

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016年9月9日 (09.09.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/138750 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/08 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/088612
- (22) 国际申请日: 2015年8月31日 (31.08.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510097288.3 2015年3月4日 (04.03.2015) CN
201520125920.6 2015年3月4日 (04.03.2015) CN
- (71) 申请人: 江苏省电力公司常州供电公司 (CHANG ZHOU CURRENT SUPPLY COMPANY OF JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国江苏省常州市天宁区局前街 27 号, Jiangsu 213000 (CN)。江苏省电力公司 (JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市鼓楼区上海路 215 号, Jiangsu 210024 (CN)。国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。
- (72) 发明人: 余涛 (YU, Tao); 中国江苏省常州市天宁区局前街 27 号, Jiangsu 213000 (CN)。庄重

(ZHUANG, Zhong); 中国江苏省常州市天宁区局前街 27 号, Jiangsu 213000 (CN)。李铭 (LI, Ming); 中国江苏省常州市天宁区局前街 27 号, Jiangsu 213000 (CN)。陆政 (LU, Zheng); 中国江苏省常州市天宁区局前街 27 号, Jiangsu 213000 (CN)。

(74) 代理人: 常州市江海阳光知识产权代理有限公司 (CHANGZHOU JIANGHAI YANGGUANG INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国江苏省常州市天宁区和平北路 1 号国泰新都商务中心 503 室, Jiangsu 213003 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,

[见续页]

(54) Title: POWER QUALITY DISTURBANCE SOURCE LOCATING SYSTEM AND LOCATING METHOD

(54) 发明名称: 一种电能质量扰动源定位系统及定位方法

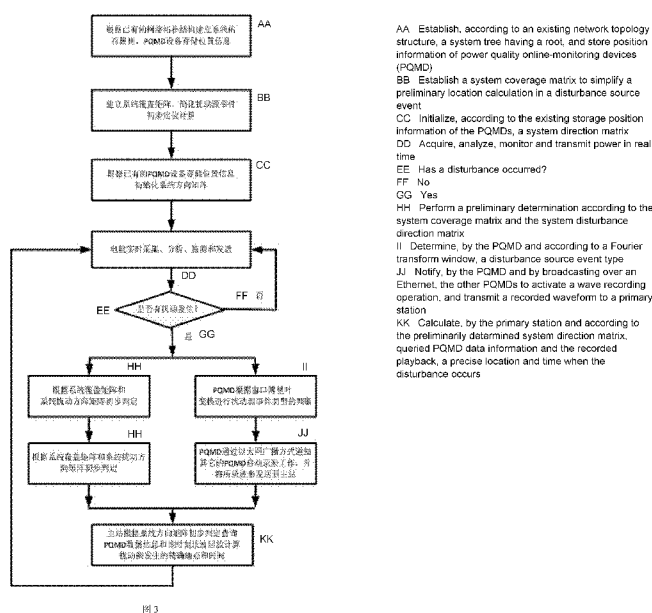


图 3

(57) Abstract: A power quality disturbance source locating system and locating method thereof. The locating system comprises: a power quality management primary station and power quality online-monitoring devices (PQMD) connected to the primary stations via an Ethernet connection. The PQMDs are placed at each monitoring point of a transmission line of a radial power distribution system, and connected together via the Ethernet connection. When an actual disturbance event occurs in the system and is detected, the PQMD is configured to record a point in time at which a disturbance source is detected, and notify, over the Ethernet by broadcasting, the other PQMDs in the network to set the point in time as a reference to activate an disturbance wave recording system, wherein the disturbance wave recording system is configured to record sampled data of N cycles of waves before the point in time and N cycles of waves after the point in time, and transmit the sampled data in real time to the power quality management primary station, thereby establishing a system coverage matrix and a system direction matrix by mutual cooperation among the PQMDs, and locating the disturbance source.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/138750 A1



BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种电能质量扰动源的定位系统及其定位方法，定位系统包括电能质量管理主站及与主站之间通过以太网连接的电能质量在线监测装置，在辐射型配电系统的输电线路的每个监测点设置一台电能质量在线监测装置，各个电能质量在线监测装置之间通过以太网连接；当系统中发生实际扰动事件时，电能质量在线监测装置检测到扰动事件后会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置以该时刻为基准启动扰动录波系统，记录下该时刻之前 N 个周波和之后 N 个周波的采样数据，并实时的发送到电能质量管理主站，通过各个电能质量在线监测装置之间相互协作建立系统覆盖矩阵和系统方向矩阵，再进行扰动源定位。

一种电能质量扰动源定位系统及定位方法

技术领域

本发明涉及电能质量污染源在线监测领域，具体涉及一种电网中电能质量扰动源的定位系统及定位方法。

5 背景技术

近年来随着经济的飞速发展，电力负荷增长迅猛，用电负荷日趋复杂化和多样化，越来越多的非线性、冲击性、不平衡和谐波丰富的应用设备相继接入电网，都会不同程度地影响到供电电网的电能质量。加之监控手段不完善及运行操作、外来干扰和各种故障等原因，电能质量问题日益突出。

10 当前，电力系统中与电能质量相关的研究热点主要集中在以下几个方面：电能质量信号的辨识处理、电能质量评价指标、电能质量在线监测装置和系统的结构、电能质量控制等。然而，电能质量事件发生后扰动源的定位技术也十分重要，不仅有助于电力部门与用户之间的责任判定和纠纷的合理解决，而且对电力部门制定电能质量缓和和控制策略具有重要指导作用。因此，有必要建立一套电能质量的远程、集中监测
15 与分析系统，对影响电能质量的污染源如电压或电流的暂升、暂降和短时中断等指标进行分析，及时找出影响电能质量污染源的原因，保证电网安全、可靠、经济运行。

目前配电网中电能质量扰动源的定位方法主要有以下两类方法：

1、基于扰动方向关系表格的判定方法。根据系统中网络结构和电能质量在线监测装置（PQMD）的布置情况，预先列写出系统中扰动源位置和各个电能质量在线监
20 测装置之间的扰动方向关系表。当系统中发生实际扰动事件时，根据各监测点的测量数据进行扰动方向的判断，并与该关系表格进行比对，来实现定位功能。该方法的缺点是：必须依靠人工的比较才能进行扰动源的定位，工作效率低。目前虽然可以通过计算机编程进行自动分析来实现扰动源的自动定位，但有些情况下（例如其它线路上的扰动源对电能质量在线监测装置的影响，即不能充分利用所有支路信息进行定位
25 判断）存在模糊目标扰动源时，不能实现精确定位，定位准确性和容错能力较差。

2、基于单测点或多测点的扰动源方向判定的符号型定位方法。根据电力系统中布置的单个或多个电能质量在线监测装置,研究各种事件类型对应的扰动源方向判定算法。例如,当电力系统中发生电压暂降事件或谐波事件时,采用基于扰动功率和扰动能量、基于等效阻抗实部符号等方法,可实现扰动事件发生在监测点前向或后向的判定。目前也有学者在此基础上提出基于遗传算法的电能质量扰动源定位方法,该方法通过对扰动信号高频分量产生机理的分析,利用小波变换提取高频分量,将高频扰动能量的极性作为扰动方向判别的依据,并根据系统拓扑结构及监测点布置情况,建立了扰动源定位优化模型,将扰动源定位问题转化成为 0-1 整数规划问题,采用遗传算法进行求解。该方法的缺点是:只能判定出扰动源相对于该监测点的前、后方向,在电力网络中发生电能质量事件时,并不能真正实现扰动源的精确定位(如定位到具体某条线路),建立扰动源定位优化模型、采用遗传算法进一步增大了电能质量在线监测装置的计算量和存储量。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种能实现扰动源准确自动定位和自动消除扰动源模糊项、效率高、结构简单、成本低廉、易于实现和部署的电能质量扰动源的定位系统及定位方法。

实现本发明目的的技术方案之一是提供一种基于联网的电能质量扰动源定位分析方法,包括以下步骤:

①在辐射型配电系统的输电线路中安装电能质量监测装置,并各个电能质量监测装置之间、电能质量监测装置与电能质量管理主站通过以太网连接,并向电能质量管理主站发送各个监测点的实时监测数据或结果分析;电能质量管理主站存储着各个电能质量监测装置的设备号以及所在监测点的地址;

②采集电网中多个监测点 $k=1, 2, \dots$ 的暂态电能质量扰动信号,滤波后得到各监测点暂态电能质量扰动电压信号 U_k 及电流信号 I_k ;

③对每个监测点的暂态电能质量扰动电压信号 U_k 采用形态非抽样小波进行 2 层分解,得到第二层形态非抽样小波细节系数 y_2 ,若细节系数 y_2 的模极大值大于阈值,则将此监测点所在支路确定为受暂态电能质量扰动影响的支路,并将细节系数 y_2 的

模极大值点中超过阈值且相距最远的两个时间点确定为扰动发生的起止时刻 t_1 , t_2 ;

- ④对步骤②中确定的受暂态电能质量扰动影响的支路上的监测点的暂态电能质量扰动电压信号 U_k 进行窗口傅立叶变换提取扰动信号的基频幅值特征 V 、波形畸变持续周期数特征 H 、扰动过零点次数特征 O ; 对暂态电能质量扰动电压信号 U_k 进行 S 变换, 提取扰动信号的最大幅值波动特征 Z 和扰动信号时频偏差特征 B ; 其中提取波形畸变持续周期数特征 H 时的波形畸变率阈值设定为 0.01 ; 将这五个特征进行二进制编码后与二进制阈值矩阵比较, 识别出扰动信号的类型, 同时将各个监测点识别结果中出现次数最多的类型确定为扰动类型;

- ⑤如某点处的电能质量监测装置发现电网电能质量出现问题或发生电流、电压突变时, 该设备会通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量监测装置即时启动故障录波系统, 录下一个周波的采样数据以及该周波前面 8 个周波的采样数据和此时此刻的精确时间, 此时间为网络服务器校时系统的时间, 同时由各个监测点的扰动方向即功率/电流方向判别结果建立扰动方向矩阵, 为界面波形曲线显示和下一步扰动源定位时电能质量参数分析做好准备;

- ⑥当每个电能质量监测装置设备完成录波工作后, 该点处的电能质量监测装置可根据监测到的扰动数据, 并据此数据依照步骤③和④确认事件类型; 当事件类型得到确认后, 根据网络中的各个电能质量监测装置的录波回放即可精确扰动源发生的时间, 根据功率/电流方向以及系统扰动方向矩阵等相应的矩阵算法判定出电能质量事件扰动源与该处电能质量监测装置布置点的前后相对位置。

- 实现本发明目的的技术方案之二是提供一种电能质量扰动源的定位系统, 包括电能质量管理主站以及在辐射型配电系统的输电线路的每个监测点设置的一台电能质量在线监测装置, 各个电能质量在线监测装置之间通过以太网连接, 各电能质量在线监测装置与电能质量管理主站之间通过以太网连接; 当系统中发生实际扰动事件时, 电能质量在线监测装置检测到扰动事件后会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置以该时刻为基准启动扰动录波系统, 记录下该时刻之前 N 个周波和之后 N 个周波的采样数据, $N \geq 1$, 并实时的发送到电能质量管理主站; 电能质量管理主站存储着各个电能质量在线监测装置的设备号以及所在监测点的地址。

进一步的,所述一种电能质量扰动源的定位系统还包括支持 IEEE1588 协议的以太网交换机,电能质量管理主站支持 IEEE1588 协议,电能质量在线监测装置设有支持 IEEE1588 协议的以太网接口,电能质量管理主站之间与各个电能质量在线监测装置均通过专用的屏蔽网络连接线按照国际通用标准接入以太网交换机后组网,整个系统采用 IEEE1588 对时协议进行时钟校准。

上述的一种电能质量扰动源的定位系统的定位方法,包括如下几个步骤:

①根据已知的配电系统拓扑结构,构建有根数结构图,并且标识出整个系统中各个电能质量在线监测装置布置点的位置信息;

②建立整个系统覆盖矩阵,根据系统中有根数各节点与电能质量在线监测装置的相关位置关系,可定义系统的覆盖矩阵 $A_{L \times M}$, $A_{L \times M}$ 可在系统初始化时完成:

$$A_{i \times j} = \begin{matrix} & \begin{matrix} M_1 & M_2 & \cdot & M_j \end{matrix} \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ \cdot \\ L_i \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{1 \times 1} & a_{1 \times 2} & \cdot & a_{1 \times j} \\ a_{2 \times 1} & a_{2 \times 2} & \cdot & a_{2 \times j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{i \times 1} & a_{i \times 2} & \cdot & a_{i \times j} \end{bmatrix} \end{matrix},$$

其中, L 为系统中有根数中的节点总数, M 对应系统中的线段数量,为整个系统中安装的电能质量在线监测装置数量,矩阵 $A_{L \times M}$ 的每一个数据 $a_{i \times j}$ 表示系统中第 j 个电能质量在线监测装置布置点与第 i 个电能质量在线监测装置监测点的位置关系,初始化具体赋值为:如果如果 L_i 位于 M_j 的前向区域,则令 $a_{ij} = -1$, 反之; $a_{ij} = +1$, 系统所述的 M_j 后向区域是指第 j 个电能质量在线监测装置布置节点以及该节点的子节点区域;前向区域是指除了后向区域外的其它节点区域;

③根据系统中某一时刻某点处的电能质量在线监测装置检测到电网电能质量出现问题或发生电流、电压突变等扰动源事件时,该设备会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置即时启动故障录波系统,记录下该时刻之前 N 个周波和之后 N 个周波的采样数据, $N \geq 1$, 系统中各个电能质量在线监测装置与电能质量管理主站间使用 IEEE1588 对时协议作为整个系统的基准时间;

④当每个电能质量在线监测装置设备完成录波工作后,电能质量在线监测装置可

根据检测到的扰动数据确认事件类型；

- ⑤根据网络中的各个电能质量在线监测装置实时向电能质量管理主站发送的该时刻的系统覆盖矩阵和系统方向矩阵的乘积、多个时刻的录播回放相互比对、各个所录波形的频谱分析以及电能质量管理主站中存储的系统位置信息获得系统中扰动源事件发生的精确时间和位置，其具体步骤如下：

首先，根据系统覆盖矩阵和发生扰动源事件时各个电能质量在线监测装置实时上传到主站的信息，建立系统该时刻的方向矩阵 $B_{M \times 1}$ ：

$$B_{M \times 1} = \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ \bullet \\ M_j \end{matrix} \begin{matrix} L_1 \\ \left[\begin{matrix} b_1 \\ b_2 \\ \bullet \\ b_j \end{matrix} \right] \end{matrix},$$

- 式中， b_j 表示系统中第 i 个线段处发生扰动源事件时，第 j 个电能质量在线监测装置设备对扰动源方向的判定结果，如果判定扰动源为后向扰动，即判定出扰动源事件位于第 j 个电能质量在线监测装置设备之后，则令 $b_j = +1$ ；反之， $b_j = -1$ ； b_j 的值带有时标，电能质量管理主站则可以通过各个电能质量在线监测装置上传的实时数据信息建立发生扰动源事件时刻的系统方向矩阵；

$$B_{La2} = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad B_{La3} = \begin{bmatrix} +1 \\ +1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix};$$

- 然后，将系统覆盖矩阵和该时刻的系统方向矩阵进行矩阵乘法运算，得到结果矩阵 $C_{L \times 1}$ 为：

$$C_{L \times 1} = A_{L \times M} \times B_{M \times 1} = \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ \bullet \\ L_i \end{matrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \bullet \\ c_i \end{bmatrix},$$

- 结果矩阵中每个元素 c_i 的值与电力网络拓扑结构以及电能质量在线监测装置的具体布置状况有关，根据 c_i 的值的绝对值是否等于系统中布置的电能质量在线监测装置的数量元素个数，若相等则确认该时刻该行元素 c_i 对应的线段 L_i 为电能质量扰动源；

最后，有了初步的扰动源定位信息后，通过 c_i 的值来确定在具体的电能质量在线监测装置布置点和具体线段，再通过各个电能质量在线监测装置发送到电能质量管理主站的该时刻的录波回放功能进行比对消除扰动源模糊项和精确的时间，通过存储在电能质量管理主站或电能质量在线监测装置设备上的位置信息则可获取扰动源事件

5 发生的具体地点。

进一步的，步骤①中，根据电能质量在线监测装置的设备地址标识出系统中各个电能质量在线监测装置的布置情况，该表存储在电能质量管理主站的数据库中，根据需要各个电能质量在线监测装置中也可存储所处布置点的位置信息。

进一步的，步骤④确认扰动事件类型的具体方法是：采集电网中各监测点的暂态

10 电能质量扰动信号，滤波后得到各监测点暂态电能质量扰动电压信号及电流信号；对每个监测点的暂态电能质量扰动电压信号采用形态非抽样小波进行 2 层分解，得到第二层形态非抽样小波细节系数 y_2 ，若细节系数 y_2 的模极大值大于阈值，则将此监测点所在支路确定为受暂态电能质量扰动影响的支路，并将细节系数 y_2 的模极大值点中超过阈值且相距最远的两个时间点确定为扰动发生的起止时刻 t_1 、 t_2 ；对确定的受

15 暂态电能质量扰动影响的支路上的监测点的暂态电能质量扰动电压信号进行窗口傅立叶变换提取扰动信号的基频幅值特征 V 、波形畸变持续周期数特征 H 、扰动过零点次数特征 O ；对暂态电能质量扰动电压信号进行 S 变换，提取扰动信号的最大幅值波动特征 Z 和扰动信号时频偏差特征 B ；其中提取波形畸变持续周期数特征 H 时的波形畸变率阈值设定为 0.01；将这五个特征进行二进制编码后与二进制阈值矩阵比较，

20 识别出扰动信号的类型，同时将各个监测点识别结果中出现次数最多的类型确定为扰动类型。

附图说明

图 1 为本发明的系统架构拓扑图；

图 2 表示图 1 所示的拓扑结构以 A 相为例构建的有根树；

25 图 3 是本发明的扰动源定位原理图。

具体实施方式

（实施例 1）

本实施例的一种基于联网的电能质量扰动源定位分析方法，包括以下步骤：

①在辐射型配电系统的输电线路中安装电能质量监测装置，并各个电能质量监测装置之间、电能质量监测装置与电能质量管理主站通过以太网连接，并向电能质量管理主站发送各个监测点的实时监测数据或结果分析；电能质量管理主站存储着各个电能质量监测装置的设备号以及所在监测点的地址；

5 ②采集电网中多个监测点 $k=1, 2, \dots$ 的暂态电能质量扰动信号，滤波后得到各监测点暂态电能质量扰动电压信号 U_k 及电流信号 I_k ；

 ③对每个监测点的暂态电能质量扰动电压信号 U_k 采用形态非抽样小波进行 2 层分解，得到第二层形态非抽样小波细节系数 y_2 ，若细节系数 y_2 的模极大值大于阈值，则将此监测点所在支路确定为受暂态电能质量扰动影响的支路，并将细节系数 y_2 的模极大值点中超过阈值且相距最远的两个时间点确定为扰动发生的起止时刻 t_1, t_2 ；

10

 ④对步骤②中确定的受暂态电能质量扰动影响的支路上的监测点的暂态电能质量扰动电压信号 U_k 进行窗口傅立叶变换提取扰动信号的基频幅值特征 V 、波形畸变持续周期数特征 H 、扰动过零点次数特征 O ；对暂态电能质量扰动电压信号 U_k 进行 S 变换，提取扰动信号的最大幅值波动特征 Z 和扰动信号时频偏差特征 B ；其中提取波形畸变持续周期数特征 H 时的波形畸变率阈值设定为 0.01；将这五个特征进行二进制编码后与二进制阈值矩阵比较，识别出扰动信号的类型，同时将各个监测点识别结果中出现次数最多的类型确定为扰动类型；

15

 ⑤如某点处的电能质量监测装置发现电网电能质量出现问题或发生电流、电压突变时，该设备会通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量监测装置即时启动故障录波系统，录下一个周波的采样数据以及该周波前面 8 个周波的采样数据和此时此刻的精确时间，此时间为网络服务器校时系统的时间，同时由各个监测点的扰动方向即功率/电流方向判别结果建立扰动方向矩阵，为界面波形曲线显示和下一步扰动源定位时电能质量参数分析做好准备；

20

 ⑥当每个电能质量监测装置设备完成录波工作后，该点处的电能质量监测装置可根据监测到的扰动数据，并据此数据依照步骤③和④确认事件类型；当事件类型得到确认后，根据网络中的各个电能质量监测装置的录波回放即可精确扰动源发生的时间，根据功率/电流方向以及系统扰动方向矩阵等相应的矩阵算法判定出电能质量事件扰动源与该处电能质量监测装置布置点的前后相对位置。

25

基于上述基于联网的电能质量扰动源定位分析方法，更具体的来讲，见图 1，本实施例的电能质量扰动源的定位系统包括支持 IEEE1588 协议的电能质量管理主站、带有支持 IEEE1588 协议的以太网接口的电能质量在线监测装置（PQMD）电能质量在线监测装置、支持 IEEE1588 协议的以太网交换机，在辐射型配电系统的输电线路的每个监测点设置一台电能质量在线监测装置，各个电能质量在线监测装置之间通过以太网连接，各电能质量在线监测装置与电能质量管理主站之间通过以太网连接，具体来讲，电能质量管理主站之间与各个电能质量在线监测装置均通过专用的屏蔽网络连接线按照国际通用标准接入以太网交换机后组网，本实施例中所述电能质量在线监测装置（PQMD）采用的是无锡优电科技有限公司制造的型号为 YPM-01 的电能质量在线监测装置。当系统中发生实际扰动事件时，电能质量在线监测装置检测到扰动事件后会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置以该时刻为基准启动扰动录波系统，记录下该时刻之前 N 个周波和之后 N 个周波的采样数据， $N \geq 1$ ，并实时的发送到电能质量管理主站，通过各个电能质量在线监测装置之间相互协作建立系统覆盖矩阵和系统方向矩阵，为界面波形曲线显示、扰动源定位时消除模糊项以及电能质量参数的分析做好准备。电能质量管理主站存储着各个电能质量在线监测装置的设备号以及所在监测点的地址，整个系统采用 IEEE1588 对时协议进行时钟校准。

见图 3，应用上述电能质量扰动源的定位系统的定位方法包括如下几个步骤：

①根据已知的配电系统拓扑结构，构建一个在电力系统中常用的有根数结构图，并且标识出整个系统中各个电能质量在线监测装置布置点的位置信息。本实施例中，根据图 1 所示的系统的拓扑结构，构建出一个在电力系统分析中常用的有根树结构图，并且根据电能质量在线监测装置的设备地址（栈地址）标识出系统中各个电能质量在线监测装置的布置情况。该表存储在电能质量管理主站的数据库中，根据需要各个电能质量在线监测装置中也可存储所处布置点的位置信息，为扰动源定位作决策分析用。

②建立整个系统覆盖矩阵，根据系统中有根数各节点与电能质量在线监测装置的相关位置关系，可定义系统的覆盖矩阵 $A_{L \times M}$ ， $A_{L \times M}$ 可在系统初始化时完成：

$$A_{i \times j} = \begin{matrix} & M_1 & M_2 & \cdot & M_j \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ \cdot \\ L_i \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{1 \times 1} & a_{1 \times 2} & \cdot & a_{1 \times j} \\ a_{2 \times 1} & a_{2 \times 2} & \cdot & a_{2 \times j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{i \times 1} & a_{i \times 2} & \cdot & a_{i \times j} \end{bmatrix} \end{matrix},$$

其中， L 为系统中有根数中的节点总数， M 对应系统中的线段数量，为整个系统中安装的电能质量在线监测装置数量，矩阵 $A_{L \times M}$ 的每一个数据 $a_{i \times j}$ 表示系统中第 j 个电能质量在线监测装置布置点与第 i 个电能质量在线监测装置监测点的位置关系，初
5 始化具体赋值为：如果如果 L_i 位于 M_j 的前向区域，则令 $a_{ij} = -1$ ，反之； $a_{ij} = +1$ ，系统所述的 M_j 后向区域是指第 j 个电能质量在线监测装置布置节点以及该节点的子节点区域；前向区域是指除了后向区域外的其它节点区域。

本实施例中，根节点为图 2 所示中每一条线路上的第一个电能质量在线监测装置，后面的设备依次加入该有根数中。其中各电能质量在线监测装置序号（序号和设备地址之间也建立数据表）与图 1 所示拓扑结构中的对应线段序号一致。 L_{ai} 表示该
10 系统中的线段序号， P_i 表示电能质量在线监测装置设备的序号。

根据有根数中各个节点与电能质量在线监测装置的相对方位关系建立系统覆盖矩阵。

如图 2 所示：在输电线 L_a 中节点数为 9，也即该配电监测系统的线段数量为 9，
15 序号依次为 $L_{a1} \sim L_{a9}$ ，系统实际配置的电能质量在线监测装置数量为 4。据此可定义系统覆盖矩阵 $A_{9 \times 4}$ ，矩阵 $A_{9 \times 4}$ 的每一个 a_{ij} 表示系统中第 j 个电能质量在线监测装置布置点与第 i 个节点的位置关系，如果 L_{ai} 位于 P_j 的前向区域，则令 $a_{ij} = -1$ ；反之， $a_{ij} = +1$ 。

根据系统中有根数各节点与电能质量在线监测装置的相对方位关系，可以对定义的系统覆盖矩阵 $A_{9 \times 4}$ 进行赋初值：

$$A_{9 \times 4} = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ -1 & +1 & +1 & +1 \\ -1 & -1 & +1 & +1 \\ -1 & -1 & -1 & +1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}。$$

③根据系统中某一时刻某点处的电能质量在线监测装置检测到电网电能质量出现问题或发生电流、电压突变等扰动源事件时，该设备会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置即时启动故障录波系统，记录下该时刻之前 N 个周波和之后 N 个周波的采样数据，N≥1，系统中各个电能质量在线监测装置与电能质量管理主站间使用 IEEE1588 对时协议作为整个系统的基准时间，为界面波形曲线显示、扰动源定位时消除扰动源模糊项和电能质量管理主站进行数据分析做好准备。

本实施例中 N=8，一旦电能质量在线监测装置检测到扰动源事件时，电能质量在线监测装置中的录播系统记录下该时刻之前 8 个周波和之后 8 个周波的采样数据。

见图 1，假设 A 点处的电能质量在线监测装置发现电网电能质量出现问题或发生电流、电压突变时，该设备会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置及时启动故障录波系统，每个电能质量在线监测装置收到广播命令后，启动录播功能记录下此时刻之前 8 个周波和之后 8 个周波的采样数据并将记录下的波形发送到电能质量管理主站，系统中各个电能质量在线监测装置与电能质量管理主站之间统一使用 IEEE1588 协议进行时钟校准，该时钟精度可达 ns 级，为界面波形曲线显示和下一步扰动源定位时电能质量参数分析和决策做好准备。

④当每个电能质量在线监测装置设备完成录波工作后，电能质量在线监测装置可根据检测到的扰动数据确认事件类型：采集电网中各监测点的暂态电能质量扰动信号，滤波后得到各监测点暂态电能质量扰动电压信号及电流信号；对每个监测点的暂态电能质量扰动电压信号采用形态非抽样小波进行 2 层分解，得到第二层形态非抽样小波细节系数 y2，若细节系数 y2 的模极大值大于阈值，则将此监测点所在支路确定

为受暂态电能质量扰动影响的支路，并将细节系数 y_2 的模极大值点中超过阈值且相距最远的两个时间点确定为扰动发生的起止时刻 t_1 、 t_2 ；对确定的受暂态电能质量扰动影响的支路上的监测点的暂态电能质量扰动电压信号进行窗口傅立叶变换提取扰动信号的基频幅值特征 V 、波形畸变持续周期数特征 H 、扰动过零点次数特征 O ；对
 5 暂态电能质量扰动电压信号进行 S 变换，提取扰动信号的最大幅值波动特征 Z 和扰动信号时频偏差特征 B ；其中提取波形畸变持续周期数特征 H 时的波形畸变率阈值设定为 0.01；将这五个特征进行二进制编码后与二进制阈值矩阵比较，识别出扰动信号的类型，同时将各个监测点识别结果中出现次数最多的类型确定为扰动类型；

⑤根据网络中的各个电能质量在线监测装置实时向电能质量管理主站发送的该
 10 时刻的系统覆盖矩阵和系统方向矩阵的乘积、多个时刻的录播回放相互比对、各个所录波形的频谱分析以及电能质量管理主站中存储的系统位置信息获得系统中扰动源事件发生的精确时间和位置，其具体步骤如下：

首先，根据系统覆盖矩阵和发生扰动源事件时各个电能质量在线监测装置实时上传到主站的信息，建立系统该时刻的方向矩阵 $B_{M \times 1}$ ：

$$15 \quad B_{M \times 1} = \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ \bullet \\ M_j \end{matrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ b_1 \\ b_2 \\ \bullet \\ b_j \end{bmatrix},$$

式中， b_j 表示系统中第 i 个线段处发生扰动源事件时，第 j 个电能质量在线监测装置设备对扰动源方向的判定结果，如果判定扰动源为后向扰动，即判定出扰动源事件位于第 j 个电能质量在线监测装置设备之后，则令 $b_j = +1$ ；反之， $b_j = -1$ 。 b_j 的值带有时标，电能质量管理主站则可以通过各个电能质量在线监测装置上传的实时数据
 20 信息建立发生扰动源事件时刻的系统方向矩阵。

本实施例中，当输电线路发生电能质量扰动事件时，各个电能质量在线监测装置均可以监测到扰动数据，当扰动源事件得到确认后，各个电能质量在线监测装置可根据系统方向矩阵来确定扰动源与本电能质量在线监测装置布置点的前后相对位置关系。

25 据此，可定义本系统的方向矩阵 $B_{4 \times 1}$ ，矩阵 $B_{4 \times 1}$ 中的每一个数据 b_{ij} 表示系统中线

段 L_{ai} 上发生扰动源事件时, 序号为 P_j 的电能质量在线监测装置根据功率/电流方向等相应算法判定出扰动源与它的前后相对位置关系。若为前向扰动, 则令 $b_j = -1$; 反之, $b_j = +1$ 。

图 2 所示, 假设分别在线路 L_{a2} 、 L_{a3} 发生电能质量扰动事件, 依据前述规律, 对两种情况下对应的系统扰动方向矩阵 B_{La2} 、 B_{La3} 赋值如下:

$$B_{La2} = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad B_{La3} = \begin{bmatrix} +1 \\ +1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix};$$

然后, 将系统覆盖矩阵和该时刻的系统方向矩阵进行矩阵乘法运算, 得到结果矩阵 $C_{L \times 1}$ 为:

$$C_{L \times 1} = A_{L \times M} \times B_{M \times 1} = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_i \end{bmatrix},$$

结果矩阵中每个元素 c_i 的值与电力网络拓扑结构以及电能质量在线监测装置的具体布置状况有关, 根据 c_i 的值的绝对值是否等于系统中布置的电能质量在线监测装置的数量, 若相等则确认该时刻该行元素 c_i 对应的线段 L_i 为电能质量扰动源。

如本实施例中, B、C 和 D 处的电能质量在线监测装置上的录波系统都记录着 A 点处发生电流或电压突变时的波形图和时刻, 主站可通过 B、C 和 D 处电能质量在线监测装置上传的波形图上的时间来精确定位出 A 点处的扰动源发生时刻, 根据公式计算可得 C_{L2} 、 C_{L3} 为:

$$C_{L2} = \begin{bmatrix} -2 \\ -4 \\ -2 \\ -2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}, \quad C_{L3} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2 \\ -4 \\ -3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

结果矩阵 $C_{L \times 1}$ 中每个元素 c_i 的绝对值蕴含着判定电能质量扰动源的信息。 C_{L2} 中第二行和 C_{L3} 第三行元素的绝对值等于系统中安装电能质量在线监测装置检测设备的数量, 可初步判定该时刻线路 L_{a2} 、 L_{a3} 上同时有电能质量扰动事件发生。

最后, 有了初步的扰动源定位信息后, 通过 c_i 的值来确定在具体的电能质量在线

监测装置布置点和具体线段,再通过各个电能质量在线监测装置发送到电能质量管理主站的该时刻的录波回放功能进行比对消除扰动源模糊项和精确的时间,通过存储在电能质量管理主站或电能质量在线监测装置设备上的位置信息则可获取扰动源事件发生的具体地点。

5 工业应用性

本发明具有积极的效果:(1)本发明提供一种基于以太网对时,能够进行多点监测的分布式、多机协作的电能质量监测系统,系统中各个电能质量在线监测装置之间通过 IEEE 1588 对时协议统一进行时钟校准取代传统的依靠 GPRS 校准方式,根据多测点电能质量在线监测装置上记录的时标进行扰动识别、信息广播和录波匹配等协作建立系统覆盖矩阵和系统方向矩阵,电能质量管理主站可根据各个时刻的时间、功率/电流方向并通过简单的带有时标的矩阵算法(系统覆盖矩阵和带有时标的系统方向矩阵进行矩阵乘法)、各个电能质量在线监测装置之间所录波形的相互比对以及各个所录波形的频谱分析来实现扰动源准确自动定位和自动消除扰动源模糊项、效率高、结构简单、成本低廉、易于实现和部署的配电网电能质量扰动源定位系统及其方法。

(2)本发明结合电网中多个监测点的扰动信号,对电能质量扰动源进行检测、识别分析,输出扰动持续时间,扰动类型等结果,其结果准确全面;同时由于监测并分析多个监测点的信息,能够实现扰动源的精确定位,便于明确事故责任方和治理电能质量扰动问题;检测和分析出的电能质量信息可通过以太网发送到系统主站中长期保存,便于全面记录电能质量扰动的数据,方便管理部门快捷、直观地了解所需的电能质量扰动有关信息,进一步强化电能质量监督与管理工作,为电能质量问题的治理和评估提供真实、准确的信息,为构建一个大型优质的供电系统提供决策性数据。

(3)本发明在扰动检测和识别中,采用形态非抽样小波能快速准确检测出扰动的起止时刻,并确定出受扰动影响的支路,可缩小后续分析的范围,使本发明的扰动源检测分析方法更加简单、快捷、有效。通过建立有根数和系统扰动方向矩阵,简化计算,电能质量在线监测装置自动进行扰动源定位,效率高,通过电能质量在线监测装置之间的相互协调可消除模糊项。

(4)本发明在扰动识别中,结合窗口傅里叶变换(WDFT)和S变换,可同时提取五个能够反映不同暂态扰动源特征的特征量,并对其进行二进制编码后得到8位二进

制特征向量, 通过将此 8 位二进制特征向量与二进制阈值矩阵进行比较来快速识别出扰动事件类型。由于结合多个监测点的识别结果, 可避免系统中个别监测点由于强噪声等因素造成的错误对其它设备识别结果的干扰和扰动源模糊项, 可同时监测多处扰动源, 进而确保扰动类型识别的正确性。

- 5 (5) 本发明在各个电能质量在线监测装置与主站之间使用统一的 IEEE1588 协议进行时钟校准, 精确定位分为两个步骤: 1) 系统初步定位: 根据发生扰动源事件时刻的系统覆盖矩阵和系统的方向矩阵初步判定扰动源的类型和方位; 2) 电能质量在线监测装置物理设备相互协作辅助定位: 电压暂降源定位方法仅需测量监测点的电压相角、电流幅值和相角, 通过判断电压暂降发生时刻实电流成分的变化极性来确定扰动源与监测点相对位置, 综合电网中多个监测点对该时刻的录波分析结果、各个所录波形的频谱分析以及存储在电能质量管理主站的系统各个电能质量在线监测装置位置信息可确定出电压暂降扰动源的精确位置, 进一步消除模糊项, 该方法计算简单, 精度可达 *ns* 级别。
- 10

权利要求书

1、一种基于联网的电能质量扰动源定位分析方法,其特征在于包括以下步骤:

①在辐射型配电系统的输电线路中安装电能质量监测装置,并各个电能质量监测装置之间、电能质量监测装置与电能质量管理主站通过以太网连接,并向电能质量管理主站发送各个监测点的实时监测数据或结果分析;电能质量管理主站存储着各个电能质量监测装置的设备号以及所在监测点的地址;

②采集电网中多个监测点 $k=1, 2, \dots$ 的暂态电能质量扰动信号,滤波后得到各监测点暂态电能质量扰动电压信号 U_k 及电流信号 I_k ;

③对每个监测点的暂态电能质量扰动电压信号 U_k 采用形态非抽样小波进行 2 层分解,得到第二层形态非抽样小波细节系数 y_2 ,若细节系数 y_2 的模极大值大于阈值,则将此监测点所在支路确定为受暂态电能质量扰动影响的支路,并将细节系数 y_2 的模极大值点中超过阈值且相距最远的两个时间点确定为扰动发生的起止时刻 t_1, t_2 ;

④对步骤②中确定的受暂态电能质量扰动影响的支路上的监测点的暂态电能质量扰动电压信号 U_k 进行窗口傅立叶变换提取扰动信号的基频幅值特征 V 、波形畸变持续周期数特征 H 、扰动过零点次数特征 O ;对暂态电能质量扰动电压信号 U_k 进行 S 变换,提取扰动信号的最大幅值波动特征 Z 和扰动信号时频偏差特征 B ;其中提取波形畸变持续周期数特征 H 时的波形畸变率阈值设定为 0.01;将这五个特征进行二进制编码后与二进制阈值矩阵比较,识别出扰动信号的类型,同时将各个监测点识别结果中出现次数最多的类型确定为扰动类型;

⑤如某点处的电能质量监测装置发现电网电能质量出现问题或发生电流、电压突变时,该设备会通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量监测装置即时启动故障录波系统,录下一个周波的采样数据以及该周波前面 8 个周波的采样数据和此时刻的精确时间,此时间为网络服务器校时系统的时间,同时由各个监测点的扰动方向即功率/电流方向判别结果建立扰动方向矩阵,为界面波形曲线显示和下一步扰动源定位时电能质量参数分析做好准备;

⑥当每个电能质量监测装置设备完成录波工作后，该点处的电能质量监测装置可根据监测到的扰动数据，并据此数据依照步骤③和④确认事件类型；当事件类型得到确认后，根据网络中的各个电能质量监测装置的录波回放即可精确扰动源发生的时间，根据功率/电流方向以及系统扰动方向矩阵等相应的矩阵算法判定出电能质量事件扰动源与该处电能质量监测装置布置点的前后相对位置。

2、一种电能质量扰动源的定位系统，其特征在于：包括电能质量管理主站以及在辐射型配电系统的输电线路的每个监测点设置的一台电能质量在线监测装置，各个电能质量在线监测装置之间通过以太网连接，各电能质量在线监测装置与电能质量管理主站之间通过以太网连接；当系统中发生实际扰动事件时，电能质量在线监测装置检测到扰动事件后会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置以该时刻为基准启动扰动录波系统，记录下该时刻之前 N 个周波和之后 N 个周波的采样数据， $N \geq 1$ ，并实时的发送到电能质量管理主站；电能质量管理主站存储着各个电能质量在线监测装置的设备号以及所在监测点的地址。

3、根据权利要求 2 所述一种电能质量扰动源的定位系统，其特征在于：还包括支持 IEEE1588 协议的以太网交换机，电能质量管理主站支持 IEEE1588 协议，电能质量在线监测装置设有支持 IEEE1588 协议的以太网接口，电能质量管理主站之间与各个电能质量在线监测装置均通过专用的屏蔽网络连接线按照国际通用标准接入以太网交换机后组网，整个系统采用 IEEE1588 对时协议进行时钟校准。

4、如权利要求 3 所述的一种电能质量扰动源的定位系统的定位方法，其特征在于包括如下几个步骤：

①根据已知的配电系统拓扑结构，构建有根数结构图，并且标识出整个系统中各个电能质量在线监测装置布置点的位置信息；

②建立整个系统覆盖矩阵，根据系统中有根数各节点与电能质量在线监测装置的相关位置关系，可定义系统的覆盖矩阵 $A_{L \times M}$ ， $A_{L \times M}$ 可在系统初始化时完成：

$$A_{i \times j} = \begin{matrix} & M_1 & M_2 & \cdot & M_j \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ \cdot \\ L_i \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{1 \times 1} & a_{1 \times 2} & \cdot & a_{1 \times j} \\ a_{2 \times 1} & a_{2 \times 2} & \cdot & a_{2 \times j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{i \times 1} & a_{i \times 2} & \cdot & a_{i \times j} \end{bmatrix} \end{matrix},$$

其中， L 为系统中有根数中的节点总数， M 对应系统中的线段数量，为整个系统中安装的电能质量在线监测装置数量，矩阵 $A_{L \times M}$ 的每一个数据 $a_{i \times j}$ 表示系统中第 j 个电能质量在线监测装置布置点与第 i 个电能质量在线监测装置监测点的位置关系，初始化具体赋值为：如果如果 L_i 位于 M_j 的前向区域，则令 $a_{ij} = -1$ ，反之； $a_{ij} = +1$ ，系统所述的 M_j 后向区域是指第 j 个电能质量在线监测装置布置节点以及该节点的子节点区域；前向区域是指除了后向区域外的其它节点区域；

③根据系统中某一时刻某点处的电能质量在线监测装置检测到电网电能质量出现问题或发生电流、电压突变等扰动源事件时，该设备会记录下扰动源发生的时刻并通过以太网以广播的方式通知网络中其它的电能质量在线监测装置即时启动故障录波系统，记录下该时刻之前 N 个周波和之后 N 个周波的采样数据， $N \geq 1$ ，系统中各个电能质量在线监测装置与电能质量管理主站间使用 IEEE1588 对时协议作为整个系统的基准时间；

④当每个电能质量在线监测装置设备完成录波工作后，电能质量在线监测装置可根据检测到的扰动数据确认事件类型；

⑤根据网络中的各个电能质量在线监测装置实时向电能质量管理主站发送的该时刻的系统覆盖矩阵和系统方向矩阵的乘积、多个时刻的录播回放相互比对、各个所录波形的频谱分析以及电能质量管理主站中存储的系统位置信息获得系统中扰动源事件发生的精确时间和位置，其具体步骤如下：

首先，根据系统覆盖矩阵和发生扰动源事件时各个电能质量在线监测装置实时上传到主站的信息，建立系统该时刻的方向矩阵 $B_{M \times 1}$ ：

$$B_{M \times 1} = \begin{matrix} & L_1 \\ & M_1 \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_j \end{bmatrix} \\ & M_2 \\ & \vdots \\ & M_j \end{matrix},$$

式中, b_j 表示系统中第 i 个线段处发生扰动源事件时, 第 j 个电能质量在线监测装置设备对扰动源方向的判定结果, 如果判定扰动源为后向扰动, 即判定出扰动源事件位于第 j 个电能质量在线监测装置设备之后, 则令 $b_j = +1$; 反之, $b_j = -1$;
 5 b_j 的值带有时标, 电能质量管理主站则可以通过各个电能质量在线监测装置上传的实时数据信息建立发生扰动源事件时刻的系统方向矩阵;

$$B_{La2} = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad B_{La3} = \begin{bmatrix} +1 \\ +1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix};$$

然后, 将系统覆盖矩阵和该时刻的系统方向矩阵进行矩阵乘法运算, 得到结果矩阵 $C_{L \times 1}$ 为:

$$10 \quad C_{L \times 1} = A_{L \times M} \times B_{M \times 1} = \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_i \end{matrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_i \end{bmatrix},$$

结果矩阵中每个元素 c_i 的值与电力网络拓扑结构以及电能质量在线监测装置的具体布置状况有关, 根据 c_i 的值的绝对值是否等于系统中布置的电能质量在线监测装置的数量, 若相等则确认该时刻该行元素 c_i 对应的线段 L_i 为电能质量扰动源;

15 最后, 有了初步的扰动源定位信息后, 通过 c_i 的值来确定在具体的电能质量在线监测装置布置点和具体线段, 再通过各个电能质量在线监测装置发送到电能质量管理主站的该时刻的录波回放功能进行比对消除扰动源模糊项和精确的时间, 通过存储在电能质量管理主站或电能质量在线监测装置设备上的位置信息则可获取扰动源事件发生的具体地点。

20 5、根据权利要求 4 所述的一种电能质量扰动源的定位系统的定位方法, 其特

征在于：步骤①中，根据电能质量在线监测装置的设备地址标识出系统中各个电能质量在线监测装置的布置情况，该表存储在电能质量管理主站的数据库中，根据需要各个电能质量在线监测装置中也可存储所处布置点的位置信息。

- 6、根据权利要求4所述的一种电能质量扰动源的定位系统的定位方法，其特征在于：步骤④确认扰动事件类型的具体方法是：采集电网中各监测点的暂态电能质量扰动信号，滤波后得到各监测点暂态电能质量扰动电压信号及电流信号；对每个监测点的暂态电能质量扰动电压信号采用形态非抽样小波进行2层分解，得到第二层形态非抽样小波细节系数 y_2 ，若细节系数 y_2 的模极大值大于阈值，则将此监测点所在支路确定为受暂态电能质量扰动影响的支路，并将细节系数 y_2 的模极大值点中超过阈值且相距最远的两个时间点确定为扰动发生的起止时刻 t_1 、 t_2 ；对确定的受暂态电能质量扰动影响的支路上的监测点的暂态电能质量扰动电压信号进行窗口傅立叶变换提取扰动信号的基频幅值特征 V 、波形畸变持续周期数特征 H 、扰动过零点次数特征 O ；对暂态电能质量扰动电压信号进行 S 变换，提取扰动信号的最大幅值波动特征 Z 和扰动信号时频偏差特征 B ；其中提取波形畸变持续周期数特征 H 时的波形畸变率阈值设定为 0.01；将这五个特征进行二进制编码后与二进制阈值矩阵比较，识别出扰动信号的类型，同时将各个监测点识别结果中出现次数最多的类型确定为扰动类型。

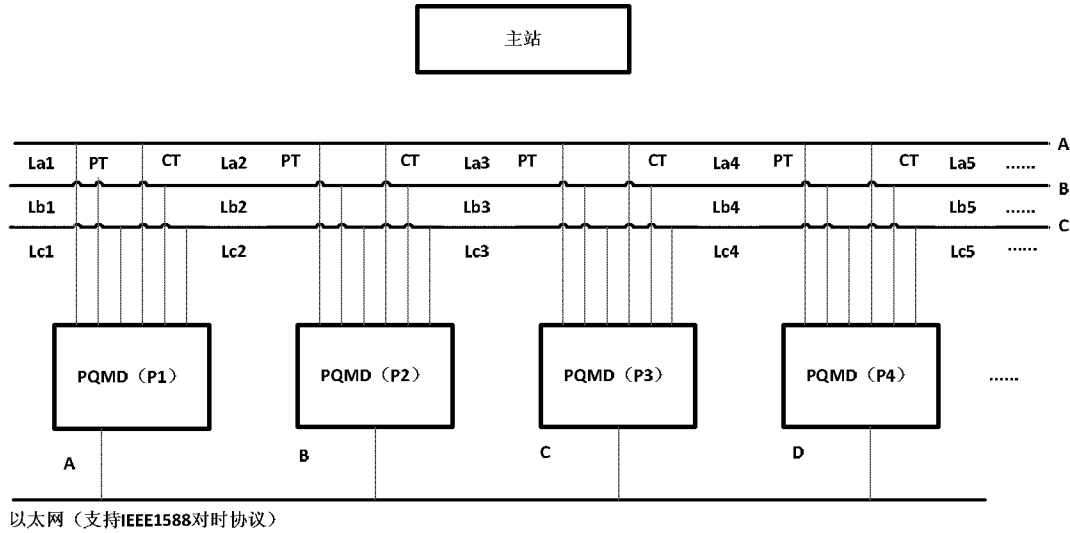


图 1

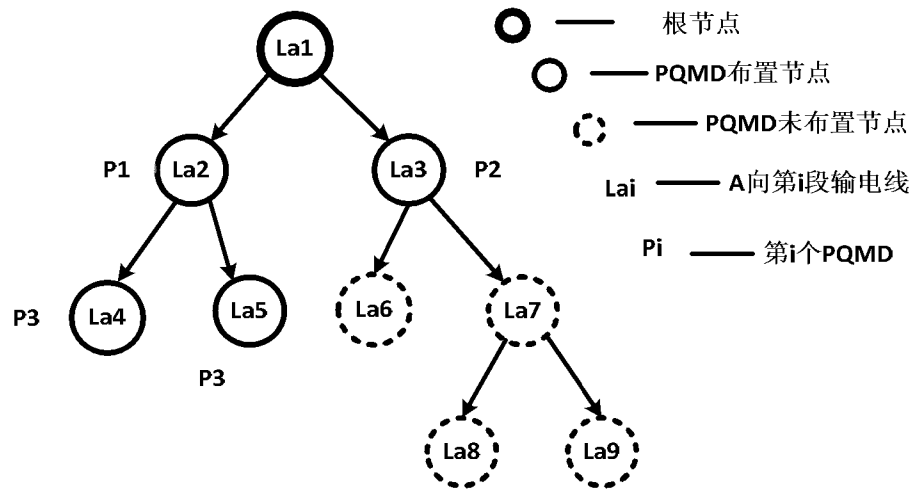


图 2

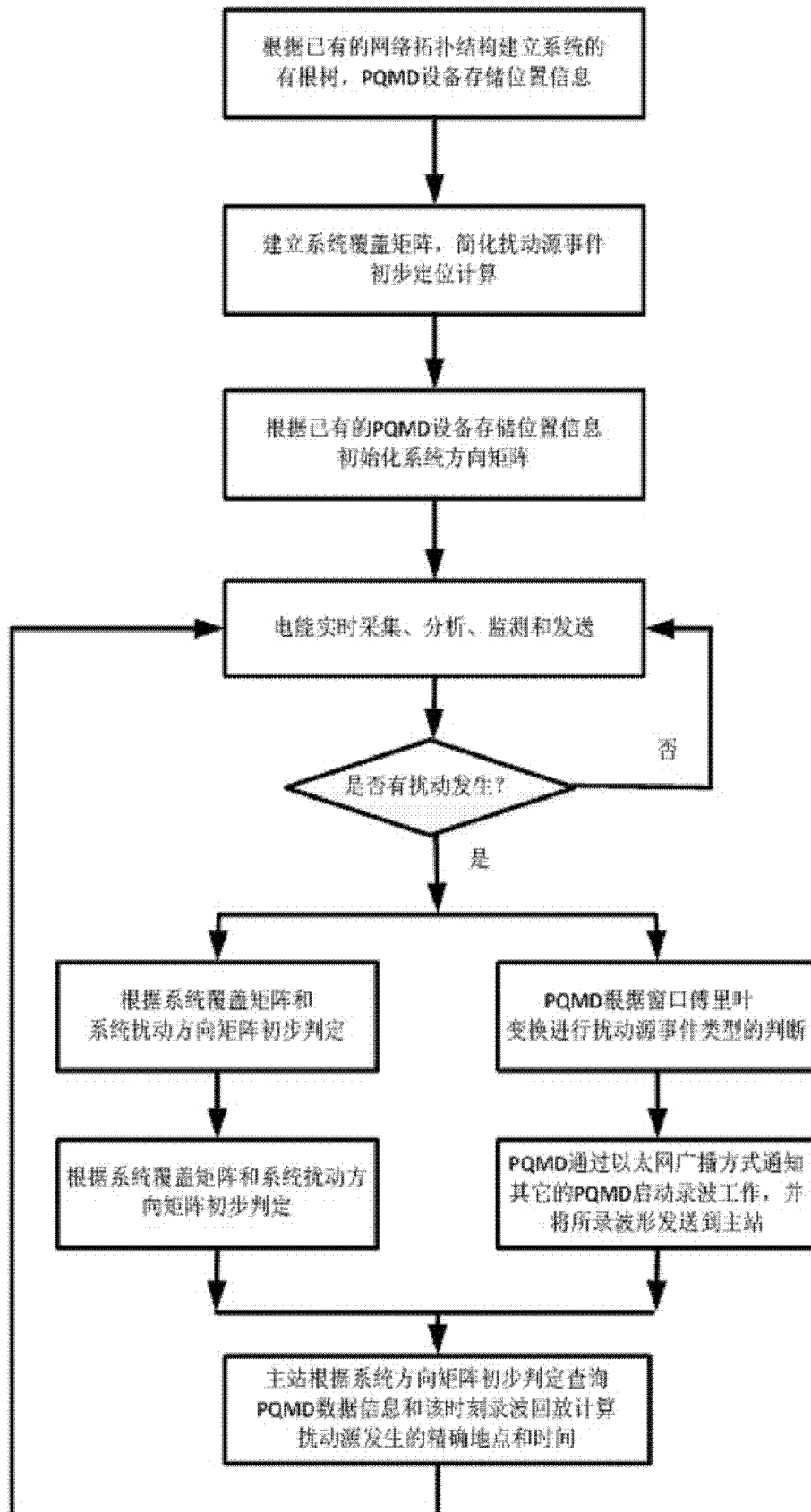


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/088612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R, H02J, G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: fault, sudden change, cyclic wave, decompression, power quality, waveform recording, locat+, disturb+, PQM, monitor, boot, start+, record

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104635114 A (CHANGZHOU POWER SUPPLY COMPANY OF JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY et al.), 20 May 2015 (20.05.2015), description, paragraphs 0037-0066	1-6
PX	CN 204536472 U (CHANGZHOU POWER SUPPLY COMPANY OF JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY et al.), 05 August 2015 (05.08.2015), description, paragraphs 0017-0046	1-6
A	CN 101267116 A (ZHEJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 17 September 2008 (17.09.2008), description, page 6, line 7 to line 10, and figure 4	1-6
A	US 6360178 B1 (PARSONS, A.C. et al.), 19 March 2002 (19.03.2002), the whole document	1-6
A	CN 103323738 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.), 25 September 2013 (25.09.2013), the whole document	1-6
A	CN 102608493 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.), 25 July 2012 (25.07.2012), the whole document	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
14 October 2015 (14.10.2015)

Date of mailing of the international search report
28 October 2015 (28.10.2015)

Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer
HE, Jian
Telephone No.: (86-10) **62413709**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/088612

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104034982 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 10 September 2014 (10.09.2014), the whole document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/088612

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104635114 A	20 May 2015	None	
CN 204536472 U	05 August 2015	None	
CN 101267116 A	17 September 2008	None	
US 6360178 B1	19 March 2002	US 2002072867 A1	13 June 2002
		US 6772075 B2	03 August 2004
		US 2004164743 A1	26 August 2004
		US 6996483 B2	07 February 2006
CN 103323738 A	25 September 2013	None	
CN 102608493 A	25 July 2012	None	
CN 104034982 A	10 September 2014	None	

A. 主题的分类 G01R 31/08 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01R, H02J, G06F 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 定位, 故障, 突变, 扰动, 周波, 失压, 电能质量, 启动, 录波, 监测, locat+, disturb+, PQM, monitor, boot, start+, record		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104635114 A (江苏省电力公司常州供电公司 等) 2015年 5月 20日 (2015 - 05 - 20) 说明书第0037-0066段	1-6
PX	CN 204536472 U (江苏省电力公司常州供电公司 等) 2015年 8月 5日 (2015 - 08 - 05) 说明书第0017-0046段	1-6
A	CN 101267116 A (浙江工业大学) 2008年 9月 17日 (2008 - 09 - 17) 说明书第6页第7行至第10行、附图4	1-6
A	US 6360178 B1 (PARSONS, ANTONY COZART 等) 2002年 3月 19日 (2002 - 03 - 19) 全文	1-6
A	CN 103323738 A (华北电力科学研究院有限责任公司 等) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 全文	1-6
A	CN 102608493 A (华北电力科学研究院有限责任公司) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-6
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2015年 10月 14日		国际检索报告邮寄日期 2015年 10月 28日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451		授权官员 何剑 电话号码 (86-10)62413709

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 104034982 A (国家电网公司 等) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 全文	1-6

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/088612

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104635114	A	2015年 5月 20日	无	
CN	204536472	U	2015年 8月 5日	无	
CN	101267116	A	2008年 9月 17日	无	
US	6360178	B1	2002年 3月 19日	US 2002072867 A1	2002年 6月 13日
				US 6772075 B2	2004年 8月 3日
				US 2004164743 A1	2004年 8月 26日
				US 6996483 B2	2006年 2月 7日
CN	103323738	A	2013年 9月 25日	无	
CN	102608493	A	2012年 7月 25日	无	
CN	104034982	A	2014年 9月 10日	无	