(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 104865489 A
(43)申请公布日 2015.08.26

(21)申请号 201510311336.4

(22)申请日 2015.06.09

(71)申请人 国网山东济南市历城区供电公司
地址 250100 山东省济南市历城区华龙路31号
申请人 国家电网公司

(72)发明人 张健 李茂林 李超 战晓蕾 高峰

(74)专利代理机构 济南诚智商标专利事务所有限公司 37105
代理人 赵玉珍

(51)Int.Cl.
G01R 31/02(2006.01)
G01R 31/08(2006.01)

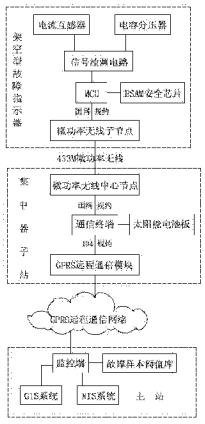
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

架空线路故障定位监测系统及方法

(57)摘要

本发明提供了架空线路故障定位监测系统及方法，系统包括故障指示器、集中器子站和主站，故障指示器包括MCU、电流互感器、电容分压器、信号检测电路、ESAM安全芯片和微功率无线子节点；集中器子站包括通信终端、微功率无线中心节点、GPRS远程通信模块；主站包括GIS系统、MIS系统和监控端。方法包括以下步骤：采集并计算出电流和电压信号；判断短路故障通过七次谐波加首半波判断接地故障；标记故障地点并通知巡检人员。本发明不仅判断准确，而且抗干扰能力强，安全性高，可以有效辅助电网维护工作，提升电网自动化水平。



CN 104865489 A

1.架空线路故障定位监测系统，其特征在于，包括故障指示器、集中器子站和主站，所述的故障指示器包括 MCU、电流互感器、电容分压器、信号检测电路、ESAM 安全芯片和微功率无线子节点，所述的电流互感器采集导线上的一次电流，并产生 CT 二次信号；电容分压器采集线路电压信号；CT 二次信号和线路电压信号分别输送到信号检测电路，经过滤波、放大和采保处理后输入 MCU；MCU 对信号进行 A/D 采样后，计算出负荷电流、短路电流、首半波尖峰电流和接地动作电流值、稳态零序电流、暂态零序电流；微功率无线子节点与 MCU 实现数据通信；所述的 ESAM 安全芯片连接 MCU，对 MCU 发送的数据进行加 / 解密和身份认证；

所述的集中器子站包括通信终端、微功率无线中心节点、GPRS 远程通信模块，微功率无线中心节点通过微功率无线信号与微功率无线子节点进行数据通讯，微功率无线中心节点与通信终端进行数据通信，通信终端通过 104 规约连接 GPRS 远程通信模块；

所述的主站包括 GIS 系统、MIS 系统和监控端，所述的监控端通过 GPRS 网络与 GPRS 远程通信模块进行数据通信，监控端将接收到的数据解密后，将故障点在 GIS 系统中标识并通过短信、电话等形式通知巡检人员。

2.根据权利要求 1 所述的架空线路故障定位监测系统，其特征在于，所述的监控端设有故障样本阀值库，用来记录并存储系统运行过程中发生过的各种故障样本。

3.根据权利要求 1 或 2 所述的架空线路故障定位监测系统，其特征在于，电流互感器内设有取电线圈，可以为故障指示器提供电力供应。

4.根据权利要求 1 或 2 所述的架空线路故障定位监测系统，其特征在于，所述的微功率无线中心节点和微功率无线子节点均采用 433M 无线射频通信模块，利用 433M 微功率无线信号实现数据通信。

5.根据权利要求 1 或 2 所述的架空线路故障定位监测系统，其特征在于，还包括太阳能电池板，所述的太阳能电池板与通信终端连接。

6.架空线路故障定位监测方法，其特征在于，所述的方法包括以下步骤：

S1：采集并计算出电流和电压信号；

S2：判断短路故障；

S3：通过七次谐波加首半波判断接地故障；

S4：标记故障地点并通知巡检人员。

7.根据权利要求 6 所述的架空线路故障定位监测方法，其特征在于，判断短路故障的具体步骤为：

S201：对运行线路采集到的运行电流瞬时值进行比值微分计算，获得线路电流突变曲线；

S202：电流突变判断，当电流的变化率突变，即 If/IO>R 时，依据该突变的电流变比率判断线路短路故障，其中，If、IO 分别是突变后和突变前的线路电流，R 是预设的电流变比率，预设的电流变比率 R 随线路负荷电流的大小自动变化，负荷电流越小，R 越大；

S203：启动电压突变复核，检测线路电压降低，当线路电压降低满足 V<Vh 时判定线路短路故障，其中 Vh 是电压下降值的预设阈值。

8.根据权利要求 7 所述的架空线路故障定位监测方法，其特征在于，步骤 S203 中，如果电压突变复核正常，在初次出现时将被标注预故障，当情况出现多次后，将作为该线路的单线特征记录在数据库中进行记录，作为非故障判定依据。

9. 根据权利要求 6 所述的架空线路故障定位监测方法，其特征在于，步骤 S3 的具体过程为：根据采集的线路接地电缆暂态半波，当判断出现接地故障时，通过七次谐波杠杆化传感器中的感应电流，进行当量计算，获取突变曲线，在曲线突破阀值时触发报警，然后通过传感器获取的首半波前后方向突变情况，判定发生接地故障的接地电缆位置。

10. 根据权利要求 9 所述的架空线路故障定位监测方法，其特征在于，判断接地故障的方法为：线路中的暂态零序电压与暂态零序电流首半波方向相反。

架空线路故障定位监测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电网自动化技术，特别是一种架空线路故障定位监测系统及方法。

背景技术

[0002] 配网自动化大大提高了供电可靠性和供电质量，缩短事故处理时间，减少停电范围，但目前配电终端（FTU/DTU/TTU）一般部署在开关或变压器位置，对长距离的架空配电线路得中间段缺少管控，在配电线路传输距离远、线路分支多、运行情况复杂，环境和气候条件比较恶劣时，外破、设备故障和雷电等自然灾害导致的线路短路、接地故障时常发生，而且故障时，故障区段（位置）难以确定，给检修工作带来较大的困难，尤其是偏远地区，查找起来更是费时费力。

[0003] 目前，虽然也采用了一些方法来解决监控线路报警的问题，但是效果并不理想，存在很多问题，具体情况如下：

1、大多数电网都利用故障指示牌对架空线路故障进行报警，但是架空型线路故障指示器都是单独判断、单独显示报警，无法实现线路的实时监控，线路出现问题后必须配合人工巡线才能确定故障位置，巡线工作量非常大，而且故障排查困难和定位不迅速。

[0004] 2、已有方案往往不具备安全通讯的特质，一般为非组网方式或通过 GPRS 公网组网。非组网方式由于其部署灵活、安装简单，目前使用最为广泛，但由于其无法实现集中管理，需要人工配合及无法实现实时监测目前正逐步退出使用；目前作为非组网方式的替代，通过 GPRS 公网组网的系统正逐步实施，但鉴于 GPRS 公网环境比较复杂、安全性较差，使得该种组网方式存在网络层安全隐患及应用层安全隐患。

[0005] 3、已有的故障判别方法，包括零序功率法、首半波法、小波变换法、行波法、注入信号法等判别方法，普遍存在判断精度不高，容易产生误判和漏判的问题。

发明内容

[0006] 为解决上述现有技术中的缺陷，本发明提供了一种架空线路故障定位监测系统及方法，解决了现有架空线路故障判断设备和方法费时费力、准确度不高、通讯不安全等一系列问题。

[0007] 为解决上述技术问题，本发明方案包括：架空线路故障定位监测系统，其特征在于，包括故障指示器、集中器子站和主站，所述的故障指示器包括 MCU、电流互感器、电容分压器、信号检测电路、ESAM 安全芯片和微功率无线子节点，所述的电流互感器采集导线上的一次电流，并产生 CT 二次信号；电容分压器采集线路电压信号；CT 二次信号和线路电压信号分别输送到信号检测电路，经过滤波、放大和采保处理后输入 MCU；MCU 对信号进行 A/D 采样后，计算出负荷电流、短路电流、首半波尖峰电流和接地动作电流值、稳态零序电流、暂态零序电流；微功率无线子节点与 MCU 实现数据通信；所述的 ESAM 安全芯片连接 MCU，对 MCU 发送的数据进行加 / 解密和身份认证；

所述的集中器子站包括通信终端、微功率无线中心节点、GPRS 远程通信模块，微功率无

线中心节点通过微功率无线信号与微功率无线子节点进行数据通讯，微功率无线中心节点与通信终端进行数据通信，通信终端通过 104 规约连接 GPRS 远程通信模块；

所述的主站包括 GIS 系统、MIS 系统和监控端，所述的监控端通过 GPRS 网络与 GPRS 远程通信模块进行数据通信，监控端将接收到的数据解密后，将故障点在 GIS 系统中标识并通过短信、电话等形式通知巡检人员。

[0008] 进一步的，所述的监控端设有故障样本阀值库，可以记录并存储系统运行过程中发生过的各种故障样本，当再次发生类似故障时，可以有效缩短系统判断的时间。

[0009] 进一步的，电流互感器内设有取电线圈，可以为故障指示器提供电力供应。

[0010] 进一步的，所述的微功率无线中心节点和微功率无线子节点均采用 433M 无线射频通信模块，利用 433M 微功率无线信号实现数据通信。

[0011] 进一步的，还包括太阳能电池板，所述的太阳能电池板与通信终端连接。

[0012] 架空线路故障定位监测方法，其特征在于，所述的方法包括以下步骤：

S1：采集并计算出电流和电压信号；

S2：判断短路故障；

S3：通过七次谐波加首半波判断接地故障；

S4：标记故障地点并通知巡检人员。

[0013] 进一步的，判断短路故障的具体步骤为：

S201：对运行线路采集到的运行电流瞬时值进行比值微分计算，获得线路电流突变曲线；

S202：电流突变判断，当电流的变化率突变，即 If/IO>R 时，依据该突变的电流变比率判断线路短路故障，其中，If、IO 分别是突变后和突变前的线路电流，R 是预设的电流变比率，预设的电流变比率 R 随线路负荷电流的大小自动变化，负荷电流越小，R 越大；

S203：启动电压突变复核，检测线路电压降低，当线路电压降低满足 V<Vh 时判定线路短路故障，其中 Vh 是电压下降值的预设阈值。

[0014] 进一步的，步骤 S203 中，如果电压突变复核正常，在初次出现时将被标注预故障，当情况出现多次后，将作为该线路的单线特征记录在数据库中进行记录，作为非故障判定依据。

[0015] 进一步的，步骤 S3 的具体过程为：根据采集的线路接地电缆暂态半波，当判断出现接地故障时，通过七次谐波杠杆化传感器中的感应电流，进行当量计算，获取突变曲线，在曲线突破阀值时触发报警，然后通过传感器获取的首半波前后方向突变情况，判定发生接地故障的接地电缆位置。

[0016] 进一步的，判断接地故障的方法为：线路中的暂态零序电压与暂态零序电流首半波方向相反。

[0017] 本发明的有益效果是：

1、采用检测电流变比率法并结合线路跳闸停电来检测短路故障，变比率突变值按照故障指示器内置的曲线算法并根据负荷电流的大小自动动态整定，克服了“电流突变法”采用的电流突变值静态固定不变的缺陷。同时，结合电压突变复核机制，有效防止误报警，更加准确的判断短路故障。

[0018] 2、采用七次谐波加首半波法来检测接地故障，因为接地瞬间的突变量，不受线路

存在的各高频干扰信号以及线路励磁涌流影响，易于可靠检测，因此采用这个方法克服了目前以暂态量大小为判据的接地故障检测方法的局限性，也克服了单纯使用首半波法的不准确性，抗干扰能力强，故障检测准确可靠。

[0019] 3、采用 ESAM 安全芯片，通过嵌入在故障指示器中的 ESAM 数据安全芯片，实现安全存储、数据加 / 解密、双向身份认证、线路加密传输等功能，解决了传输的安全性，有效的克服了 GPRS 公网环境通信安全性无法保障的难题。

[0020] 4、通过主站的接入服务器（GIS、MIS 服务器）、数据服务器等相互协作，发现架空线路故障自动报警，提示工作人员具体位置状况信息，以便马上排除故障及给出工作报告。系统能根据工作人员需要和现场运行经验进行灵活设置保障监控、报警的准确性，确保故障时动作迅速、非故障时误报率低，并具有短信告警功能。

[0021] 5、故障指示器内置电流互感器，接地故障判定无需加装信号发生器。而传统的有源方式需要在变电站部署信号源，不但需要挂网运行，同时也加大接地电流和跨步电压，更容易引起弧光、火灾，危及人身安全。

附图说明

[0022] 图 1 是本发明系统的结构示意图；

图 2 是本发明方法流程图；

图 3 是短路故障的判断方法流程。

具体实施方式

[0023] 以下结合附图对本发明的具体实施进行说明，应当理解，此处所描述的实施示例仅用于说明和解释本发明，并不用于限定本发明。

[0024] 如图 1 所示的架空线路故障定位监测系统，包括故障指示器、集中器子站和主站。

[0025] 所述的故障指示器包括 MCU、电流互感器、电容分压器、信号检测电路、ESAM 安全芯片和微功率无线子节点。

[0026] 架空型线路故障指示器利用了 CT（电流互感器）的原理来测量线路电流。当架空型线路故障指示器挂在导线上时，一次电流会流经架空型线路故障指示器的电流传感器，电流传感器产生 CT 二次信号，这个信号经过信号检测电路滤波、放大和采保，然后由低功耗单片机做 A/D 采样，最后计算出负荷电流、短路电流、首半波尖峰电流和接地动作电流值、稳态零序电流、暂态零序电流。电流传感器主要包括：电流线圈、导磁棒、立柱、动板。

[0027] 电流互感器除了用于电流测量，还可用于在线取电。在电流线圈基础上再加取电线圈，就可以获得一定的取电电流。取电电流经过特殊的取电电路和 MCU 控制电路就可以为架空型线路故障指示器提供整机工作电源和无线通讯电源。自取电功能可以减少电池损耗，提高产品使用寿命。一般来说，负荷电流越大，取电电流越大，产品使用寿命越长。

[0028] 架空型线路故障指示器采用电容分压器来测量线路电压，电容分压器利用空间电容进行分压，将空气作为绝缘介质，将大地作为电容的一极，装置与大地之间的空间电容即是分压电容中的一个。

[0029] 架空型线路故障指示器本地通信采用无线调频通信机制。符合《信部无〔2005〕423 号：微功率（短距离）无线电设备技术要求》> 标准要求，使用频率为 433MHz，发射频率

小于 10mW，占用带宽不大于 400kHz。通信距离为 100 米，最大可达 1000 米。

[0030] 线路发生故障时，指示器在 0 ～ 3 秒钟内主动通过无线跳频通信方式与集中器子站进行数据通信；若指示器未接收到集中器子站的确认帧，则会立即重发，最多重发 3 次。各指示器的地址编号不同。指示器采用极低功耗设计，大部分能量从高压导线感应取电。当负荷电流大于 20A 时采用“有问必答”或者定时主动方式；当负荷电流小于 20A 时，以“两问一答”方式，其它时间指示器内部无线通讯模块处在休眠状态从而减少电池损耗。

[0031] 微功率无线子节点与 MCU 实现数据通信；所述的 ESAM 安全芯片连接 MCU，对 MCU 发送的数据进行加 / 解密和身份认证。

[0032] 所述的集中器子站包括通信终端、微功率无线中心节点、GPRS 远程通信模块、太阳能电池板，微功率无线中心节点通过微功率无线信号与微功率无线子节点进行数据通讯，微功率无线中心节点与通信终端进行数据通信，通信终端通过 104 规约连接 GPRS 远程通信模块。

[0033] 集中器子站安装于距通信故障指示器小于 600 米的电杆上，直接利用抱箍固定。作用是接收故障指示器发送过来的信号，并通过 GSM/GPRS 将信息发送到工作主站；每台通信终端在 600 米范围内可以配套多组通信故障指示器。

[0034] 产品选用的 433M 无线射频通信模块同时具有收发功能。它是由一个完全集成的频率调制器，一个带解调的接收器，一个晶体振荡器和一个调节器组成。

[0035] 通信终端的功能特点有以下几点：

1) 无线接收：接收无线发射探头发回的故障点号信息。

[0036] 2) 信息发送：向中心站发送故障信息，可采用短消息、GPRS 及 RS232 等通信方式。

[0037] 3) 后备电源：配置太阳能电池板，用以给蓄电池充电。在失去主电源情况，后备电源无缝接入，保证终端正常工作。

[0038] 4) 防锈耐蚀：结构零件采用防锈防蚀材料。

[0039] 所述的主站包括 GIS 系统、MIS 系统和监控端，所述的监控端通过 GPRS 网络与 GPRS 远程通信模块进行数据通信，监控端将接收到的数据解密后，将故障点在 GIS 系统中标识并通过短信、电话等形式通知巡检人员，所述的监控端设有故障样本阀值库，可以记录并存储系统运行过程中发生过的各种故障样本，当再次发生类似故障时，可以有效缩短系统判断的时间。

[0040] 结合提供的系统，本发明还提供了一种架空线路故障定位监测方法，如图 2 所示，所述的方法包括以下步骤：

S1：采集并计算出电流和电压信号；

S2：判断短路故障；

S3：通过七次谐波加首半波判断接地故障；

S4：标记故障地点并通知巡检人员。

[0041] 进一步的，如图 3 所示，判断短路故障的具体步骤为：

S201：对运行线路采集到的运行电流瞬时值进行比值微分计算，获得线路电流突变曲线；

S202：电流突变判断，当电流的变化率突变，即 If/IO>R 时，依据该突变的电流变比率判断线路短路故障，其中，If、IO 分别是突变后和突变前的线路电流，R 是预设的电流变比

率，预设的电流变比率 R 随线路负荷电流的大小自动变化，负荷电流越小，R 越大，非常有效的避免了很多误报的缺陷，保障了短路故障的正确判断；

S203：启动电压突变复核，检测线路电压降低，当线路电压降低满足 V<Vh 时判定线路短路故障，其中 Vh 是电压下降值的预设阈值。如果电压突变复核正常，在初次出现时将被标注预故障，当情况出现多次后，将作为该线路的单线特征记录在数据库中进行记录，作为非故障判定依据。

[0042] 采用了七次谐波加首半波的检测方式进行接地检测。因为在 6-66kV 中压供电系统中，单相接地故障发生率较高，且故障点的电流很小，使得接地故障选线很困难。由于系统故障信号非常微弱，且容易受到各种干扰的影响，使故障选线变得更为复杂。传统的单相接地故障选线之一是利用五次谐波电流法，当系统中存在谐波污染或高阻接地故障时，此法选线准确性比较差。而实际上除基波外，五次、七次谐波以基波值为基数所占的百分数分别为 I05=2%～ 8%，I07=1%～ 5%，五次、七次谐波所占的比例几乎相同，受系统运行方式、负荷、谐波源等影响，七次谐波分量甚至可能大大高于五次谐波分量，同时，在有消弧线圈的系统中，对于五次谐波，感抗较基波时增大 5 倍，而容抗却减少为原来的 1 / 5，这样电容电流将是消弧线圈电感电流的 25 倍，而对于七次谐波这一差值就是 7×7=49 倍，这一差值是五次谐波的两倍，由此说明采用七次谐波较采用五次谐波受消弧线圈的影响更小，选线可靠性也就更高。因此，在 3-66kV 中压电网的 NUGS（中性点不接地、中性点经消弧线圈接地和中性点经高阻接地）中，采用暂稳态结合的首半波、七次谐波综合选线方案更为有效。

[0043] 首半波法故障选线是基于接地故障发生在相电压接近最大值，利用单相接地瞬间，发生故障线路的暂态零序电流第一个周波的首半波与非故障线路相反的特点进行选线。在谐振接地系统的接地过渡过程中，故障线路暂态零序电压与暂态零序电流首半波方向相反，非故障线路暂态零序电压与暂态零序电流首半波方向相同，而且首半波电容电流幅值比稳态电容电流大几倍到几十倍，并且对总线路长度短的电网，其暂态过程更加突出。因此，对于短线路，其稳态电容电流小，暂态电容电流大，灵敏度高，接地反应迅速。但是，如果当相电压值较小情况下发生单相接地时，则电容电流很小，容易引起方向判别的错误，故障线路零模电压与零模电流初始极性相反的持续时间非常短（2ms 之内），并且受电网结构和参数影响很大。基于以上的分析，暂态首半波选线和七次谐波选线存在着互补性，对于小电流接地系统中，经消弧线圈接地系统采用暂稳态结合的首半波、七次谐波综合选线方案。

[0044] 判断接地故障的具体过程为：根据采集的线路接地电缆暂态半波，当线路中的暂态零序电压与暂态零序电流首半波方向相反时，判断出现接地故障，通过七次谐波杠杆化传感器中的感应电流，进行当量计算，获取突变曲线，在曲线突破阀值时触发报警，然后通过传感器获取的首半波前后方向突变情况，判定发生接地故障的接地电缆位置。

[0045] 应当理解的是，上述针对较佳实施例的描述较为详细，并不能因此而认为是对本发明专利保护范围的限制，本领域的普通技术人员在本发明的启示下，在不脱离本发明权利要求所保护的范围情况下，还可以做出替换、简单组合等多种变形，这些均落入本发明的保护范围之内，本发明的请求保护范围应以所附权利要求为准。

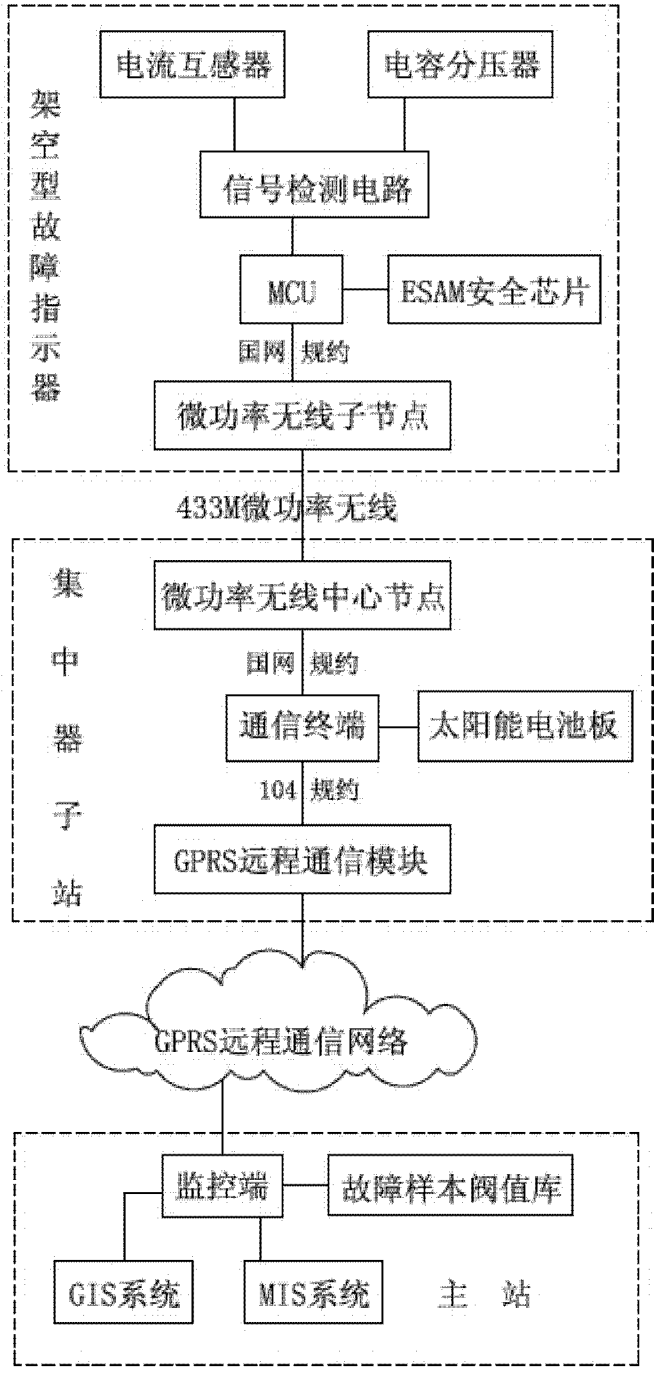

架空型故障指示器
电流互感器
电容分压器
信号检测电路
MCU
ESAM安全芯片
国网 规约
微功率无线子节点
433M微功率无线
集中器子站
微功率无线中心节点
国网 规约
通信终端
太阳能电池板
104 规约
GPRS远程通信模块
GPRS远程通信网络
监控端
故障样本阀值库
GIS系统
MIS系统
主 站

图 1

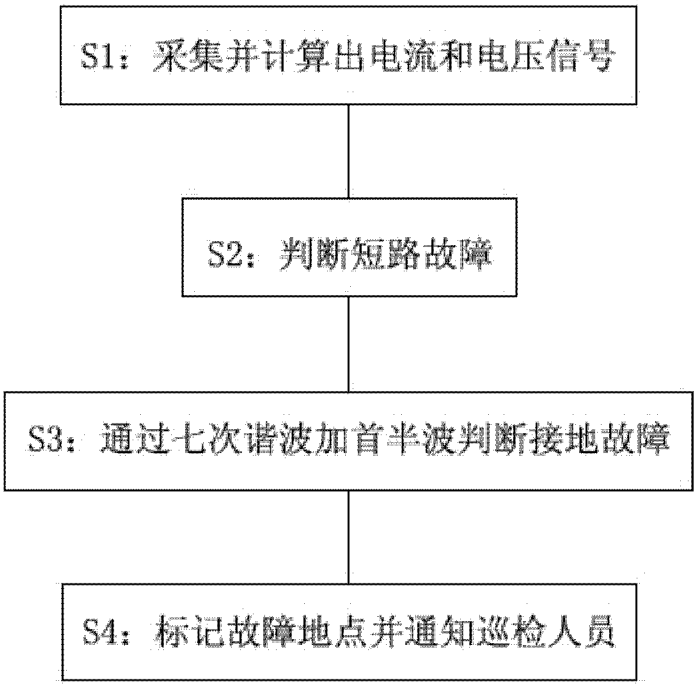

S1：采集并计算出电流和电压信号
S2：判断短路故障
S3：通过七次谐波加首半波判断接地故障
S4：标记故障地点并通知巡检人员

图 2

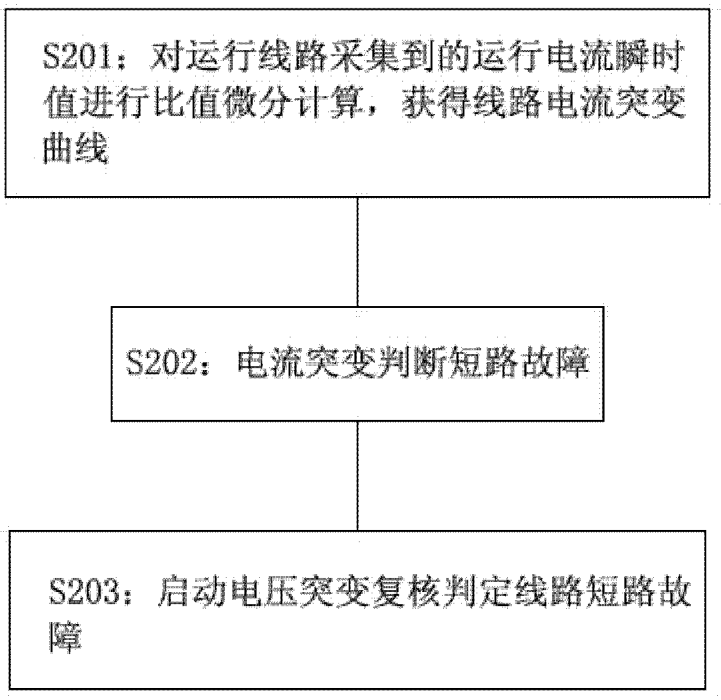

S201：对运行线路采集到的运行电流瞬时值进行比值微分计算，获得线路电流突变曲线
S202：电流突变判断短路故障
S203：启动电压突变复核判定线路短路故障

图 3