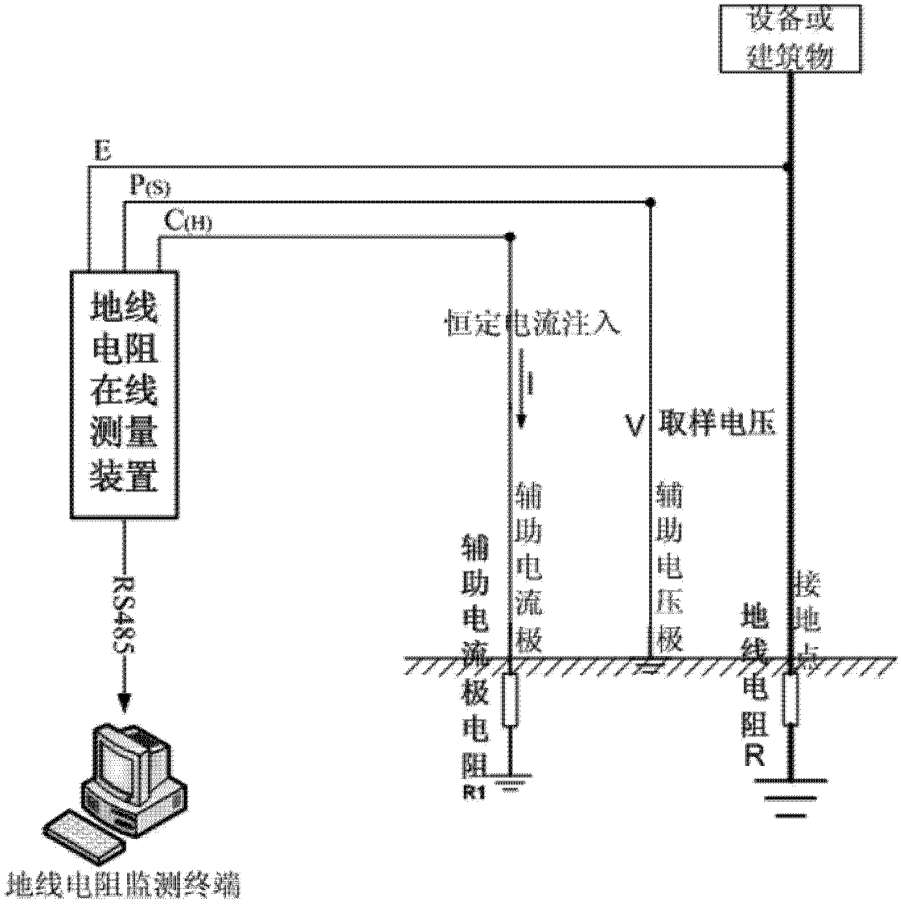

设备或
建筑物
E
P(S)
C(H)
地线
电阻
在线
测量
装置
恒定电流注入
I
V
取样电压
辅助电流极
辅助电压极
接地点
辅助电流极电阻
R1
地线电阻
R
RS485
地线电阻监测终端

图 10