



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116316712 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 09

(21) 申请号 202310364438.7

(22) 申请日 2023.04.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116316712 A

(43) 申请公布日 2023.06.23

(73) 专利权人 国网江苏省电力有限公司南通市
通州区供电分公司

地址 226399 江苏省南通市通州区银河东
路55号

专利权人 国网江苏省电力有限公司南通供
电分公司

(72) 发明人 李云鹏 范国祥 张顾峰 陈金华
韩佳 邵阳 吴犀 王泽伟
瞿渊明

(74) 专利代理机构 镇江至睿专利代理事务所
(普通合伙) 32529

专利代理师 郭雨姗

(51) Int. Cl.

H02J 3/26 (2006.01)

H02J 3/12 (2006.01)

G06F 30/20 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 108471128 A, 2018.08.31

CN 110829467 A, 2020.02.21

CN 113804966 A, 2021.12.17

CN 113949079 A, 2022.01.18

CN 115296312 A, 2022.11.04

CN 113036786 A, 2021.06.25

IN 201814023498 A, 2019.09.13

JP 2015082881 A, 2015.04.27

UA 103007 U, 2015.11.25

WO 2018064929 A1, 2018.04.12

KR 20220145582 A, 2022.10.31

邱勇, 张顾峰, 徐晓敏. 一种“电能监测终端”.《农村电气化》.2020, (第6期), 全文.

张雄星, 郝冬杰. 低信噪比激光多普勒信号相位分析算法.《西安工业大学学报》.2017, 第8卷(第37期), 全文.

Shengyuan Liu. Practical Method for Mitigating Three-Phase Unbalance Based on Data-Driven User Phase Identification.《IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS》.2020, 第35卷(第2期), 全文. (续)

审查员 卢烈

权利要求书3页 说明书9页 附图4页

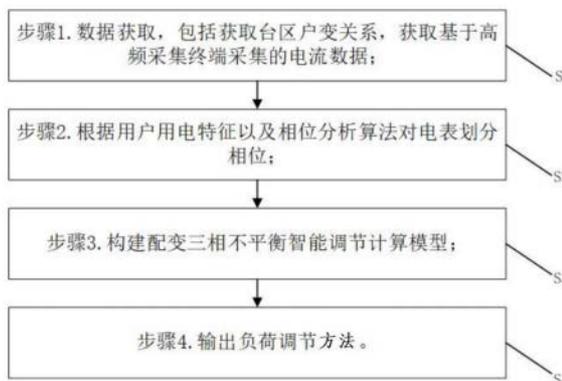
(54) 发明名称

一种基于用电特征的三相负载智能化协同
调控方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,方法步骤为:步骤1. 数据获取,包括获取台区户变关系,获取基于高频采集终端采集的电流数据;步骤2. 根据用户用电特征以及相位分析算法对电表划分相位;步骤3. 构建配变三相不平衡智能调节计算模型,包括对高频采集终端采集的电流数据计算三相平均电流,计算三相平均不平衡度,计算三相最佳调整电流值;步骤4. 输出负荷调节方法。本发明可有效改善台区三相不平衡状况,减少电表换相次

数,提高工作效率。



CN 116316712 B

[接上页]

(56) 对比文件

耿俊成;马文栋;郭志民;孙玉宝.基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理.

《智慧电力》.2018,(第9期),全文.

徐逸群.论低压配电台区三相负荷不平衡调整与治理.《数字通信世界》.2019,(第12期),全文.

1. 一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,其特征在于,包括:

步骤1. 数据获取,包括获取台区户变关系,获取基于高频采集终端采集的电流数据;

步骤2. 根据用户用电特征以及相位分析算法对电表划分相位,

所述步骤2根据用户用电特征以及相位分析算法对电表划分相位,具体包括:

步骤2.1. 提取用户电表电流和总表电流数据,首先过滤掉总表和用户电表采集失败、数据异常的数据点,然后将电流值为空的、较小的点去除,保证最终提取的电流特征样本数据的测量电流精度的可靠,另外将三相电表特殊处理成三只“单相用户电表”,最终按采集点汇集台区总表和用户电表的电流特征样本数据;

步骤2.2. 根据步骤2.1提出的电流特征样本数据,遍历采集点,计算用户电表电流和总表电流的变化幅值,提取总表A、B、C三相电流变化幅值和用户电流变化幅值大于指定区间的电流特征样本数据;

步骤2.3. 将二次提取的电流特征样本数据逐步代入相位分析算法中,基于枚举计算,可确定该用户电表的相位;

步骤3. 构建配变三相不平衡智能调节计算模型,包括对高频采集终端采集的电流数据计算三相平均电流,计算三相平均不平衡度,计算三相最佳调整电流值,计算三相最佳调整电流值的过程如下:

首先对 \bar{I}_A 、 \bar{I}_B 、 \bar{I}_C 三相电流平均值进行逆向排序,假设三者的大小关系为 $\bar{I}_A > \bar{I}_B > \bar{I}_C$,计算A、B、C三相最佳调整电流值,计算公式如下:

$$\Delta\bar{I}_A = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C) - \bar{I}_A = \frac{1}{3}(\bar{I}_B + \bar{I}_C - 2\bar{I}_A)$$

同理:

$$\Delta\bar{I}_B = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C) - \bar{I}_B = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_C - 2\bar{I}_B)$$

$$\Delta\bar{I}_C = \Delta\bar{I}_A + \Delta\bar{I}_B$$

其中, $\Delta\bar{I}_A$ 、 $\Delta\bar{I}_B$ 、 $\Delta\bar{I}_C$ 为三相可调整电流值,当可调整电流值为正数时,则相可增加相应负荷;当可调整电流值为负数时,则相可减少相应负荷;

步骤4. 输出负荷调节方法,

计算调节方法的步骤算法如下:

首先,按用户平均电流值由大到小的顺序选取电表,更新A相可调整电流 $\Delta\bar{I}_A = ABS(\Delta\bar{I}_A) - \bar{I}_j$;

然后,如果B相可调整电流 $\Delta\bar{I}_B - \bar{I}_j \geq 0$,将第j个电表改接入B相,更新调节方法结果,同理,如果C相可调整电流 $\Delta\bar{I}_C - \bar{I}_j \geq 0$,则将第j个电表改接入B相,更新调节方法结果;

最后,当A相可调整电流 $ABS(\Delta\bar{I}_A) - \bar{I}_j \leq 0$,得到各相调节方法,

其中, \bar{I}_A 、 \bar{I}_B 、 \bar{I}_C 为A、B、C三相平均电流值, I_i 为相中用户的第i个电流值, \bar{I}_j 为A相第j个用户平均电流。

2. 根据权利要求1所述的基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,其特征在于:所述步骤1数据获取,具体包括:

步骤1.1. 根据台区户变关系获得同一台区的档案数据;

步骤1.2. 获取基于高频采集终端采集的用户每日电流曲线数据、台区总表的每日电流曲线数据。

3. 根据权利要求1所述的基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,其特征在於:所述步骤2.3的计算过程如下:

根据台区总表及各用户电表的电流测量精度误差足够小,高频采集数据的同步性可达到高度同步,则台区总表的某相电流与各用户的负荷电流之间的关系如公式:

$$I_z = \sum_{n=1}^M I_n + I_x; n = 1,2,3 \dots M$$

其中, I_z 表示台区总表某相总电流, I_n 表示该相线路上某用户的负荷电流, M 表示该相线路上用户总数, I_x 表示该相线路上未知线损负荷电流;

同理,台区总表的某相电流与各用户的负荷电流之间任意两个时刻的电流差值关系,如公式:

$$\Delta I_z = \Delta I_1 + \Delta I_2 + \dots + \Delta I_M$$

结合台区电流的纵向传导特性,若某用户电表归属此台区,则当其电流发生变化值,那么台区总表的电流必然发生变化,当用户电表为单相表时,电流变化的特征必将体现在台区总表的某分相电流的变化曲线上,则台区总表三相电流与所有用户电表的电流必然存在对应关系,如公式:

$$\begin{cases} \Delta I_{zA} = (PHA_1 = A?)\Delta I_1 + (PHA_2 = A?)\Delta I_2 + \dots + (PHA_M = A?)\Delta I_M \\ \Delta I_{zB} = (PHB_1 = B?)\Delta I_1 + (PHB_2 = B?)\Delta I_2 + \dots + (PHB_M = B?)\Delta I_M \\ \Delta I_{zC} = (PHC_1 = C?)\Delta I_1 + (PHC_2 = C?)\Delta I_2 + \dots + (PHC_M = C?)\Delta I_M \end{cases}$$

其中,当“()”中的等式成立时,该用户的电流参与计算;

当该配变下,在某一采集时刻,出现多个用户的负荷产生变化时,可基于以上公式进行枚举计算,当枚举计算式中A、B、C三相等式全部成立时,可标定为有效相序组合方式,将所有变化的用户负荷全部枚举计算结束后,每个用户电表可得到归属相位的有效组合次数,当某个用户电表仅有唯一相位结果时,可确定该用户电表的相位。

4. 根据权利要求1所述的基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,其特征在於:所述步骤3构建配变三相不平衡智能调节计算模型,包括:

步骤3.1. 根据用户所在相位,以及高频采集终端采集的用户每日电流曲线数据,计算三相平均电流,计算公式如下:

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}; i = 1,2,3 \dots n;$$

步骤3.2. 根据三相平均电流值,计算三相平均不平衡度;

步骤3.3. 判断三相平均不平衡度大于25%,如果当大于25%时,进入下一步;当小于等于25%时,进入步骤3.4;

步骤3.4. 计算三相最佳调整电流值。

5. 根据权利要求4所述的基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,其特征在於:所述步骤3.2中计算三相平均不平衡度的计算公式如下:

$$\bar{I} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max}} * 100\%$$

其中, \bar{I} 为三相平均不平衡度, I_{max} 为A、B、C三相平均电流的最大电流, I_{min} 为A、B、C三相

平均电流的最小电流。

6. 根据权利要求4所述的基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,其特征在於:所述步骤4输出负荷调节方法,具体步骤包括:

步骤4.1. 判断A、B、C三相的可调整电流值是否负,假设A的调整电流值为负,计算A相中的每个用户平均电流;

步骤4.2. 计算调节方法;

步骤4.3. 根据各相调节方法,进入步骤3.3判断调节后的三相平均不平衡度;

步骤4.4. 输出调节方法。

7. 根据权利要求6所述的基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,其特征在於:所述计算A相中的每个用户平均电流的计算公式为:

$$\bar{I}_j = \frac{\sum_{k=1}^m i_k}{m}; k = 1, 2, 3 \dots m$$

其中, i_k 为用户第k个电流值。

一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统配变监测领域,具体为一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法。

背景技术

[0002] 随着经济的发展和社会的进步,人们的生活水平不断提高,用电设备的种类和数量越来越多,每个设备的用电负荷特性不同,居民的用电习惯也发生变化,这些都可能引起配变三相不平衡。造成配网三相不平衡的主要原因有:低压接线随意性大,现场只能根据经验尽量做到三相均衡;单相用户容量增量不可控,大容量的新设备接入,容易引起负荷变化,加剧三相不平衡;负荷季节性变化,在寒冷的冬季、炎热的夏季,会有季节性和周期性的用电高峰,容易引起台区三相负荷不平衡。配变三相不平衡会增加变压器的损耗,降低变压器利用率,影响变压器的寿命和供电质量。

[0003] 用电信息采集系统每天高频采集的低压台区三相电流曲线,分析台区的三相不平衡度,对连续1小时以上,三相不平衡度大于25%且负载率大于60%的台区,标记为三相不平衡台区。针对三相不平衡台区,现场运维人员只能根据经验做尝试调整,无法预估调整效果,现场运维工作反复、盲目性大、工作效率低。针对当前非三相不平衡台区,在未来用电高峰期,有可能扩大台区的三相不平衡度,没有有效的预防手段。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足,提供一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,包括:

[0005] 步骤1.数据获取,包括获取台区户变关系,获取基于高频采集终端采集的电流数据;

[0006] 步骤2.根据用户用电特征以及相位分析算法对电表划分相位;

[0007] 步骤3.构建配变三相不平衡智能调节计算模型,包括对高频采集终端采集的电流数据计算三相平均电流,计算三相平均不平衡度,计算三相最佳调整电流值;

[0008] 步骤4.输出负荷调节方法。基于用电采集系统获取台区户变关系档案信息、高频采集终端采集的用户电流曲线数据、台区总表电流曲线数据;再根据用户用电特征以及相位分析算法对未知相位的电表划分相位;然后计算三相平均电流,使用负荷调节计算模型计算最佳调整电流值,根据三相的调整电流值对电表进行改接,减少电表换相次数,提高工作效率,并有效降低三相负荷不平衡度。

[0009] 优选的,所述步骤1数据获取,具体包括:

[0010] 步骤1.1.根据台区户变关系获得同一台区的档案数据;

[0011] 步骤1.2.获取基于高频采集终端采集的用户每日电流曲线数据、台区总表的每日电流曲线数据。

[0012] 优选的,所述步骤2根据用户用电特征以及相位分析算法对电表划分相位,具体包

括：

[0013] 步骤2.1.提取用户电表电流和总表电流数据,首先过滤掉总表和用户电表采集失败、数据异常的数据点,然后将电流值为空的、较小的点去除,保证最终提取的电流特征样本数据的测量电流精度的可靠,另外将三相电表特殊处理成三只“单相用户电表”,最终按采集点汇集台区总表和用户电表的电流特征样本数据;

[0014] 步骤2.2.根据步骤2.1提出的电流特征样本数据,遍历采集点,计算用户电表电流和总表电流的变化幅值,提取总表A、B、C三相电流变化幅值和用户电流变化幅值大于指定区间的电流特征样本数据;

[0015] 步骤2.3.将二次提取的电流特征样本数据逐步代入相位分析算法中,基于枚举计算,可确定该用户电表的相位。

[0016] 优选的,所述步骤2.3的计算过程如下:

[0017] 根据台区总表及各用户电表的电流测量精度误差足够小,高频采集数据的同步性可达到高度同步,则台区总表的某相电流与各用户的负荷电流之间的关系如公式:

$$[0018] \quad I_z = \sum_{n=1}^M I_n + I_x; \quad n = 1, 2, 3 \dots M$$

[0019] 其中, I_z 表示台区总表某相总电流, I_n 表示该相线路上某用户的负荷电流, M 表示该相线路上用户总数, I_x 表示该相线路上未知线损负荷电流;

[0020] 同理,台区总表的某相电流与各用户的负荷电流之间任意两个时刻的电流差值关系,如公式:

$$[0021] \quad \Delta I_z = \Delta I_1 + \Delta I_2 + \dots + \Delta I_M$$

[0022] 结合台区电流的纵向传导特性,若某用户电表归属此台区,则当其电流发生变化值,那么台区总表的电流必然发生变化,当用户电表为单相表时,电流变化的特征必将体现在台区总表的某分相电流的变化曲线上,则台区总表三相电流与所有用户电表的电流必然存在对应关系,如公式:

$$[0023] \quad \begin{cases} \Delta I_{zA} = (PHA_1 = A?)\Delta I_1 + (PHA_2 = A?)\Delta I_2 + \dots + (PHA_M = A?)\Delta I_M \\ \Delta I_{zB} = (PHB_1 = B?)\Delta I_1 + (PHB_2 = B?)\Delta I_2 + \dots + (PHB_M = B?)\Delta I_M \\ \Delta I_{zC} = (PHC_1 = C?)\Delta I_1 + (PHC_2 = C?)\Delta I_2 + \dots + (PHC_M = C?)\Delta I_M \end{cases}$$

[0024] 其中,当“()”中的等式成立时,该用户的电流参与计算;

[0025] 当该配变下,在某一采集时刻,出现多个用户的负荷产生变化时,可基于以上公式进行枚举计算,当枚举计算式中A、B、C三相等式全部成立时,可标定为有效相序组合方式,将所有变化的用户负荷全部枚举计算结束后,每个用户电表可得到归属相位的有效组合次数,当某个用户电表仅有唯一相位结果时,可确定该用户电表的相位。

[0026] 优选的,所述步骤3构建配变三相不平衡智能调节计算模型,包括:

[0027] 步骤3.1.根据用户所在相位,以及高频采集终端采集的用户每日电流曲线数据,计算三相平均电流,计算公式如下:

$$[0028] \quad \bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}; \quad i = 1, 2, 3 \dots n$$

[0029] 其中, \bar{I}_A 、 \bar{I}_B 、 \bar{I}_C 为A、B、C三相平均电流值, I_i 为相中用户的第*i*个电流值;

[0030] 步骤3.2.根据三相平均电流值,计算三相平均不平衡度;

[0031] 步骤3.3.判断三相平均不平衡度大于25%,如果当大于25%时,进入下一步;当小

于等于25%时,进入步骤3.4;

[0032] 步骤3.4.计算三相最佳调整电流值。

[0033] 优选的,所述计算三相平均不平衡度的计算公式如下:

$$[0034] \quad \bar{T} = \frac{\bar{I}_{max} - \bar{I}_{min}}{\bar{I}_{max}} * 100\%$$

[0035] 其中, \bar{T} 为三相平均不平衡度, \bar{I}_{max} 为A、B、C三相平均电流的最大电流、 \bar{I}_{min} 为A、B、C三相平均电流的最小电流。

[0036] 优选的,所述步骤3.4的计算过程如下:

[0037] 首先对 \bar{I}_A 、 \bar{I}_B 、 \bar{I}_C 三相电流平均值进行逆向排序,假设三者的大小关系为 $\bar{I}_A > \bar{I}_B > \bar{I}_C$,计算A、B、C三相最佳调整电流值,计算公式如下:

$$[0038] \quad \Delta\bar{I}_A = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C) - \bar{I}_A = \frac{1}{3}(\bar{I}_B + \bar{I}_C - 2\bar{I}_A)$$

[0039] 同理:

$$[0040] \quad \Delta\bar{I}_B = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C) - \bar{I}_B = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_C - 2\bar{I}_B)$$

$$[0041] \quad \Delta\bar{I}_C = \Delta\bar{I}_A + \Delta\bar{I}_B$$

[0042] 其中, $\Delta\bar{I}_A$ 、 $\Delta\bar{I}_B$ 、 $\Delta\bar{I}_C$ 为三相可调整电流值,当可调整电流值为正数时,则相可增加相应负荷;当可调整电流值为负数时,则相可减少相应负荷。

[0043] 优选的,所述步骤4输出负荷调节方法,具体步骤包括:

[0044] 步骤4.1.判断A、B、C三相的可调整电流值是否负,假设A的调整电流值为负,计算A相中的每个用户平均电流;

[0045] 步骤4.2.计算调节方法;

[0046] 步骤4.3.根据各相调节方法,进入步骤3.3判断调节后的三相平均不平衡度;

[0047] 步骤4.4.输出调节方法。

[0048] 优选的,所述计算A相中的每个用户平均电流的计算公式为:

$$[0049] \quad \bar{I}_j = \frac{\sum_{k=1}^m i_k}{m}; k = 1, 2, 3 \dots m$$

[0050] 其中, \bar{I}_j 为A相第j个用户平均电流, i_k 为用户第k个电流值。

[0051] 优选的,所述步骤4.2.计算调节方法的步骤算法如下:

[0052] (1) 按用户平均电流值由大到小的顺序选取电表,更新A相可调整电流 $\Delta\bar{I}_A = ABS(\Delta\bar{I}_A) - \bar{I}_j$;

[0053] (2) 如果B相可调整电流 $\Delta\bar{I}_B - \bar{I}_j \geq 0$,将第j个电表改接入B相,更新调节方法结果,同理,如果C相可调整电流 $\Delta\bar{I}_C - \bar{I}_j \geq 0$,则将第j个电表改接入B相,更新调节方法结果;

[0054] (3) 当A相可调整电流 $ABS(\Delta\bar{I}_A) - \bar{I}_j \leq 0$,得到各相调节方法。

[0055] 本发明提供了一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,与现有技术相比,本发明所达到的有益效果:

[0056] 本发明基于用电采集系统获取台区户变关系档案信息、高频采集终端采集的用户电流曲线数据、台区总表电流曲线数据;再根据用户用电特征以及相位分析算法对未知相

位的电表划分相位;然后计算三相平均电流,使用负荷调节计算模型计算最佳调整电流值,根据三相的调整电流值对电表进行改接,减少电表换相次数,提高工作效率,并有效降低三相负荷不平衡度。

附图说明

[0057] 图1是本发明一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法的实现步骤示意图。

[0058] 图2是本发明一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法的实现流程示意图。

[0059] 图3是本发明一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法的实现原理示意图;

[0060] 图4是本发明实施例中台区0690100009992在2023年2月19日户表三相汇总电流变化曲线图;

[0061] 图5是本发明实施例中台区0690100009992负荷改接后户表三相汇总电流变化曲线图。

具体实施方式

[0062] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0063] 结合附图1和附图2对本发明的技术方案进行详细说明,一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法包括以下具体步骤:

[0064] 步骤1数据获取,具体包括:

[0065] 步骤1.1.根据台区户变关系获得同一台区的档案数据;

[0066] 步骤1.2.获取基于高频采集终端采集的用户每日电流曲线数据、台区总表的每日电流曲线数据。

[0067] 步骤2根据用户用电特征以及相位分析算法对电表划分相位,具体包括:

[0068] 步骤2.1.提取用户电表电流和总表电流数据,首先过滤掉总表和用户电表采集失败、数据异常的数据点,然后将电流值为空的、较小的点去除,保证最终提取的电流特征样本数据的测量电流精度的可靠性,另外将三相电表特殊处理成三只“单相用户电表”,最终按采集点汇集台区总表和用户电表的电流特征样本数据;

[0069] 步骤2.2.根据步骤2.1提出的电流特征样本数据,遍历采集点,计算用户电表电流和总表电流的变化幅值,提取总表A、B、C三相电流变化幅值和用户电流变化幅值大于指定区间的电流特征样本数据;

[0070] 步骤2.3.将二次提取的电流特征样本数据逐步代入相位分析算法中,基于枚举计算,可确定该用户电表的相位,计算过程如下:

[0071] 根据台区总表及各用户电表的电流测量精度误差足够小,高频采集数据的同步性可达到高度同步,则台区总表的某相电流与各用户的负荷电流之间的关系如公式:

[0072]
$$I_z = \sum_{n=1}^M I_n + I_x; n = 1,2,3 \dots M$$

[0073] 其中, I_z 表示台区总表某相总电流, I_n 表示该相线路上某用户的负荷电流, M 表示该相线路上用户总数, I_x 表示该相线路上未知线损负荷电流;

[0074] 同理, 台区总表的某相电流与各用户的负荷电流之间任意两个时刻的电流差值关系, 如公式:

$$[0075] \quad \Delta I_z = \Delta I_1 + \Delta I_2 + \dots + \Delta I_M$$

[0076] 结合台区电流的纵向传导特性, 若某用户电表归属此台区, 则当其电流发生变化值, 那么台区总表的电流必然发生变化, 当用户电表为单相表时, 电流变化的特征必将体现在台区总表的某分相电流的变化曲线上, 则台区总表三相电流与所有用户电表的电流必然存在对应关系, 如公式:

$$[0077] \quad \begin{cases} \Delta I_{zA} = (PHA_1 = A?)\Delta I_1 + (PHA_2 = A?)\Delta I_2 + \dots + (PHA_M = A?)\Delta I_M \\ \Delta I_{zB} = (PHB_1 = B?)\Delta I_1 + (PHB_2 = B?)\Delta I_2 + \dots + (PHB_M = B?)\Delta I_M \\ \Delta I_{zC} = (PHC_1 = C?)\Delta I_1 + (PHC_2 = C?)\Delta I_2 + \dots + (PHC_M = C?)\Delta I_M \end{cases}$$

[0078] 其中, 当“()”中的等式成立时, 该用户的电流参与计算;

[0079] 当该配变下, 在某一采集时刻, 出现多个用户的负荷产生变化时, 可基于以上公式进行枚举计算, 当枚举计算式中A、B、C三相等式全部成立时, 可标定为有效相序组合方式, 将所有变化的用户负荷全部枚举计算结束后, 每个用户电表可得到归属相位的有效组合次数, 当某个用户电表仅有唯一相位结果时, 可确定该用户电表的相位。

[0080] 步骤3构建配变三相不平衡智能调节计算模型, 包括:

[0081] 步骤3.1. 根据用户所在相位, 以及高频采集终端采集的用户每日电流曲线数据, 计算三相平均电流, 计算公式如下:

$$[0082] \quad \bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}; i = 1, 2, 3 \dots n$$

[0083] 其中, \bar{I}_A 、 \bar{I}_B 、 \bar{I}_C 为A、B、C三相平均电流值, I_i 为相中用户的第i个电流值;

[0084] 步骤3.2. 根据三相平均电流值, 计算三相平均不平衡度, 计算公式如下:

$$[0085] \quad \bar{T} = \frac{\bar{I}_{max} - \bar{I}_{min}}{\bar{I}_{max}} * 100\%$$

[0086] 其中, \bar{T} 为三相平均不平衡度, \bar{I}_{max} 为A、B、C三相平均电流的最大电流, \bar{I}_{min} 为A、B、C三相平均电流的最小电流;

[0087] 步骤3.3. 判断三相平均不平衡度大于25%, 如果当大于25%时, 进入下一步; 当小于等于25%时, 进入步骤3.4;

[0088] 步骤3.4. 计算三相最佳调整电流值, 计算过程如下:

[0089] 首先对 \bar{I}_A 、 \bar{I}_B 、 \bar{I}_C 三相电流平均值进行逆向排序, 假设三者的大小关系为 $\bar{I}_A > \bar{I}_B > \bar{I}_C$, 计算A、B、C三相最佳调整电流值, 计算公式如下:

$$[0090] \quad \Delta \bar{I}_A = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C) - \bar{I}_A = \frac{1}{3}(\bar{I}_B + \bar{I}_C - 2\bar{I}_A)$$

[0091] 同理:

$$[0092] \quad \Delta \bar{I}_B = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C) - \bar{I}_B = \frac{1}{3}(\bar{I}_A + \bar{I}_C - 2\bar{I}_B)$$

$$[0093] \quad \Delta \bar{I}_C = \Delta \bar{I}_A + \Delta \bar{I}_B$$

[0094] 其中, $\Delta \bar{I}_A$ 、 $\Delta \bar{I}_B$ 、 $\Delta \bar{I}_C$ 为三相可调整电流值, 当可调整电流值为正数时, 则相可增加

相应负荷;当可调整电流值为负数时,则相可减少相应负荷。

[0095] 步骤4输出负荷调节方法,具体步骤包括:

[0096] 步骤4.1.判断A、B、C三相的可调整电流值是否负,假设A的调整电流值为负,计算A相中的每个用户平均电流,计算公式为:

$$[0097] \quad \bar{I}_j = \frac{\sum_{k=1}^m i_k}{m}; k = 1, 2, 3 \dots m$$

[0098] 其中, \bar{I}_j 为A相第j个用户平均电流, i_k 为用户第k个电流值;

[0099] 步骤4.2.计算调节方法,步骤算法如下:

[0100] (1)按用户平均电流值由大到小的顺序选取电表,更新A相可调整电流 $\Delta \bar{I}_A = ABS(\Delta \bar{I}_A) - \bar{I}_j$;

[0101] (2)如果B相可调整电流 $\Delta \bar{I}_B - \bar{I}_j \geq 0$,将第j个电表改接入B相,更新调节方法结果,同理,如果C相可调整电流 $\Delta \bar{I}_C - \bar{I}_j \geq 0$,则将第j个电表改接入B相,更新调节方法结果;

[0102] (3)当A相可调整电流 $ABS(\Delta \bar{I}_A) - \bar{I}_j \leq 0$,得到各相调节方法;

[0103] 步骤4.3.根据各相调节方法,进入步骤3.3判断调节后的三相平均不平衡度;

[0104] 步骤4.4.输出调节方法。

[0105] 结合附图3,给出了一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法的实现原理,其中判断台区总表线路三相接入负载不平衡,并经过一种基于用电特征的三相负载智能化协同调控方法,根据输出的调节方法对电表进行改接,达到三相负载均衡。

[0106] 应用实例如下:

[0107] 以台区0690100009992为例,该台区下共有66块户表。利用用电信息采集系统中的HPLC台区相位识别功能对该台区进行了分析,已经得出了完整的相位识别结果,其中A相负荷16个,B相负荷32个,C相负荷14个,同时有4个三相负荷。该台区各电表相位识别的具体结果详见表1.3-1。

[0108] 表1.3-1台区0690100009992相位识别结果

[0109]

台区编号	电表资产号	总分表标志	接线方式	相位标志
0690100009992	0538328701	总表	三相四线	三相
0690100009992	1537753695	分表	单相	A相
0690100009992	1557491063	分表	单相	A相
0690100009992	1557483497	分表	单相	A相
0690100009992	1563222406	分表	单相	A相
0690100009992	1563223913	分表	单相	A相
0690100009992	1535000730	分表	单相	A相
0690100009992	15632220213	分表	单相	A相
0690100009992	1537160399	分表	三相四线	A相
0690100009992	1557520343	分表	单相	A相
0690100009992	1563214066	分表	单相	A相
0690100009992	1563214958	分表	单相	A相
0690100009992	1554666280	分表	单相	A相
0690100009992	1562109461	分表	单相	A相
0690100009992	1557521611	分表	单相	A相
0690100009992	1528306878	分表	单相	A相
0690100009992	1538821532	分表	三相四线	A相
0690100009992	1541664108	分表	三相四线	B相
0690100009992	1561291484	分表	单相	B相
0690100009992	1563228084	分表	单相	B相
0690100009992	1554676341	分表	单相	B相
0690100009992	1558387848	分表	三相四线	B相
0690100009992	1543540410	分表	单相	B相
0690100009992	1563227651	分表	单相	B相
0690100009992	1563215696	分表	单相	B相
0690100009992	1563228245	分表	单相	B相
0690100009992	1563224750	分表	单相	B相
0690100009992	1558865401	分表	三相四线	B相
0690100009992	1563222659	分表	单相	B相
0690100009992	1564236950	分表	单相	B相
0690100009992	1557500137	分表	单相	B相
0690100009992	1557508614	分表	单相	B相
0690100009992	1543082903	分表	单相	B相
0690100009992	1557486813	分表	单相	B相
0690100009992	1557485913	分表	单相	B相
0690100009992	1557487463	分表	单相	B相
0690100009992	1530014818	分表	三相四线	B相
0690100009992	1538895377	分表	三相四线	B相
0690100009992	1551038881	分表	单相	B相
0690100009992	1557488734	分表	单相	B相

	0690100009992	1501737449	分表	三相四线	B相
	0690100009992	1557521089	分表	单相	B相
	0690100009992	1558665592	分表	三相四线	B相
	0690100009992	1563220549	分表	单相	B相
	0690100009992	1557521354	分表	单相	B相
	0690100009992	1553505578	分表	三相四线	B相
	0690100009992	1563229566	分表	单相	B相
	0690100009992	1560602538	分表	单相	B相
	0690100009992	1563216025	分表	单相	B相
	0690100009992	1557508310	分表	单相	C相
	0690100009992	1557487917	分表	单相	C相
	0690100009992	1563226703	分表	单相	C相
	0690100009992	1516421206	分表	三相四线	C相
[0110]	0690100009992	1544236854	分表	单相	C相
	0690100009992	1529092328	分表	三相四线	C相
	0690100009992	1561182573	分表	单相	C相
	0690100009992	1516196365	分表	三相四线	C相
	0690100009992	1546163205	分表	单相	C相
	0690100009992	1557502922	分表	单相	C相
	0690100009992	1537917271	分表	单相	C相
	0690100009992	1558646059	分表	三相四线	C相
	0690100009992	1563213940	分表	单相	C相
	0690100009992	1516194947	分表	三相四线	C相
	0690100009992	1551733610	分表	三相四线	三相
	0690100009992	1551700376	分表	三相四线	三相
	0690100009992	1553502409	分表	三相四线	三相
	0690100009992	1551733721	分表	三相四线	三相

[0111] 通过上图可以发现,部分三相表的相位识别结果为单相,这表明这些分析结果并非完全准确。为了解决这些问题,可手动录入电表的相位情况进行修正。

[0112] 根据上述电表相位划分结果以及该台区在2023年2月19日的用户电流曲线数据,计算了该台区的三相平均电流和不平衡度,同时图4展示了三相电流的变化趋势。

[0113] 针对该台区,使用基于用电特征的三相负载智能化系统调控策略进行分析,并输出了相应的负荷调整策略。具体的负荷调整策略详见表1.3-2。

[0114] 表1.3-2负荷调节策略

相别	A	B	C
平均电流 \bar{I} / A	24.03	104.56	20.36
调整电流 $\Delta\bar{I}$ / A	25.62	-54.91	29.29

[0117] 根据表1.3-2的计算结果,建议将B相负荷分别调整至A相和C相,以达到三相负荷平衡的效果,具体实施步骤如下:

[0118] 首先从B相负荷中选择平均电流最接近25.62A的负荷(可为单个或多个负荷),将其改接至A相;接着从B相负荷中剔除已经改接至A相的负荷,再从剩下的B相负荷中选择平均电流最接近29.29A的负荷(可以是单个或多个负荷),将其改接至C相。具体的负荷调整情况详见表1.3-3。调整后的负荷曲线请参见图5。

[0119] 表1.3-3具体的负荷调整情况

负荷点	平均电流/A	调整相位
1558865401	0.86	B
1558865401	2.3	B
1501737449	2.52	B
1501737449	2.44	B
1553505578	0.12	A
1553505578	0.12	A
1541664108	1.09	B
1538895377	14.2	C
1538895377	17.65	C
1557487463	4.57	B
1563222659	2.94	B
1560602538	0.89	B
1563228084	1.69	B
1563227651	5.11	B
1563228245	1.74	B
1557486813	1.98	B
1563215696	0.07	A
1563216025	1.94	C
1557500137	0.25	A
1557485913	2.42	B
1563220549	4.22	B
1557508614	1.43	B
1557521354	1.24	B
1563229566	2.45	B
1564236950	1.26	B
1561291484	25.01	A
1558665592	3.94	B

[0120]

[0121] 为了验证调整效果,重新计算了改接后的平均三相不平衡度,具体结果详见表 1.3-4。

[0122] 表2.3-4改接前后三相不平衡度对比

改接前后	最大三相不平衡度%	平均三相不平衡度%
改接前	97.19	80.53
改接后	88.76	0.87
降幅/%	8.7	98.9

[0123]

[0124] 从上表可以明显看出,改接后该台区的平均不平衡度有了明显下降。改接前,该台区的平均不平衡度高达80.53%;而改接后,平均不平衡度下降至仅为0.87%,这说明负荷改接方案的有效性,也为今后的类似问题提供了可行的解决方案。

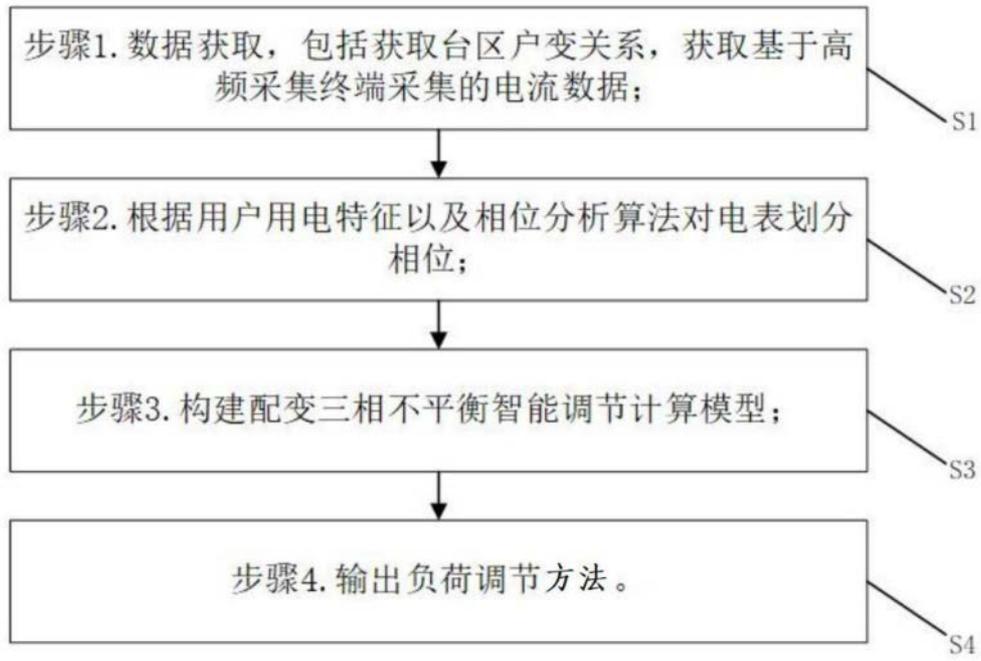


图1

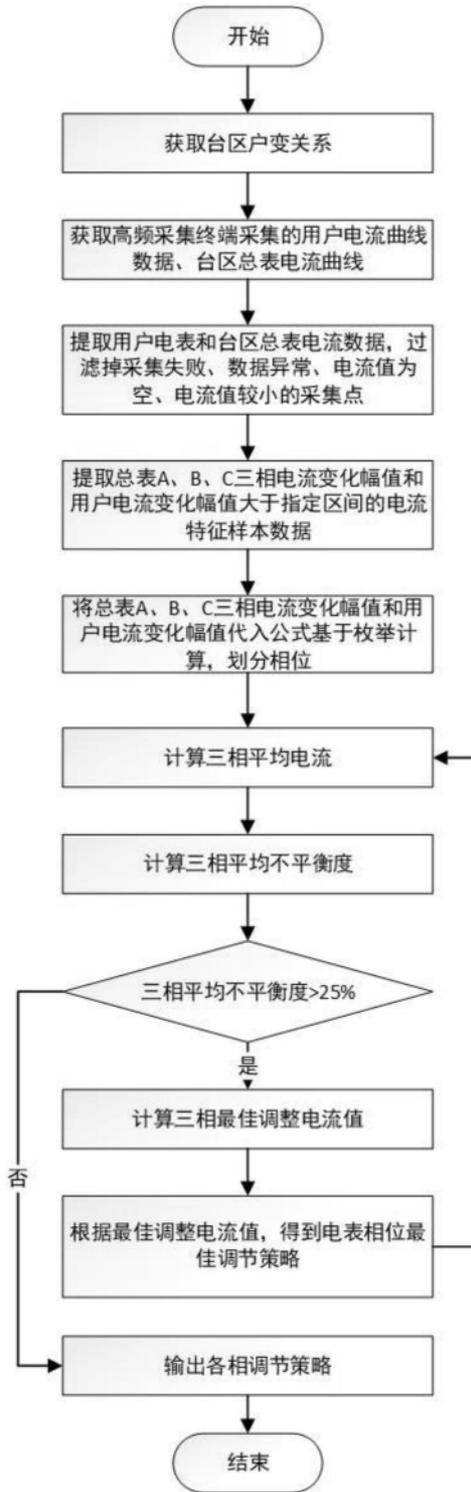


图2

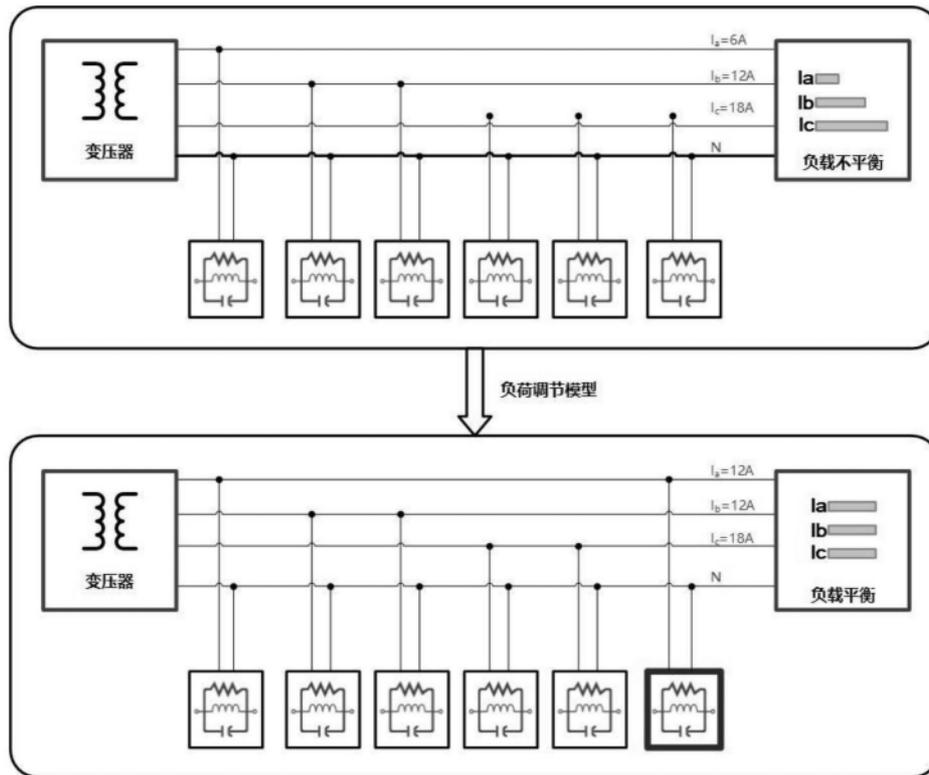


图3

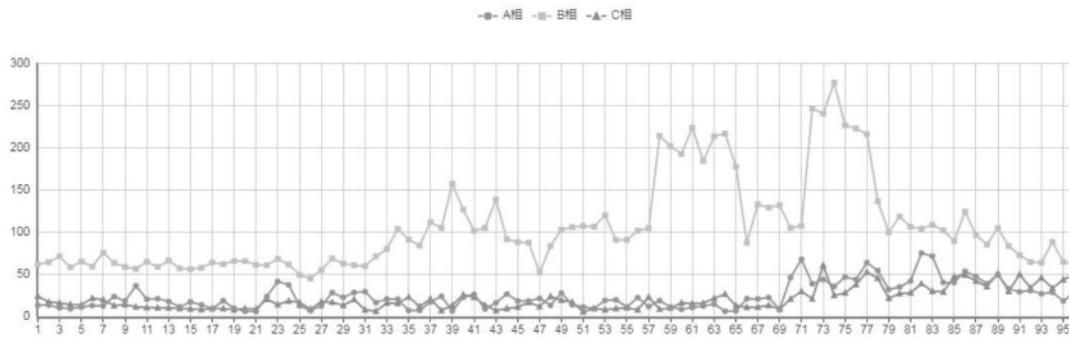


图4

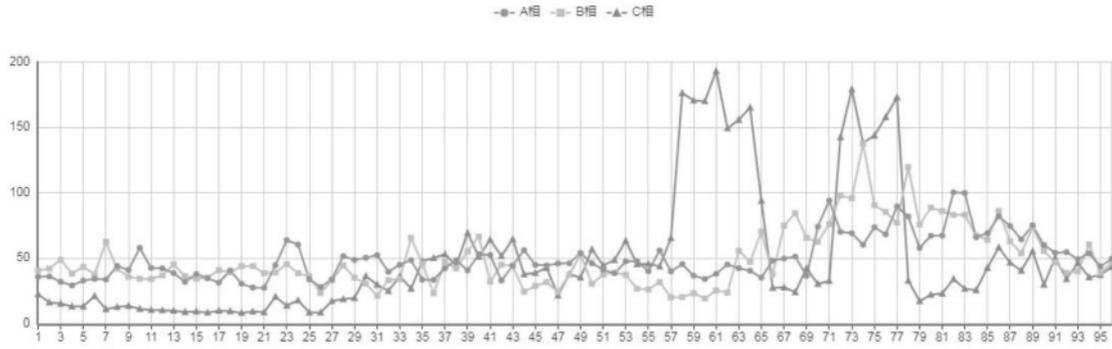


图5