



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106597133 B

(45)授权公告日 2019.05.10

(21)申请号 201611159489.2

(22)申请日 2016.12.15

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106597133 A

(43)申请公布日 2017.04.26

(73)专利权人 福州大学  
地址 350108 福建省福州市闽侯县上街镇  
大学城学园路2号福州大学新区

(72)发明人 高伟 许立彬 郭谋发 洪翠

(74)专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 蔡学俊

(51)Int.Cl.

G01R 29/18(2006.01)

(56)对比文件

- CN 205545709 U, 2016.08.31,
- CN 103065442 A, 2013.04.24,
- CN 105391170 A, 2016.03.09,
- CN 101210944 A, 2008.07.02,
- CN 104360173 A, 2015.02.18,
- CN 105699789 A, 2016.06.22,
- CN 103063934 A, 2013.04.24,
- CN 104020367 A, 2014.09.03,
- CN 204243777 U, 2015.04.01,
- CN 101860000 A, 2010.10.13,
- CN 103675471 A, 2014.03.26,

审查员 王蒙

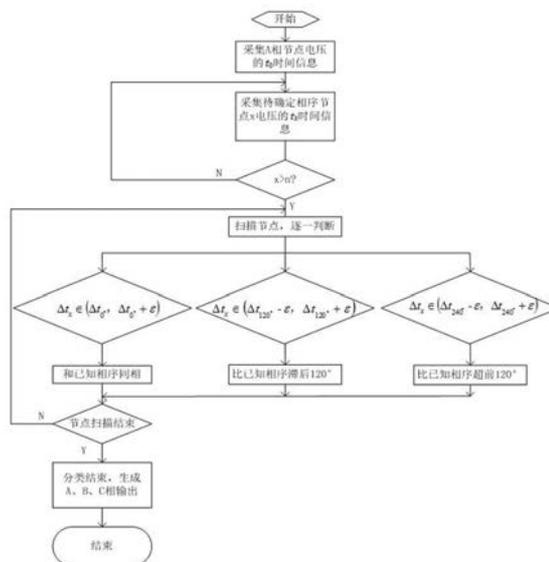
权利要求书4页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种低压电网单相线路相序识别分类方法及装置

(57)摘要

本发明涉及一种低压电网单相线路相序识别分类方法及装置,该装置包括一电压信号记录仪以及一通过无线通信方式与其相连的设置有所相序分类软件的手机;所述电压信号记录仪为一个手持便携式终端,包括测量表笔、变压器单元、过零监测单元、MCU单元、供电单元、RTC单元、按键单元、显示单元、摄像头模组;所述电压信号记录仪通过测量表笔测量分支线路的电压,再通过摄像头扫描,获取测量点的地址信息,通过蓝牙通信方式与手机上的相序分类软件连接,进行数据的交互,测量的数据通过蓝牙通信自动上传到相序分类软件,在手机上自动将测量信号的相序分成四类:A相、B相、C相以及未识别相。本发明有效了解决相序识别的问题。



CN 106597133 B

1. 一种低压电网单相线路相序识别分类方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤S1:采用一电压信号记录仪采集配电变压器0.4kV侧一个A相节点的2ms内的电压负增长过零时刻,记录相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息,记为 $t_0$ ;

步骤S2:再采用所述电压信号记录仪采集该配电变压器0.4kV侧所有待确定相序的n个测量点2ms内的电压负增长过零时刻,记录相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息,记为 $t_1, t_2, \dots, t_x, \dots, t_n$ ;

步骤S3:将采集到的数据传输至一手机进行相序分类,并计算相序差

$$\Delta t_x = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000 \times T)$$

其中, $\Delta t_x$ 是相序差; $T=0.02s$ 是工频电压周期;%表示求余;

步骤S4:判断 $\Delta t_x$ 属于哪一个取值范围之内:若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{0^\circ}, \Delta t_{0^\circ} + \epsilon)$ ,测量点x与已知相序同相,识别为A相;若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{120^\circ} - \epsilon, \Delta t_{120^\circ} + \epsilon)$ ,测量点x比已知相序滞后 $120^\circ$ ,识别为B相;若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{240^\circ} - \epsilon, \Delta t_{240^\circ} + \epsilon)$ ,测量点x比已知相序滞后 $240^\circ$ ,识别为C相;记录n个测量点的相序信息;其中, $\Delta t_{0^\circ}$ 、 $\Delta t_{120^\circ}$ 和 $\Delta t_{240^\circ}$ 均表示相差时间阈值,分别是0ms,67ms和133ms;

步骤S5:返回步骤S3,并循环执行步骤S3与步骤S4,直至 $x=n$ ,输出分析报告。

2. 根据权利要求1所述的一种低压电网单相线路相序识别分类方法,其特征在于:所述步骤S1和步骤S2的相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息 $t_x$ 按如下方法确定:

$$t_x = t_m, x=0, 1, \dots, n$$

$$m = \text{index}(\min |t_i - t_{i-1} - 0.02|), m \in i, i=1, 2, \dots, 10$$

其中,n为待确定相序的测量点数;index表示检索元素函数;待采集的2ms内的电压负增长过零时刻共有11个,m为相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s时刻点。

3. 根据权利要求1所述的一种低压电网单相线路相序识别分类方法,其特征在于:所述步骤S4具体包括如下步骤:

步骤S41:对于三相电压波形,A相超前B相 $120^\circ$ ,超前C相 $240^\circ$ ;同理,B相超前C相 $120^\circ$ ,超前A相 $240^\circ$ ;C相超前A相 $120^\circ$ ,超前B相 $240^\circ$ ;若第x个测量点为A相,对于同相的波形,二者的负增长过零点时刻仅相差k个工频周期T,即:

$$t_x = t_0 \pm kT$$

其中,k为整数; $T=0.02s$ ;

$\Delta t_{0^\circ}$ 按如下公式确定:

$$\Delta t_{0^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000 \times T) = 0$$

同理,若第x个测量节点为B相,由于A相超前B相 $120^\circ$ ,则

$$t_x = t_0 \pm (k+1/3)T$$

$\Delta t_{120^\circ}$ 按如下公式确定:

$$\Delta t_{120^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000T) = 1/3 \times 10000T \approx 67$$

若第x个测量节点为C相,由于A相超前C相 $240^\circ$ ,则

$$t_x = t_0 \pm (k+2/3)T$$

$\Delta t_{240^\circ}$ 按如下公式确定:

$$\Delta t_{240^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000T) = 2/3 \times 10000T \approx 133$$

步骤S42:由于考虑到电网的频率误差以及测量误差,误差阈值 $\varepsilon$ 按如下公式确定:

$$\varepsilon = \varepsilon_m + \max(\varepsilon_s, \varepsilon_e) = 2\text{ms}$$

其中,电网频率波动最大误差 $\varepsilon_s = 1/49.5 - 1/50.5 = 0.0004\text{s}$ ;仪器测量精度 $\varepsilon_e = 1\text{ms}$ ;测量误差 $\varepsilon_m = 1\text{ms}$ ;测量误差是累计误差,第一个测量点和最后一个测量点的误差最大,一个测量周期内误差不允许超过 $0.5\text{ms}$ ,测量精度为 $1\text{ms}$ ,故实际最大的测量误差为 $1\text{ms}$ ;

步骤S43:若采集的测量点已知相序是B相或C相,返回步骤S41采用同样的步骤测各节点相序信息。

4.一种低压电网单相线路相序识别分类装置,其特征在于:包括一电压信号记录仪以及一通过无线通信方式与其相连的设置有相序分类软件的手机;所述电压信号记录仪为一个手持便携式终端,包括测量表笔、变压器单元、过零监测单元、MCU单元、供电单元、RTC单元、按键单元、显示单元和摄像头模组;所述电压信号记录仪通过测量表笔测量分支线路的电压,再通过摄像头扫描,获取测量点的地址信息,通过蓝牙通信方式与手机上的相序分类软件连接,进行数据的交互,测量的数据通过蓝牙通信自动上传到相序分类软件,在手机上自动将测量信号的相序分成四类:A相、B相、C相以及未识别相,若通过手动修改其中一相的序别,所述相序分类软件自动进行重新分类;

其中,所述电压信号记录仪与手机进行的相序分类算法包括以下步骤:

步骤S1:启动批次相序测试:建立新的数据表,将测量点的序号归零;

步骤S2:检测数据:根据信息设置的内容进行如下操作:选择连接地址识别,先用摄像头扫描识别待测节点的地址信息,包括电表上的表号条形码信息或二维码信息,对于无地址信息的选择跳过此操作;选择手动输入信息,手动在相序分类软件上输入信息,并将信息传入到电压信号记录仪,对于无地址信息的选择跳过此操作;选择不输入信息,则跳过此操作;接着判断表笔上是否有电压输入,若没有,则提示未检测到电压;若有电压输入,连续测量10周波的信号发生的时间,取信号频率最接近为 $50\text{Hz}$ 的那个信号,并记录信号的序号、地址信息、下降沿发生的时刻以及信号频率,并把数据存储在内存中;通过显示屏显示记录信息;若信号的频率小于 $49\text{Hz}$ ,则提醒用户是否进行记录,在用户确认记录的情况下,记录相关数据;

完成以上步骤后再下一次检测时,数据记录序号自动加1;

在检测过程中,随时设置任意测量节点的相序,并删除此批次测量的前面设置的相序信息,相序信息以最后一次设置的为准;

步骤S3:测试完毕后,将该批次测量数据全部通过蓝牙通信方式上传到手机中的相序分类软件,在相序分类软件中能够再次手动修改相序信息;

步骤S4:手机进行相序分类,具体包括以下步骤:

步骤S41:扫描所有的测量点,提取最后一个确认相序的测量点,将其作为第0个测量点,其他测量点调整为后续节点;

假定某确认相序的节点的相序为 $m$ 相,其中 $m = A、B、C$ ,信号发生时刻为 $T_0$ ;

步骤S42:提取一个测量点,该节点信号发生时刻为 $T_n$ ;判断其是否满足以下判据条件之一:

判据一:  $(|T_n - T_0| \times 10000) \% 10000T \leq \varepsilon$ , %表示求余数,下同;

判据二:  $67 - \varepsilon \leq (|T_n - T_0| \times 10000) \% 10000T \leq 67 + \varepsilon$ ;

判据三： $133-\varepsilon \leq (|T_n-T_0| \times 10000) \% 10000T \leq 133+\varepsilon$ ；

若满足判据一，则该测量点和第0个测量点同相；若满足判据二，则该测量点滞后第0个测量点 $120^\circ$ ；若满足判据三，则该测量点滞后第0个测量点 $240^\circ$ ；若不满足三个判据条件，则将其归类为其他，可能出现了测量误差，也可能与第0个测量点不属于同一台变压器下的测量点；

步骤S43：判断所有节点是否确认完毕，若未完毕，跳转到步骤S42，若完毕执行步骤S44；

步骤S44：根据判断结果，将测量节点分成四类，A相、B相、C相和其他节点，输出分析报告；

步骤S45：逐一识别每个测量节点的相序，并进行归类，若手动修改其中一个节点的相序，根据相位滞后关系，软件按照以下关系对每个节点的相位做依次调整：将A相手动调整为B相，则原B相节点自动调整为C相，原C相节点自动调整为A相；将A相手动调整为C相，则原B相节点自动调整为A相，原C相节点自动调整为B相；将B相手动调整为A相，则原C相节点自动调整为B相，原A相节点自动调整为C相；将B相手动调整为C相，则原C相节点自动调整为A相，原A相节点自动调整为B相；将C相手动调整为A相，则原A相节点自动调整为B相，原A相节点自动调整为C相；将C相手动调整为B相，则原A相节点自动调整为C相，原B相节点自动调整为A相；归属其他节点类型属性的节点进行调整，按照步骤S44重新计算一遍。

5. 根据权利要求4所述的一种低压电网单相线路相序识别分类装置，其特征在于：所述测量表笔由红色表笔与黑色表笔组成，分别接触测量220V分支线路的L和N端，反接情况下依然有效；经测量表笔采集的220V电压信号通过单相变压器单元转换成小电压，通过滤波后进入过零监测单元，将正弦波变换成同相位同周期的方波信号，该信号通过高速光耦隔离后进入MCU单元的外部中断引脚。

6. 根据权利要求4所述的一种低压电网单相线路相序识别分类装置，其特征在于：所述MCU单元由高性能的ARM单片机组成，其监测到方波信号下降沿后记录波形出现的时刻，并同步记录波形序号和所测线路的地址信息，并通过蓝牙接口上传至手机，并通过摄像头模组识别所测线路地址的条形码或二维码信息；所述RTC单元用以为MCU单元提供精确的时间信息，时间精确度为1ms，1个测量周期内误差不超过0.5ms。

7. 根据权利要求4所述的一种低压电网单相线路相序识别分类装置，其特征在于：所述按键单元包括6个机械按键，包括开机按键、设置按键、检测/确认按键、清除/返回按键、上翻按键以及下翻按键；所述开机按键用于开机与关机控制；所述设置按键包括四个选项：测序启动、相序设置、蓝牙连接，地址设置；通过上翻按键、下翻按键和确认键配合进行相应的功能；测序启动选项用以开启该批次相序测试工作，仪器为这一批次的测量工作重新编码，将记录此后所有的测量数据；相序设置选项用以在测试过程中，设置某个测量线路为A、B、C任意一个相序，在已知该分支线路相序的情况下进行设置，以最后一次设置为准，并清除前面设置的相序；蓝牙连接选项用以开放蓝牙接口，和手机进行配对连接；地址设置选项用以选择地址识别、手动输入和不输入；所述检测/确认按键用以开启分支线路的检测，检测结束后根据测试结果确认是否记录或清除该次测试信息；所述清除/返回按键用以清除测试信息或从功能菜单返回；所述上翻按键与所述下翻按键用以查看测试数据或功能菜单。

8. 根据权利要求4所述的一种低压电网单相线路相序识别分类装置,其特征在于:所述显示单元包括一彩色液晶屏,用以显示测试信息和功能菜单,配合按键单元启动测试或查询相关信息;所述供电单元包括一5V可充电的锂电池以及与其相连的电源转换电路,用以系统提供5V和3.3V的供电电源。

9. 根据权利要求4所述的一种低压电网单相线路相序识别分类装置,其特征在于:所述相序分类软件包括数据读取、信息分类、相序修改以及信息传送四个功能组件;所述数据读取组件用以建立和电压信号记录仪的连接,并选择读取存储在信号记录仪上任意批次的数据信息;所述信息分类组件用以根据相序分类算法,对测量数据的相序进行自动分类;所述相序修改组件用以手动修改某一个测量点的相序,其他测量点的相序根据相序分类算法重新分类;所述信息传送组件用以将分类后的数据传送给远程数据库,进行信息二次维护。

## 一种低压电网单相线路相序识别分类方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及低压配电网技术领域,特别是涉及一种低压电网单相线路相序识别分类方法及装置。

### 背景技术

[0002] 随着社会经济的发展,低压用户对用电可靠性和用电质量的要求越来越高,国家电网对用户能耗的管理和治理也愈加重视。目前在农村地区存在大量的低电压问题,究其原因,不外乎三相负荷不平衡、功率因数较低、谐波含量较大,其中功率因数较低和谐波含量较大可以通过补偿装置实现就地补偿,然而对于三相负荷不平衡,则需要通过改变单相用户的相序来调节。对于大量的老旧线路,存在后期改造,已经无法确认现有的单相负载接入的准确相序,导致换相工作无法正常进行。

[0003] 现有的测相和核相装置,仅针对三相线路,通过采集三相电压信号确认A、B、C相之间的相位关系来确认三相的相别,对单相线路束手无策,尚无一种有效的手段对单相线路的相别进行区别和分类。本发明专利涉及低压电网单相线路相序识别和分类方法,可以在一个测量周期内,随时测量同一台变压器下的各分支线路节点的电压信号,即可按照三相电压的相位关系对被测分支线路进行分相归类,只需确定其中一个分支信号的相序,就可以自动测定所有分支的相序,具有操作简单,携带方便等特点。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种低压电网单相线路相序识别分类方法及装置,该方法可对单相分支线路的相序进行分类,为电力系统低压电网三相负荷不平衡的治理提供基础数据。

[0005] 本发明采用以下方法实现:一种低压电网单相线路相序识别分类方法,其特征在于:包括以下步骤:

[0006] 步骤S1:采用一电压信号记录仪采集配电变压器0.4kV侧一个A相节点的2ms内的电压负增长过零时刻,记录相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息,记为 $t_0$ ;

[0007] 步骤S2:再采用所述电压信号记录仪采集该配电变压器0.4kV侧所有待确定相序的n个测量点2ms内的电压负增长过零时刻,记录相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息,记为 $t_1, t_2, \dots, t_x, \dots, t_n$ ;

[0008] 步骤S3:将采集到的数据传输至一手机进行相序分类,并计算相序差

[0009]  $\Delta t_x = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000 \times T)$

[0010] 其中, $\Delta t_x$ 是相序差; $T=0.02s$ 是工频电压周期;%表示求余;

[0011] 步骤S4:判断 $\Delta t_x$ 属于哪一个取值范围之内:若 $\Delta t_x \in (\Delta t_0^\circ, \Delta t_0^\circ + \epsilon)$ ,测量点x与已知相序同相,识别为A相;若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{120^\circ - \epsilon}, \Delta t_{120^\circ + \epsilon})$ ,测量点x比已知相序滞后 $120^\circ$ ,识别为B相;若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{240^\circ - \epsilon}, \Delta t_{240^\circ + \epsilon})$ ,测量点x比已知相序滞后 $240^\circ$ ,识别为C相;记录n个测量点的相序信息。

[0012] 步骤S5:返回步骤S3,并循环执行步骤S3与步骤S4,直至 $x=n$ ,输出分析报告。

[0013] 进一步地,所述步骤S1和步骤S2的相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息 $t_x$ 按如下方法确定:

[0014]  $t_x = t_m, x = 0, 1, \dots, n$

[0015]  $m = \text{index}(\min |t_i - t_{i-1} - 0.02|), m \in i, i = 1, 2, \dots, 10$

[0016] 其中, $n$ 为待确定相序的测量点数; $\text{index}$ 表示检索元素函数;待采集的2ms内的电压负增长过零时刻共有11个, $m$ 为相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s时刻点。

[0017] 进一步地,所述步骤S4具体包括如下步骤:

[0018] 步骤S41:对于三相电压波形,A相超前B相 $120^\circ$ ,超前C相 $240^\circ$ ;同理,B相超前C相 $120^\circ$ ,超前A相 $240^\circ$ ;C相超前A相 $120^\circ$ ,超前B相 $240^\circ$ ;若第 $x$ 个测量点为A相,对于同相的波形,二者的负增长过零点时刻仅相差 $k$ 个工频周期 $T$ ,即:

[0019]  $t_x = t_0 \pm kT$

[0020] 其中, $k$ 为整数; $T = 0.02s$ 。

[0021]  $\Delta t_0^\circ$ 按如下公式确定:

[0022]  $\Delta t_0^\circ = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000 \times T) = 0$

[0023] 同理,若第 $x$ 个测量节点为B相,由于A相超前B相 $120^\circ$ ,则

[0024]  $t_x = t_0 \pm (k+1/3)T$

[0025]  $\Delta t_{120^\circ}$ 按如下公式确定:

[0026]  $\Delta t_{120^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000T) = 1/3 \times 10000T \approx 67$

[0027] 若第 $x$ 个测量节点为C相,由于A相超前C相 $240^\circ$ ,则

[0028]  $t_x = t_0 \pm (k+2/3)T$

[0029]  $\Delta t_{240^\circ}$ 按如下公式确定:

[0030]  $\Delta t_{240^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000T) = 2/3 \times 10000T \approx 133$

[0031] 步骤S42:由于考虑到电网的频率误差以及测量误差,误差阈值 $\varepsilon$ 按如下公式确定:

[0032]  $\varepsilon = \varepsilon_m + \max(\varepsilon_s, \varepsilon_e) = 2ms$

[0033] 其中,电网频率波动最大误差 $\varepsilon_s = 1/49.5 - 1/50.5 = 0.0004s$ ;仪器测量精度 $\varepsilon_e = 1ms$ ;测量误差 $\varepsilon_m = 1ms$ ;测量误差是累计误差,第一个测量点和最后一个测量点的误差最大,一个测量周期内误差不允许超过0.5ms,测量精度为1ms,故实际最大的测量误差为1ms;

[0034] 步骤S43:若采集的测量点已知相序是B相或C相,返回步骤S41采用同样的步骤测各节点相序信息。

[0035] 本发明还采用以下方案实现:一种低压电网单相线路相序识别分类装置,包括一电压信号记录仪以及一通过无线通信方式与其相连的设置有序分类软件的手机;所述电压信号记录仪为一个手持便携式终端,包括测量表笔、变压器单元、过零监测单元、MCU单元、供电单元、RTC单元、按键单元、显示单元、摄像头模组;所述电压信号记录仪通过测量表笔测量分支线路的电压,再通过摄像头扫描,获取测量点的地址信息,通过蓝牙通信方式与手机上的相序分类软件连接,进行数据的交互,测量的数据通过蓝牙通信自动上传到相序分类软件,在手机上自动将测量信号的相序分成四类:A相、B相、C相以及未识别相,若通过手动修改其中一相的序列,所述相序分类软件自动进行重新分类。

[0036] 进一步地,所述测量表笔由红色表笔与黑色表笔组成,分别接触测量220V分支线

路的L和N端,反接情况下依然有效;经测量表笔采集的220V电压信号通过单相变压器单元转换成小电压,通过滤波后进入过零监测单元,将正弦波变换成同相位同周期的方波信号,该信号通过高速光耦隔离后进入MCU单元的外部中断引脚。

[0037] 进一步地,所述MCU单元由高性能的ARM单片机组成,其监测到方波信号下降沿后记录波形出现的时刻,并同步记录波形序号和所测线路的地址信息,并通过蓝牙接口上传至手机,并通过摄像头模组识别所测线路地址的条形码或二维码信息;所述RTC单元用以为MCU单元提供精确的时间信息,时间精确度为1ms,1个测量周期内误差不超过0.5ms。

[0038] 进一步地,所述按键单元包括6个机械按键,包括开机按键、设置按键、检测/确认按键、清除/返回按键、上翻按键以及下翻按键;所述开机按键用于开机与关机控制;所述设置按键包括四个选项:测序启动、相序设置、蓝牙连接,地址设置;通过上翻按键、下翻按键和确认键配合进行相应的功能;测序启动选项用以开启该批次相序测试工作,仪器为这一批次的测量数据重新编码,将记录此后所有的测量数据;相序设置选项用以在测试过程中,设置某个测量线路为A、B、C任意一个相序,在已知该分支线路相序的情况下进行设置,以最后一次设置为准,并清除前面设置的相序;蓝牙连接选项用以开放蓝牙接口,和手机进行配对连接;地址设置选项用以选择地址识别、手动输入和不输入;所述检测/确认按键用以开启分支线路的检测,检测结束后根据测试结果确认是否记录或清除该次测试信息;所述清除/返回按键用以清除测试信息或从功能菜单返回;所述上翻按键与所述下翻按键用以查看测试数据或功能菜单。

[0039] 进一步地,所述显示单元包括一彩色液晶屏,用以显示测试信息和功能菜单,配合按键单元启动测试或查询相关信息;所述供电单元包括一5V可充电的锂电池以及与其相连的电源转换电路,用以为系统提供5V和3.3V的供电电源。

[0040] 进一步地,所述相序分类软件包括数据读取、信息分类、相序修改以及信息传送四个功能组件;所述数据读取组件用以建立和电压信号记录仪的连接,并选择读取存储在信号记录仪上任意批次的测量数据;所述信息分类组件用以根据相序分类算法,对测量数据的相序进行自动分类;所述相序修改组件用以手动修改某一个测量点的相序,其他测量点的相序根据相序分类算法重新分类;所述信息传送组件用以将分类后的数据传送给远程数据库,进行信息二次维护。

[0041] 进一步地,所述电压信号记录仪与手机进行的相序分类算法包括以下步骤:

[0042] 步骤S1:启动批次相序测试:建立新的数据表,将测量点的序号归零;

[0043] 步骤S2:检测数据:根据信息设置的内容进行如下操作:选择连接地址识别,先用摄像头扫描识别待测节点的地址信息,包括电表上的表号条形码信息或二维码信息,对于无地址信息的选择跳过此操作;选择手动输入信息,手动在相序分类软件上输入信息,并将信息传入到电压信号记录仪,对于无地址信息的可以选择跳过此操作;选择不输入信息,则跳过此操作;接着判断表笔上是否有电压输入,若没有,则提示未检测到电压;若有电压输入,连续测量10周波的信号发生的时间,取信号频率最接近为50Hz的那个信号,并记录信号的序号、地址信息、下降沿发生的时刻以及信号频率,并把数据存储在内存中;通过显示屏显示记录信息;若信号的频率小于49Hz,则提醒用户是否进行记录,在用户确认记录的情况下,记录相关数据;

[0044] 完成以上步骤后再下一次检测时,数据记录序号自动加1;

[0045] 在检测过程中,随时设置任意测量节点的相序,并删除此批次测量的前面设置的相序信息,相序信息以最后一次设置的为准;

[0046] 步骤S3:测试完毕后,将该批次测量数据全部通过蓝牙通信方式上传到手机中的相序分类软件,在相序分类软件中能够再次手动修改相序信息;

[0047] 步骤S4:手机进行相序分类,具体包括以下步骤:

[0048] 步骤S41:扫描所有的测量点,提取最后一个确认相序的测量点,将其作为第0个测量点,其他测量点调整为后续节点;

[0049] 假定某确认相序的节点的相序为m相,其中m=A、B、C,信号发生时刻为 $T_0$ ;

[0050] 步骤S42:提取一个测量点,该节点信号发生时刻为 $T_n$ ;判断其是否满足以下判据条件之一:

[0051] 判据一:  $(|T_n - T_i| \times 10000) \% 10000T \leq \epsilon$ , %表示求余数,下同;

[0052] 判据二:  $67 - \epsilon \leq (|T_n - T_i| \times 10000) \% 10000T \leq 67 + \epsilon$ ;

[0053] 判据三:  $133 - \epsilon \leq (|T_n - T_i| \times 10000) \% 10000T \leq 133 + \epsilon$ ;

[0054] 若满足判据一,则该测量点和第0个测量点同相;若满足判据二,则该测量点滞后第0个测量点 $120^\circ$ ;若满足判据三,则该测量点滞后第0个测量点 $240^\circ$ ;若不满足三个判据条件,则将其归类为其他,可能出现了测量误差,也可能与第0个测量点不属于同一台变压器下的测量点;

[0055] 步骤S43:判断所有节点是否确认完毕,若未完毕,跳转到步骤S42,若完毕执行步骤S44;

[0056] 步骤S44:根据判断结果,将测量节点分成四类,A相、B相、C相和其他节点,输出分析报告;

[0057] 步骤S45:逐一识别每个测量节点的相序,并进行归类,若手动修改其中一个节点的相序,根据相位滞后关系,软件按照以下关系对每个节点的相位做依次调整:将A相手动调整为B相,则原B相节点自动调整为C相,原C相节点自动调整为A相;将A相手动调整为C相,则原B相节点自动调整为A相,原C相节点自动调整为B相;将B相手动调整为A相,则原C相节点自动调整为B相,原A相节点自动调整为C相;将B相手动调整为C相,则原C相节点自动调整为A相,原A相节点自动调整为B相;将C相手动调整为A相,则原A相节点自动调整为B相,原A相节点自动调整为C相;将C相手动调整为B相,则原A相节点自动调整为C相,原B相节点自动调整为A相;归属其他节点类型属性的节点进行调整,按照步骤S44重新计算一遍。

[0058] 相较于现有技术,本发明具有以下有益效果:本发明在明确其中一个测量节点相位的情况下,依靠单机设备,随时记录其他测量点的电压下降沿的发生的时刻,通过相序分类算法自动对同一个变压器下的多个测量节点进行自动分类,有效了解决相序识别的问题。目前的技术手段尚无法解决大规模节点相序识别的问题。

## 附图说明

[0059] 图1是本发明的相序识别分类方法的流程示意图。

[0060] 图2是本发明的相序识别分类装置的原理示意图。

[0061] 图3是本发明的电压信号记录仪的原理示意图。

## 具体实施方式

[0062] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。

[0063] 本实施例提供一种低压电网单相线路相序识别分类方法,适用场合是低压380V配电线路,测量220V相电压,对同一台三相变压器下的所有单相测量点进行分类,如图1所示,包括以下步骤:

[0064] 步骤S1:采用一电压信号记录仪采集配电变压器0.4kV侧一个A相节点的2ms内的电压负增长过零时刻,记录相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息(精确到ms),记为 $t_0$ ;

[0065] 步骤S2:再采用所述电压信号记录仪采集该配电变压器0.4kV侧所有待确定相序的n个测量点2ms内的电压负增长过零时刻,记录相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息(精确到ms),记为 $t_1, t_2, \dots, t_x, \dots, t_n$ ;

[0066] 步骤S3:将采集到的数据传输至一手机进行相序分类,并计算相序差

[0067]  $\Delta t_x = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000 \times T)$

[0068] 其中, $\Delta t_x$ 是相序差; $T=0.02s$ 是工频电压周期;%表示求余;

[0069] 步骤S4:判断 $\Delta t_x$ 属于哪一个取值范围之内:若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{0^\circ}, \Delta t_{0^\circ} + \varepsilon)$ ,测量点x与已知相序同相,识别为A相;若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{120^\circ} - \varepsilon, \Delta t_{120^\circ} + \varepsilon)$ ,测量点x比已知相序滞后 $120^\circ$ ,识别为B相;若 $\Delta t_x \in (\Delta t_{240^\circ} - \varepsilon, \Delta t_{240^\circ} + \varepsilon)$ ,测量点x比已知相序滞后 $240^\circ$ ,识别为C相;记录n个测量点的相序信息;

[0070] 步骤S5:返回步骤S3,并循环执行步骤S3与步骤S4,直至 $x=n$ ,输出分析报告。

[0071] 在本实施例中,所述步骤S1和步骤S2的相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s的时间信息 $t_x$ 按如下方法确定:

[0072]  $t_x = t_m, x=0, 1, \dots, n$

[0073]  $m = \text{index}(\min |t_i - t_{i-1} - 0.02|), m \in i, i=1, 2, \dots, 10$

[0074] 其中,n为待确定相序的测量点数;index表示检索元素函数;待采集的2ms内的电压负增长过零时刻共有11个,m为相邻2个负增长过零时刻之差最接近0.02s时刻点。

[0075] 在本实施例中,所述步骤S4具体包括如下步骤:

[0076] 步骤S41:对于三相电压波形,A相超前B相 $120^\circ$ ,超前C相 $240^\circ$ ;同理,B相超前C相 $120^\circ$ ,超前A相 $240^\circ$ ;C相超前A相 $120^\circ$ ,超前B相 $240^\circ$ ;若第x个测量点为A相,对于同相的波形,二者的负增长过零点时刻仅相差k个工频周期T,即:

[0077]  $t_x = t_0 \pm kT$

[0078] 其中,k为整数; $T=0.02s$ 。

[0079]  $\Delta t_{0^\circ}$ 按如下公式确定:

[0080]  $\Delta t_{0^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000 \times T) = 0$

[0081] 同理,若第x个测量节点为B相,由于A相超前B相 $120^\circ$ ,则

[0082]  $t_x = t_0 \pm (k+1/3)T$

[0083]  $\Delta t_{120^\circ}$ 按如下公式确定:

[0084]  $\Delta t_{120^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000T) = 1/3 \times 10000T \approx 67$

[0085] 若第x个测量节点为C相,由于A相超前C相 $240^\circ$ ,则

[0086]  $t_x = t_0 \pm (k+2/3)T$

[0087]  $\Delta t_{240^\circ}$ 按如下公式确定：

[0088]  $\Delta t_{240^\circ} = (|t_x - t_0| \times 10000) \% (10000T) = 2/3 \times 10000T \approx 133$

[0089] 步骤S42:由于考虑到电网的频率误差以及测量误差,误差阈值 $\varepsilon$ 按如下公式确定:

[0090]  $\varepsilon = \varepsilon_m + \max(\varepsilon_s, \varepsilon_e) = 2\text{ms}$

[0091] 其中,电网频率波动最大误差 $\varepsilon_s = 1/49.5 - 1/50.5 = 0.0004\text{s}$ ;仪器测量精度 $\varepsilon_e = 1\text{ms}$ ;测量误差 $\varepsilon_m = 1\text{ms}$ ;测量误差是累计误差,第一个测量点和最后一个测量点的误差最大,一个测量周期内误差不允许超过 $0.5\text{ms}$ ,测量精度为 $1\text{ms}$ ,故实际最大的测量误差为 $1\text{ms}$ ;

[0092] 步骤S43:若采集的测量点已知相序是B相或C相,返回步骤S41采用同样的步骤测各节点相序信息。

[0093] 在本实施例中,一种低压电网单相线路相序识别分类装置,如图2和图3所示,包括一电压信号记录仪以及一通过无线通信方式与其相连的设置有相序分类软件的手机;所述电压信号记录仪为一个手持便携式终端,包括测量表笔、变压器单元、过零监测单元、MCU单元、供电单元、RTC单元、按键单元、显示单元、摄像头模组;所述电压信号记录仪通过测量表笔测量分支线路的电压,再通过摄像头扫描,获取测量点的地址信息,通过蓝牙通信方式与手机上的相序分类软件连接,进行数据的交互,测量的数据通过蓝牙通信自动上传到相序分类软件,在手机上自动将测量信号的相序分成四类:A相、B相、C相以及未识别相,若通过手动修改其中一相的序别,所述相序分类软件自动进行重新分类。

[0094] 在本实施例中,所述测量表笔由红色表笔与黑色表笔组成,分别接触测量 $220\text{V}$ 分支线路的L和N端,反接情况下依然有效;经测量表笔采集的 $220\text{V}$ 电压信号通过单相变压器单元转换成小电压,通过滤波后进入过零监测单元,将正弦波变换成同相位同周期的方波信号,该信号通过高速光耦隔离后进入MCU单元的外部中断引脚。

[0095] 在本实施例中,所述MCU单元由高性能的ARM单片机组成,其监测到方波信号下降沿后记录波形出现的时刻,并同步记录波形序号和所测线路的地址信息,并通过蓝牙接口上传至手机,并通过摄像头模组识别所测线路地址的条形码或二维码信息;所述RTC单元用以MCU单元提供精确的时间信息,时间精确度为 $1\text{ms}$ ,1个测量周期内误差不超过 $0.5\text{ms}$ 。

[0096] 在本实施例中,所述按键单元包括6个机械按键,包括开机按键、设置按键、检测/确认按键、清除/返回按键、上翻按键以及下翻按键;所述开机按键用于开机与关机控制;所述设置按键包括四个选项:测序启动、相序设置、蓝牙连接,地址设置;通过上翻按键、下翻按键和确认键配合进行相应的功能;测序启动选项用以开启该批次相序测试工作,仪器为这一批次的测量工作重新编码,将记录此后所有的测量数据;相序设置选项用以在测试过程中,设置某个测量线路为A、B、C任意一个相序,若已知该分支线路相序的情况下进行设置,以最后一次设置为准,并清除前面设置的相序;蓝牙连接选项用以开放蓝牙接口,和手机进行配对连接;地址设置选项用以选择地址识别、手动输入和不输入;所述检测/确认按键用以开启分支线路的检测,检测结束后根据测试结果确认是否记录或清除该次测试信息;所述清除/返回按键用以清除测试信息或从功能菜单返回;所述上翻按键与所述下翻按键用以查看测试数据或功能菜单。

[0097] 在本实施例中,所述显示单元包括一彩色液晶屏,用以显示测试信息和功能菜单,配合按键单元启动测试或查询相关信息;所述供电单元包括一 $5\text{V}$ 可充电的锂电池以及与其相连的电源转换电路,用以为系统提供 $5\text{V}$ 和 $3.3\text{V}$ 的供电电源。

[0098] 在本实施例中,所述相序分类软件包括数据读取、信息分类、相序修改以及信息传送四个功能组件;所述数据读取组件用以建立和电压信号记录仪的连接,并选择读取存储在信号记录仪上任意批次的数据信息;所述信息分类组件用以根据相序分类算法,对测量数据的相序进行自动分类;所述相序修改组件用以手动修改某一个测量点的相序,其他测量点的相序根据相序分类算法重新分类;所述信息传送组件用以将分类后的数据传送给远程数据库,进行信息二次维护。

[0099] 在本实施例中,所述电压信号记录仪与手机进行的相序分类算法包括以下步骤:

[0100] 步骤S1:启动批次相序测试:建立新的数据表,将测量点的序号归零;

[0101] 步骤S2:检测数据:根据信息设置的内容进行如下操作:选择连接地址识别,先用摄像头扫描识别待测节点的地址信息,包括电表上的表号条形码信息或二维码信息,对于无地址信息的选择跳过此操作;选择手动输入信息,手动在相序分类软件上输入信息,并将信息传入到电压信号记录仪,对于无地址信息的可以选择跳过此操作;选择不输入信息,则跳过此操作;接着判断表笔上是否有电压输入,若没有,则提示未检测到电压;若有电压输入,连续测量10周波的信号发生的时间,取信号频率最接近为50Hz的那个信号,并记录信号的序号、地址信息、下降沿发生的时刻以及信号频率,并把数据存储在内存中;通过显示屏显示记录信息;若信号的频率小于49Hz,则提醒用户是否进行记录,在用户确认记录的情况下,记录相关数据;

[0102] 完成以上步骤后再下一次检测时,数据记录序号自动加1;

[0103] 在检测过程中,随时设置任意测量节点的相序,并删除此批次测量的前面设置的相序信息,相序信息以最后一次设置的为准;

[0104] 步骤S3:测试完毕后,将该批次测量数据全部通过蓝牙通信方式上传到手机中的相序分类软件,在相序分类软件中能够再次手动修改相序信息;

[0105] 步骤S4:手机进行相序分类,具体包括以下步骤:

[0106] 步骤S41:扫描所有的测量点,提取最后一个确认相序的测量点,将其作为第0个测量点,其他测量点调整为后续节点;

[0107] 假定某确认相序的节点的相序为m相,其中m=A、B、C,信号发生时刻为 $T_0$ ;

[0108] 步骤S42:提取一个测量点,该节点信号发生时刻为 $T_n$ ;判断其是否满足以下判据条件之一:

[0109] 判据一:  $(|T_n - T_i| \times 10000) \% 10000T \leq \epsilon$ , %表示求余数,下同;

[0110] 判据二:  $67 - \epsilon \leq (|T_n - T_i| \times 10000) \% 10000T \leq 67 + \epsilon$ ;

[0111] 判据三:  $133 - \epsilon \leq (|T_n - T_i| \times 10000) \% 10000T \leq 133 + \epsilon$ ;

[0112] 若满足判据一,则该测量点和第0个测量点同相;若满足判据二,则该测量点滞后第0个测量点 $120^\circ$ ;若满足判据三,则该测量点滞后第0个测量点 $240^\circ$ ;若不满足三个判据条件,则将其归类为其他,可能出现了测量误差,也可能与第0个测量点不属于同一台变压器下的测量点;

[0113] 步骤S43:判断所有节点是否确认完毕,若未完毕,跳转到步骤S42,若完毕执行步骤S44;

[0114] 步骤S44:根据判断结果,将测量节点分成四类,A相、B相、C相和其他节点,输出分析报告;

[0115] 步骤S45:逐一识别每个测量节点的相序,并进行归类,若手动修改其中一个节点的相序,根据相位滞后关系,软件按照以下关系对每个节点的相位做依次调整:将A相手动调整为B相,则原B相节点自动调整为C相,原C相节点自动调整为A相;将A相手动调整为C相,则原B相节点自动调整为A相,原C相节点自动调整为B相;将B相手动调整为A相,则原C相节点自动调整为B相,原A相节点自动调整为C相;将B相手动调整为C相,则原C相节点自动调整为A相,原A相节点自动调整为B相;将C相手动调整为A相,则原A相节点自动调整为B相,原A相节点自动调整为C相;将C相手动调整为B相,则原A相节点自动调整为C相,原B相节点自动调整为A相;归属其他节点类型属性的节点进行调整,按照步骤S44重新计算一遍。

[0116] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的涵盖范围。

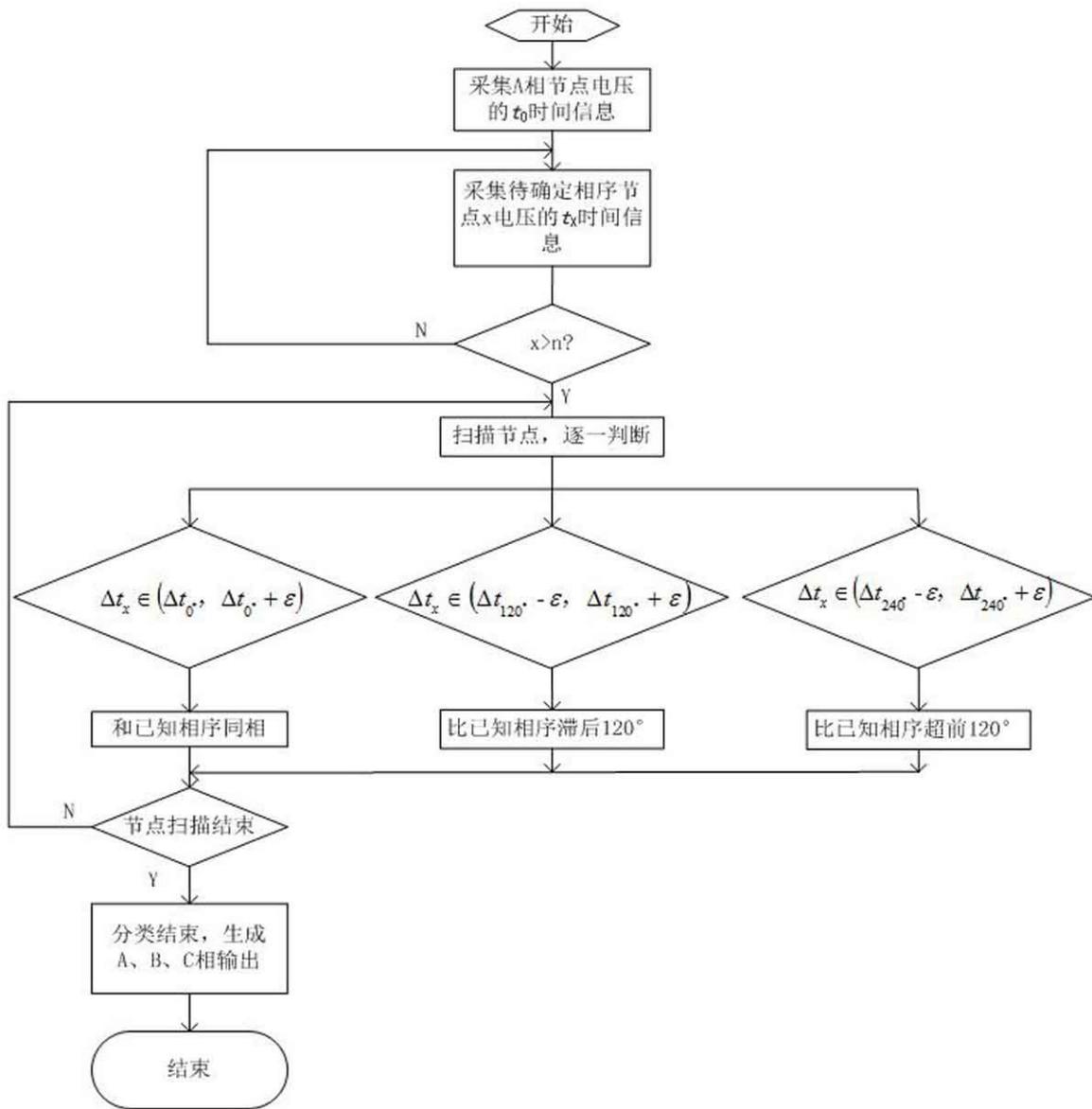


图1

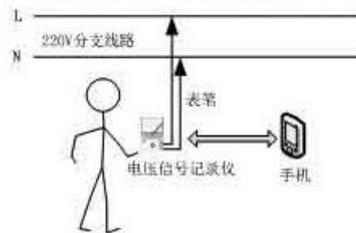


图2

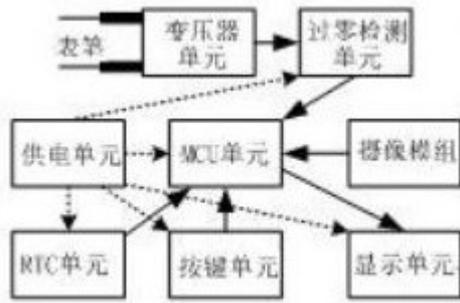


图3