(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 103605041 A
(43)申请公布日 2014.02.26

(21)申请号 201310565336.8

(22)申请日 2013.11.14

(71)申请人 国家电网公司
地址 100761 北京市西城区西长安街 86 号
申请人 江苏省电力公司
江苏省电力公司电力科学研究院

(72)发明人 袁宇波 张佳敏 卜强生 许建刚
黄浩声 李鹏

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224
代理人 董建林 汪庆朋

(51)Int.Cl.
G01R 31/02(2006.01)

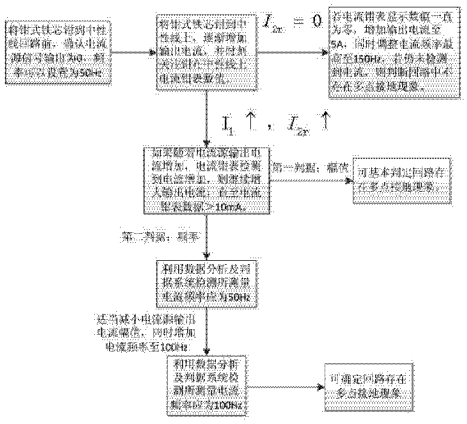
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法及其系统

(57)摘要

本发明涉及的是一种非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法及其系统，通过在二次回路中性线内施加变化的磁场，基于法拉第电磁感应定律，判断中性线内是否有电流产生，只有二次回路中存在两点接地时，中性线中才会产生电流，若回路只有一点接地，不会形成电流；其装置包括用于向中性线内施加垂直于中性线的变化磁场的信号注入系统、采集中性线电流的信号采集装置和判断是否为多地点接线的数据处理及接地判据系统。本发明可方便用于变电站检查电流互感器二次回路多点接地的判断，保证对保护装置正常运行不产生影响的前提下，有效地检测出电流互感器二次回路是否发生多点接地。



CN 103605041 A

1. 一种非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法，基于法拉第电磁感应定律，其方法为：(1) 非接触式信号注入；在电流互感器二次回路中性线内施加垂直于中性线的变化磁场，使中性线内产生变化的磁通量，实现非接触式信号注入；

(2) 判断中性线上是否产生电流，若产生电流则为多点接地；反之为一点接地。

2. 根据权利要求 1 所述的非接触式变电站电流互感器二次回路多点接地检测方法，其特征在于，上述步骤(1)中，在所述中性线上安装信号注入系统，通过信号注入系统使其产生垂直与中性线的变化磁场。

3. 根据权利要求 2 所述的非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法，其特征在于，所述信号注入系统包括可开合的钳子铁芯、设置在钳子铁芯上的线圈和连接线圈的交流电流源，线圈连接交流电流源，通过线圈的交变电流在铁芯内会激发交变的磁通量，所述钳子铁芯垂直夹紧在中性线上，使中性线上施加垂直于中性线变化的磁场。

4. 根据权利要求 3 所述的非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法，其特征在于，上述步骤(1)中，在钳子铁芯垂直夹紧在中性线前，确认交流电流源信号输出为零，频率设置为数值 M ，$0 < M \leqslant 50$ 赫兹 ；然后将钳子铁芯垂直夹紧在中性线上，逐渐增加交流电流源输出电流，使中性线内产生磁通量。

5. 根据权利要求 4 所述的非接触式变电站电流互感器二次回路多点接地检测方法，其特征在于，上述步骤(2)中，用于判断中性线上是否产生电流是通过观察电流采集装置的电流数值的变化，若电流数值一直为零，进一步增加交流电流源的输出电流至数值为 N, 其中，$0 < N < 5$ 安培，同时增加电流频率至数值为 L, 其中，$L \leqslant 150$Hz, 若仍未检测到电流，则判断二次回路中不存在多点接地现象；

若随着电流源输出电流增加，电流采集装置检测到电流增加，则继续增加交流电流源的输出电流直到数据处理及多点接地判据系统检测所测量的电流数值大于或等于 10mA，此时，利用数据处理及多点接地判据系统检测所测量的电流频率为 M，然后，逐渐减小交流电流源的输出电流，同时增加电流频率数值至 2M，此时再利用数据处理及多点接地判据系统检测所测量的电流频率的数值若为 2M，则确定回路存在多点接地现象，并通过数据处理及多点接地判据系统发出告警信号。

6. 一种非接触式电流互感器二次回路多点接地检测系统，其包括：

信号注入系统，设置在变电站电流互感器二次回路的中性线上，用于向中性线内施加垂直与中性线的变化磁场；

信号采集装置，设置在变电站电流互感器二次回路的中性线上，用于采集中性线上是否产生电流；

数据处理及多点接地判据系统，与信号采集装置相连接，用于接收信号采集装置送入的采集信息，并根据采集信息进行数据分析和多点接地判别，根据判据逻辑和定值判别电流互感器二次回路是否发生多点接地，若为多点接地，则发出告警信号判断。

7. 根据权利要求 6 所述的非接触式的电流互感器二次回路多点接地检测系统，其特征在于，所述信号采集装置实采用的是高精度电流钳表。

8. 根据权利要求 6 所述的非接触式电流互感器二次回路多点接地检测系统，其特征在于，所述信号注入系统包括可开合的钳子铁芯、设置在钳子铁芯上的线圈和连接线圈的交流电流源，线圈连接交流电流源，通过线圈的交变电流在铁芯内会激发交变的磁通量，所述

钳子铁芯垂直夹紧在中性线上，使中性线上施加垂直与中性线变化的磁场。

9. 根据权利要求 6 所述的非接触式电流互感器二次回路多点接地检测系统，其特征在于，所述交流电流源采用的是单相继电保护测试仪。

非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种非接触式的变电站电流互感器二次回路多点接地检测方法及其系统，属于电力自动化技术领域。

背景技术

[0002] 在电力系统中，二次回路对保障系统安全稳定运行起到非常重要的作用，系统正常运行方式下，为了保证人身和设备的安全，《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》、《电力作业现场安全规程》规定电流互感器二次回路的一个电气连接必须有一个可靠的接地点。同时为了保证继电保护和安全自动装置的正确工作，要求电流回路中只有一个接地点。但是由于变电站电流二次回路往往连接多个设备，延伸范围广，常常由于人为接线错误或者二次回路绝缘老化等原因，一个电气连接的电流二次回路中出现多个接地点，多点接地导致母线保护、主变保护、线路保护不正确动作的事故屡屡发生。

[0003] 电流互感器二次回路多点接地有两种情况：1）中性线多点接地；2）保护装置两侧多点接地，多点接地方式(如图 1 所示)。

[0004] 如图 1 所示，R1、R2、R3 分别为保护装置 ABC 三相采样回路等值电阻。正常情况下，TA 二次回路接地点有且仅有一个，在 CT 根部或在保护室内，在图 1 中，具有接地点接于保护屏内的接线方式。①、②分别模拟电流回路中性线多点接地和保护两侧多点接地两种接地情况。

[0005] 对于中性线两点接地的情况，由于变电站接地网并非实际的等电位面，不同点会出现一定的电位差，电位差将窜入电流互感器二次回路，尤其当接地网上出现短路电流或雷击电流时，电缆屏蔽层不同点电位不同，使屏蔽层内流过电流，可能烧坏屏蔽层，且对二次回路产生干扰。

[0006] 对于保护装置两侧多点接地点情况，若变电站接地网为等电位网(即接地点之间无电位差)，两接地点和地网构成的并联回路会造成二次回路电流分流，使得流过保护装置采样回路电流大为减小。若变电站接地网为非等电位网，保护装置两侧接地点之间存在电位差，则电位差引起的电流流过保护装置，使保护装置采样不正确。

[0007] 上述分析可知，电流互感器二次回路多点接地会对保护装置或安全自动装置的采样产生影响，进而影响保护装置的动作行为。

[0008] 目前变电站现场检查多点接地的方法主要是拆除原接地点，通过测量回路对地电阻来确定是否存在多点接地现象。相关文章也提出了其他电流回路多点接地的检测方法，如一种利用低压交流信号注入的方法检测回路的多点接地。这种方法简单有效，能迅速准确地检测到多点接地现象，但是需要在原回路中串入低压信号发生装置，不适合大规模推广，尤其是对于已经投运的变电站。因此很有必要研究一种不改变原电流回路的非接触式多点接地检测方法。

发明内容

[0009] 针对现有技术上存在的不足，本发明目的是提供一种基于法拉第电磁感应定律的非接触式变电站电流互感器二次回路多点接地检测方法，并构建非接触式电流回路多点接地检测系统，利用该检测方法能保证对保护装置正常运行不产生影响的前提下，有效地检测出电流互感器二次回路是否发生多点接地。

[0010] 为了实现上述目的，本发明是通过如下的技术方案来实现：

一种非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法，基于法拉第电磁感应定律，其方法为：(1)非接触式信号注入；在电流互感器二次回路中性线内施加垂直与中性线的变化磁场，使中性线内产生变化的磁通量，实现非接触式信号注入；

(2)判断中性线上是否产生电流，若产生电流则为多点接地；反之为一点接地。

[0011] 上述步骤(1)中，在所述中性线上安装信号注入系统，通过信号注入系统使其产生垂直与中性线的变化磁场。

[0012] 所述信号注入系统包括可开合的钳子铁芯、设置在钳子铁芯上的线圈和连接线圈的交流电流源，线圈连接交流电流源，通过线圈的交变电流在铁芯内会激发交变的磁通量，所述钳子铁芯垂直夹紧在中性线上，使中性线上施加垂直与中性线变化的磁场。

[0013] 上述步骤(1)中，在钳子铁芯垂直夹紧在中性线前，确认交流电流源信号输出为零，频率设置为数值M，$0 < M \leqslant 50$ 赫兹；然后将钳子铁芯垂直夹紧在中性线上，逐渐增加交流电流源输出电流，使中性线内产生磁通量。

[0014] 上述步骤(2)中，用于判断中性线上是否产生电流是通过观察电流采集装置的电流数值的变化，若电流数值一直为零，进一步增加交流电流源的输出电流至数值为N，其中，$0 < N < 5$ 安培，同时增加电流频率至数值为L，其中，$L \leqslant 150Hz$，若仍未检测到电流，则判断二次回路中不存在多点接地现象；

若随着电流源输出电流增加，电流采集装置检测到电流增加，则继续增加交流电流源的输出电流直到数据处理及多点接地判据系统检测所测量的电流数值大于或等于10mA，此后，利用数据处理及多点接地判据系统检测所测量的电流频率应为M（反之，则重新检测），此时，逐渐减小交流电流源的输出电流，同时增加电流频率数值至2M，此时再利用数据处理及多点接地判据系统检测所测量的电流频率的数值应为2M（反之，则重新检测），则确定回路存在多点接地现象，并通过数据处理及多点接地判据系统发出告警信号。

[0015] 作为优选，所述信号采集装置实采用的是高精度电流钳表，便于使用，提高采集的精度。

[0016] 一种非接触式的电流互感器二次回路多点接地检测系统，其包括：

信号注入系统，设置在变电站电流互感器二次回路的中性线上，用于向中性线内施加垂直与中性线的变化磁场；

信号采集装置，设置在变电站电流互感器二次回路的中性线上，用于采集中性线上是否产生电流；

数据处理及多点接地判据系统，与信号采集装置相连接，用于接收信号采集装置送入的采集信息，并根据采集信息进行数据分析和多点接地判别，根据系统中设置的判据逻辑和定值判别是否发生多点接地，并发出告警信号判断电流互感器二次回路是否发生多点接地。

[0017] 进一步的，所述数据处理及多点接地判据系统根据系统中设置的判据逻辑和定值

来判别是否发生多点接地，若为多点接地并发出告警信号。

[0018] 根据数据处理及多点接地判据系统中设置的判据逻辑和定值判别，即当交流电流源的输出电流为 5A，同时输出电流频率增加至 150Hz 时，若数据处理及多点接地判据系统检测所测量的中性线电流数值仍小于 10mA，则判断未发生多点接地，若在 N 和 M 增加过程中，数据处理及多点接地判据系统检测所测量的中性线电流数值达到了 10mA，则判断发生了多点接地，并发出告警信号；数据处理及多点接地判据功能就是电流采集和电流大小判别的功能的控制器，其实现为现有技术。

[0019] 所述信号注入系统包括可开合的钳子铁芯、设置在钳子铁芯上的线圈和连接线圈的交流电流源，线圈连接交流电流源，通过线圈的交变电流在铁芯内会激发交变的磁通量，所述钳子铁芯垂直夹紧在中性线上，使中性线上施加垂直与中性线变化的磁场。

[0020] 作为优先，所述交流电流源采用的是单相继电保护测试仪。

[0021] 本发明非接触式电流二次回路多点接地检测方法和检测平台的构建，通过在二次回路中性线内施加变化的磁场，基于法拉第电磁感应定律，判断中性线内是否有电流产生，只有二次回路中存在两点接地时，中性线中才会产生电流 I，若回路只有一点接地，不会形成电流，可方便用于变电站检查电流互感器二次回路多点接地的判断，保证对保护装置正常运行不产生影响的前提下，有效地检测出电流互感器二次回路是否发生多点接地。

附图说明

[0022] 下面结合附图和具体实施方式来详细说明本发明；

图 1 为现有电流互感器多点接地示意图；

图 2 为本发明的中性线多点接地示意图；

图 3 为本发明的保护两侧多点接地示意图；

图 4 为本发明的非接触式电流二次回路多点接地检测系统；

图 5 为本发明的非接触式电流二次回路多点接地检测系统的等效电路；

图 6 为本发明非接触式电流二次回路多点接地检测流程图。

[0023] 具体实施方式

为使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解，下面结合具体实施方式，进一步阐述本发明。

[0024] 参见图 2- 图 6，本实施例的非接触式电流二次回路多点接地检测方法，并构建非接触式电流回路多点接地检测系统；其是法拉第电磁感应定律，，在电流互感器二次回路中性线内施加垂直与中性线的变化磁场，使中性线内产生变化的磁通量，实现非接触式信号注入；然后判断中性线上是否产生电流，若产生电流则为多点接地；反之为一点接地。本实施例的具体实施如下：

1. 基于电磁感应的非接触式信号注入方法；

参见图 2 和图 3，根据法拉第电磁感应定律，导线回路中磁通量的变化会在导线回路中产生感应电动势，磁通量变化得越快，感应电动势越大。

[0025] 电流互感器 TA 二次多点接地的回路可以视为导线回路，在回路中施加变化的磁

场，即会产生感应电动势$E=\frac{d\phi}{dt}$，实现交流信号注入。式中，E为感应电动势，ϕ为变化的磁通量，R为回路等值电阻，I为回路电流。

[0026] 在图 2 和图 3 中，其给出了 TA 二次回路两种多点接地情况下，利用法拉第电磁感应定律实现信号注入的方法示意图。由图可知，只有二次回路中存在两点接地时，中性线中才会产生电流I，若回路只有一点接地，不会形成电流I，可以据此判断回路是否存在多点接地。

[0027] 在二次回路中性线内施加变化的磁场，即可实现非接触式的信号注入。基于电力变压器的工作原理，原线圈的交变电流在铁芯内会激发交变的磁通量，将电流互感器的铁芯做成可以开合的钳子，即形成钳式铁芯，将钳式铁芯夹在 TA 二次回路中性线上，可在中性线内产生变化的磁通量，从而实现多点接地回路非接触式信号注入。

[0028] 2. 非接触式多点接地检测实现方法；

如图 4 所示，实现多点接地回路非接触式信号源注入是进行多点接地检测的前提，本实施例提供了一种电磁感应的非接触式电流回路多点接地检测系统，包括三部分：信号注入系统、信号采集装置和数据处理及接地判据系统。

[0029] 信号注入系统由钳式铁芯和交流电流源组成，钳式铁芯上设置有线圈，通过线圈与交流电流源，本实施例的交流电流源采用的是单相继电保护测试仪。该交流电流源产生频率恒定可调的电流I_1，该电流回路作为钳式铁芯的原边线圈缠绕 n 圈，钳式铁芯在原边线圈电流作用下产生稳定变化的磁通量ϕ。TA 二次回路中性线与其他接地点构成闭合回路，作为钳式铁芯的副边线圈，根据法拉第电磁感应定律，副边线圈中会产生感应电动势，并流过电流I_2。

[0030] 本实施中，信号采集装置采用的是高精度电流钳表，其采集到中性线中的电流I_2，并送入数据处理及多点接地判据系统进行数据分析和多点接地判别，根据系统中设置的判据逻辑和定值判别是否发生多点接地，若发生多点接地则发出告警信号。

[0031] 本实施例中，根据数据处理及多点接地判据系统中设置的判据逻辑和定值判别，其判别方式为：当交流电流源的输出电流为 5A，同时输出电流频率增加至 150Hz 时，若数据处理及多点接地判据系统检测所测量的中性线电流数值仍小于 10mA，则判断未发生多点接地，若在交流电流源的输出电流和电流频率增加过程中，数据处理及多点接地判据系统检测所测量的中性线电流数值达到了 10mA 或 10mA 以上，则判断发生了多点接地，并发出告警信号；数据处理及多点接地判据功能就是电流采集和电流大小判别的功能的控制器，其实现为现有技术，现不加以累赘。

[0032] 整套非接触式多点接地检测系统的钳式铁芯要求能够方便的钳在电流回路中性线上，使得交流电流源在钳式铁芯中产生的磁场能穿过中性线，并具有良好的导磁性能。数据处理及接地判据系统对采集的副边电流（中性线电流）进行分析计算，根据设定的电流定值判据判断是否存在多点接地现象。

[0033] 3. 多点接地检测方法的理论分析

建立相应的数学模型对非接触式多点接地的检测方法的可靠性和可行性严格分析，接

地回路电阻、铁芯励磁特性、钳式铁芯与中性线的位置都会影响到最终的检测结果。

[0034] 非接触式多点接地检测系统工作原理与理想变压器相似，钳式铁芯可以看成理想变压器的励磁铁芯，交流电流源缠绕的电流回路看成原边线圈，中性线和其他接地点形成的接地回路看成副边线圈，其等效回路如图 4 所示。

[0035] 根据变压器工作原理，在不考虑铁芯铁损、漏磁时，$I_1N_1 + I_2N_2 = 0$，即原副边电流比值与线圈匝数成反比。

[0036] 如图 4 所示非接触式多点接地检测系统等效图虽然与变压器结构相似，但是不能沿用上述公式。主要原因是：1）钳式铁芯不是完全闭合的铁芯，导磁性能较变压器铁芯差；2）中性线接地点与其他接地点构成的二次回路可能面积很大，其作为副边线圈受到的空间磁场干扰很大。

[0037] 非接触式多点接地检测系统的二次电流可以根据法拉第电磁感应定律进行计算，将副边线圈看成一个导线回路平面，原边电流在铁芯中产生变化的磁通量ϕ，副边线圈中会产生感应电动势U_2。设$\phi = \sqrt{2}\phi_y \cos \omega t$，$\phi_y$为铁芯中主磁通的有效值，假设钳式铁芯垂直夹在中性线上，则副边线圈中感应电压为：

$$U_2 = -\frac{d\phi}{dt} = 2\sqrt{2}\pi f \phi_y \sin \omega t \qquad (1)$$

副边线圈电流为：

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{2\sqrt{2}\pi f \phi_y \sin \omega t}{R} \qquad (2)$$

铁芯中的磁通ϕ是由原边载流线圈产生的，为便于分析，假设原边线圈为圆线圈，载流圆线圈在圆心的磁场强度$B = \frac{\mu_0 I_1}{2r}$，其中μ_0为铁芯的磁导率，I_1为原边线圈中电流，r为原边圆线圈的半径。设$I_1 = \sqrt{2}I_{1r} \sin \omega t$，

$$\text{则}\phi_r = N_1 BS = N_1 \frac{\mu_0 I_{1r}}{\sqrt{2}r} S \qquad (3)$$

其中S为钳式铁芯的截面积，I_{1r}为原边电流有效值，将式（3）代入（2）中，可得副边线圈电流为：

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \sqrt{2}\frac{N_1 \mu_0 \pi f I_{1r} S \sin \omega t}{rR} \qquad (4)$$

由（4）式可以看出，多点接地时副边线圈即中性线回路中电流I_2大小与铁芯磁导率μ_0、原边电流频率f、原边电流有效值I_{1r}、铁芯截面积S成正比，而与接地回路电阻R和

原边线圈半径r成反比。当TA二次回路只有一点接地时，$R=\infty$，$I_2=0$；多点接地时，$I_2\neq 0$，检测I_2大小即可判别是否存在多点接地现象。

[0038] 4、非接触式电流互感器二次回路多点接地检测具体实施方法如下：

当回路中存在多点接地时，通过非接触式信号注入的方法，中性线中确有电流产生，非接触式电流回路多点接地检测基本方法是检测中性线回路中电流的有无来判断是否出现了多点接地。

[0039] 多点接地判别方法简单，但是实际操作时仍需考虑作为判据的电流定值如何确定。综合考虑电流钳表精度和对保护装置影响，本实施例将电流定值设为10mA。目前大部分高精度的电流钳表能准确测量10mA的电流，同时该电流也不会对保护采样产生大的影响。

[0040] 由于测试前不知道回路中是否有多点接地，接地回路电阻大小未知，因此不能直接注入大电流、高频率信号，以防存在多点接地且回路电阻较小时，I_{2r}过大引起保护装置误动。经研究，如图5所示，非接触式电流互感器二次回路多点接地检测方法，具体步骤如下：

（1）在钳子铁芯垂直夹紧在中性线前，确认交流电流源信号输出为0，频率设置为数值50Hz；

（2）然后将钳子铁芯垂直夹紧在中性线上，逐渐增加交流电流源输出电流，使中性线内产生磁通量，并时刻关注钳在中性线上的电流钳表即信号采集装置的电流数值I_{2r}变化；若I_{2r}=0，即电流数值一直为零，进一步增加交流电流源的输出电流至数值为5A，同时增加电流频率最高至150Hz，若仍未检测到电流，即中性线电流仍为零，则判断二次回路中不存在多点接地现象；若$I_2\neq 0$，则进入步骤（3）。

[0041] （3）若随着电流源输出电流增加，电流采集装置检测到电流增加，则继续增加交流电流源的输出电流至数值大于10MA，此时，利用数据处理及多点接地判据系统检测所测量的电流I_{2r}频率应为50Hz；第一判断可基本判定回路存在多点接地现象。

[0042] （4）在上述基础上，适当逐渐减小交流电流源的输出电流幅值，同时提高输出电流频率数值至100Hz（期间确保I_{2r}不大于20mA），最后再利用数据处理及多点接地判据系统检测所检测I_{2r}频率应为100Hz（若不是则重新检测），则确定回路存在多点接地现象，并通过数据处理及多点接地判据系统发出告警信号。结合电流幅值判据和频率判据可以确定回路中有多点接地现象存在。

[0043] 应用情况

本实施例中提出的非接触式电流回路多点接地检测方法在实验室进行了试验验证，在实验室开展如图5所示试验，电流源由单相继电保护测试仪提供，铁芯为电流互感器所用铁芯，副边绕组采用串入可调电阻的电缆回路。通过实验验证了上述方法的可行性和理论分析的正确性，试验结果表明，利用该检测方法能保证对保护装置正常运行不产生影响的前提下，有效地检测出电流互感器二次回路是否发生多点接地，可方便用于变电站检查电

流互感器二次回路多点接地的判。

[0044] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解，本发明不受上述实施例的限制，上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理，在不脱离本发明精神和范围的前提下，本发明还会有各种变化和改进，这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

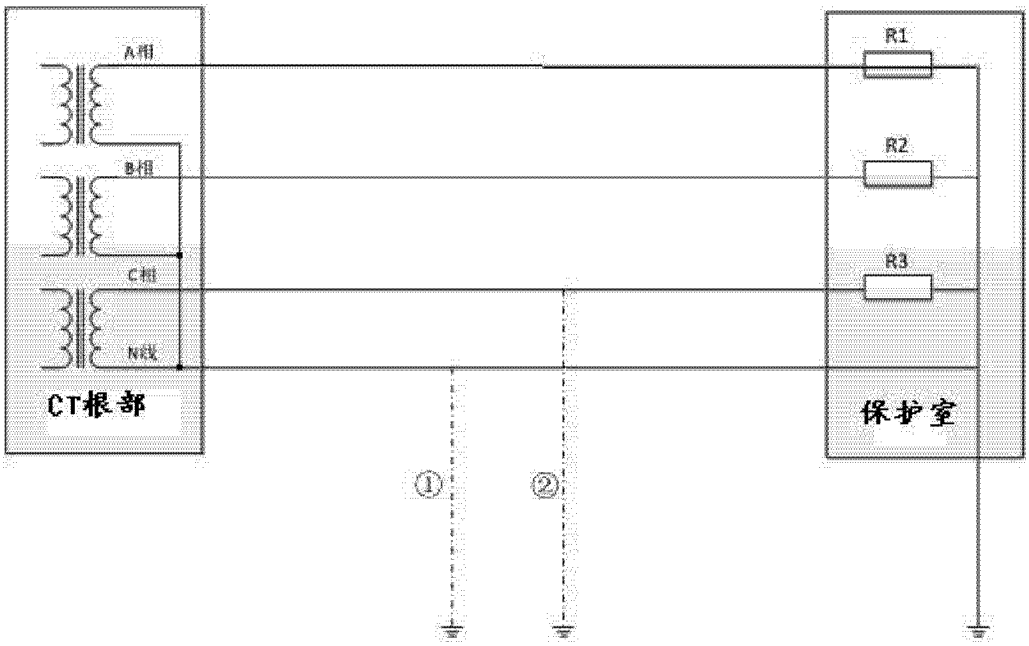


图 1

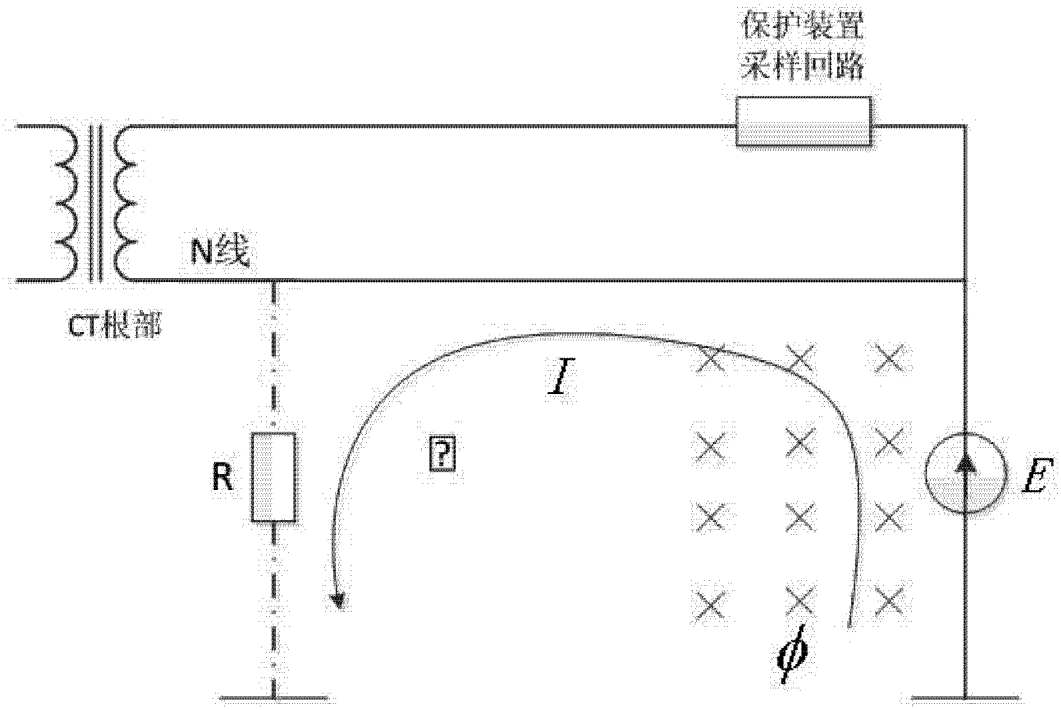


图 2

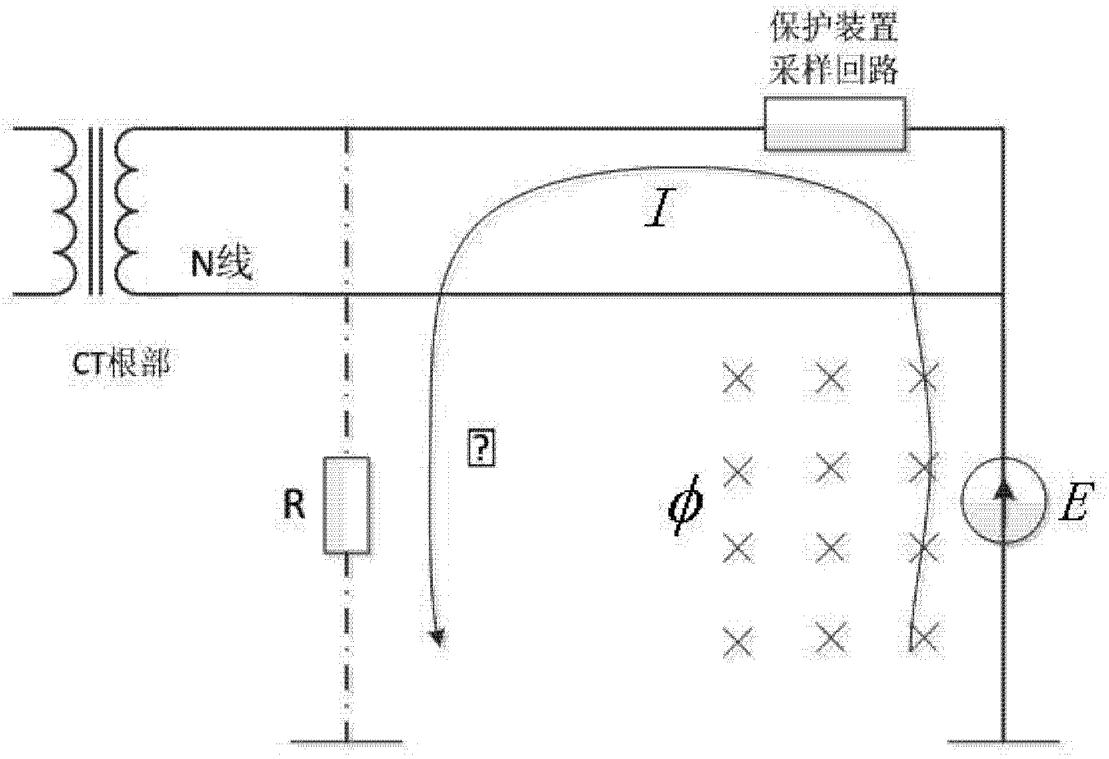

保护装置
采样回路
N线
CT根部
I
R
?
ϕ
E

图 3

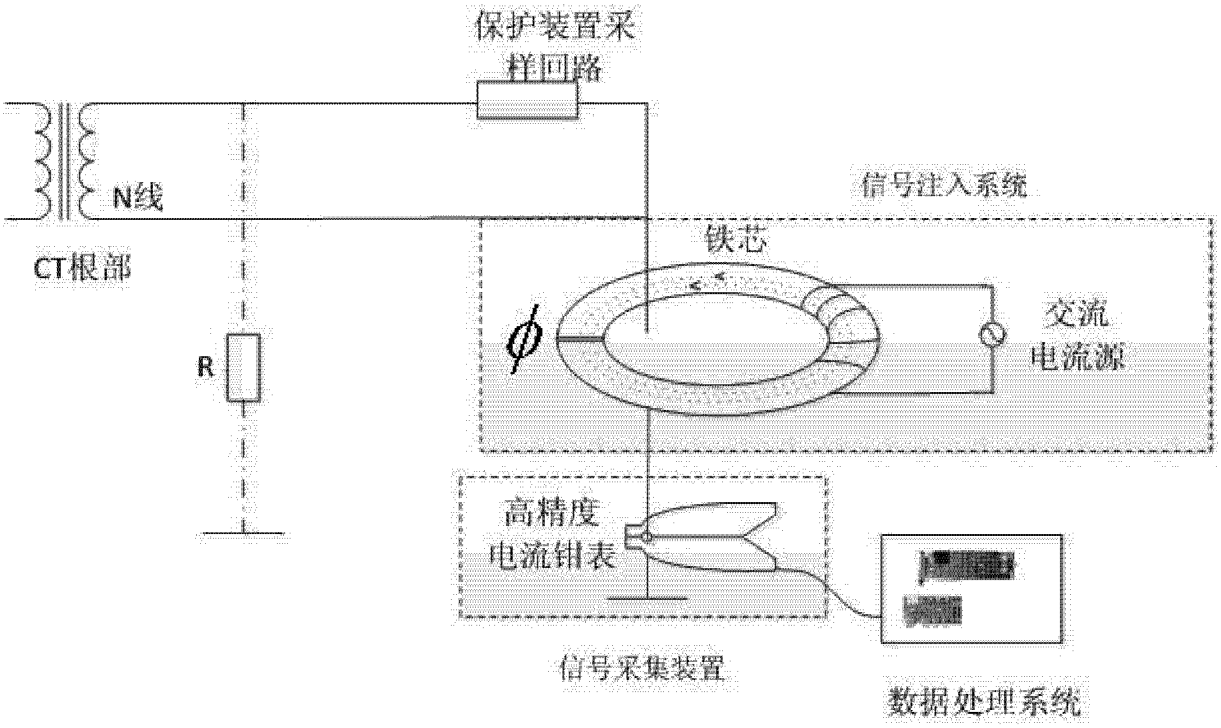

保护装置采
样回路
N线
CT根部
R
信号注入系统
铁芯
ϕ
交流
电流源
高精度
电流钳表
信号采集装置
数据处理系统

图 4

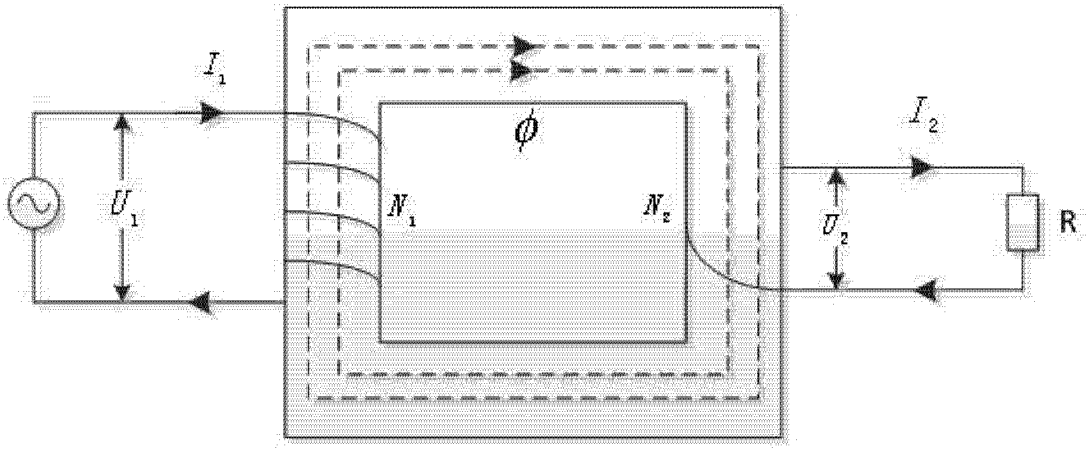


图 5

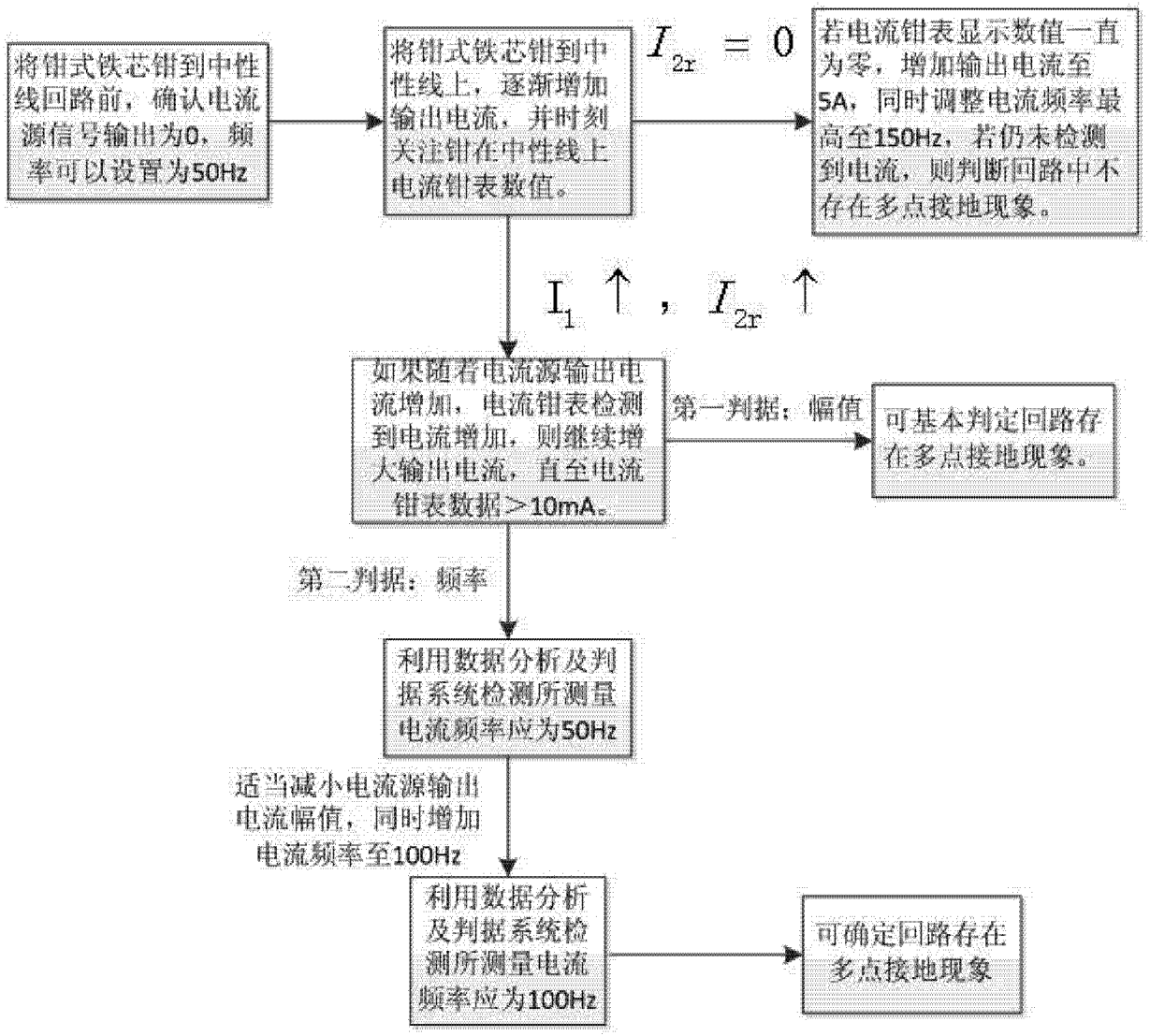

将钳式铁芯钳到中性线回路前，确认电流源信号输出为0，频率可以设置为50Hz
将钳式铁芯钳到中性线上，逐渐增加输出电流，并时刻关注钳在中性线上电流钳表数值。
$I_{2r} = 0$
若电流钳表显示数值一直为零，增加输出电流至5A，同时调整电流频率最高至150Hz，若仍未检测到电流，则判断回路中不存在多点接地现象。
$I_1 \uparrow$ ， $I_{2r} \uparrow$
如果随着电流源输出电流增加，电流钳表检测到电流增加，则继续增大输出电流，直至电流钳表数据＞10mA。
第一判据：幅值
可基本判定回路存在多点接地现象。
第二判据：频率
利用数据分析及判据系统检测所测量电流频率应为50Hz
适当减小电流源输出电流幅值，同时增加电流频率至100Hz
利用数据分析及判据系统检测所测量电流频率应为100Hz
可确定回路存在多点接地现象

图 6