



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108776869 A

(43)申请公布日 2018.11.09

(21)申请号 201810577646.4

(22)申请日 2018.06.07

(71)申请人 国网河南省电力公司电力科学研究院

地址 450000 河南省郑州市二七区嵩山路85号

申请人 国家电网公司

(72)发明人 耿俊成 李文启 文耀宽 马文栋 郭志民 张小斐 袁少光

(74)专利代理机构 北京金阙华进专利事务所 (普通合伙) 11224

代理人 吴鸿维

(51) Int. Cl.

G06Q 10/06(2012.01)

G06Q 50/06(2012.01)

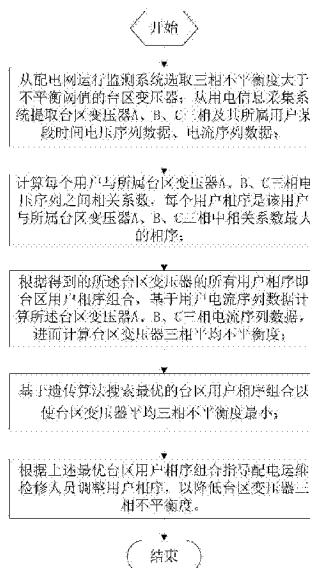
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法

(57)摘要

一种基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法。首先,从用电信息采集系统提取台区变压器及其所属用户智能电表电压序列数据、电流量序列数据;接着,计算每个用户与台区变压器A、B、C三相电压序列数据之间相关系数,识别每个用户的相序;然后,基于遗传算法搜寻一种最优的台区用户相序组合以使该台区变压器三相不平衡度最小。配电运维检修人员可以根据上述最优的台区用户相序组合精准地调整用户相序以降低台区变压器三相不平衡度,有效解决了单依靠人工经验调整用户相序效果差、工作效率低、成本高问题。



1. 一种基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

步骤1:从配电网运行监测系统选取三相不平衡度大于不平衡阈值的台区变压器;从用电信息采集系统提取台区变压器A、B、C三相及其所属用户某段时间电压序列数据、电流序列数据;

步骤2:计算每个用户与所属台区变压器A、B、C三相电压序列之间相关系数,每个用户相序是该用户与所属台区变压器A、B、C三相中相关系数最大的相序;

步骤3:根据步骤2得到的所述台区变压器的所有用户相序即台区用户相序组合,基于用户电流序列数据计算所述台区变压器A、B、C三相电流序列数据,进而计算台区变压器三相平均不平衡度;

步骤4:搜索最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小;

步骤5:配电运维检修人员根据上述最优的台区用户相序组合调整用户相序,以降低台区变压器三相不平衡度。

2. 根据权利要求1所述的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于:

在所述步骤1中,不平衡阈值取值为30%。

3. 根据权利要求1所述的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于:

在所述步骤3中,根据台区用户相序组合,基于用户电流序列数据计算台区变压器A、B、C三相电流序列数据,进而计算台区变压器三相平均不平衡度,包括:

步骤31:假设A相用户集合 $U_A = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_l\}$,其中用户 u_i 电流序列为 $I_i = \{i_{i1}, i_{i2}, \dots, i_{ij}, \dots, i_{im}\}$,通过A相所有用户电流序列求和得出A相电流序列为:

$$I_A = \{i_{A1}, i_{A2}, \dots, i_{Aj}, \dots, i_{Am}\} = \left\{ \sum_{i=1}^l i_{i1}, \sum_{i=1}^l i_{i2}, \dots, \sum_{i=1}^l i_{ij}, \dots, \sum_{i=1}^l i_{im} \right\} \quad (1)$$

其中, l 为A相用户数量, i 为用户序号, $1 \leq i \leq l$, m 为该段时间包含时间点数量;

步骤32:参照步骤31计算B相电流序列 $I_B = \{i_{B1}, i_{B2}, \dots, i_{Bj}, \dots, i_{Bm}\}$ 、C相电流序列 $I_C = \{i_{C1}, i_{C2}, \dots, i_{Cj}, \dots, i_{Cm}\}$;

步骤33:按照下式计算所述台区变压器每个时间点的三相不平衡度:

$$UB_j = \frac{\max(i_{Aj}, i_{Bj}, i_{Cj}) - \min(i_{Aj}, i_{Bj}, i_{Cj})}{\max(i_{Aj}, i_{Bj}, i_{Cj})} \quad (2)$$

其中 $1 \leq j \leq m$;

步骤34:计算该台区变压器该段时间平均三相不平衡度为:

$$UB_{均} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m B_j \quad (3)$$

4. 根据权利要求1所述的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于:

在所述步骤4中,优选采用遗传算法搜索一种最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小,具体包括:

步骤41:染色体采用A、B、C字符串编码方式,假设某台区用户集合 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n\}$,对于该台区用户相序任意一种组合,它的染色体 X_i 为:

$$X_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^i, \dots, x_i^n) = (A, C, \dots, B, \dots, C) \quad (4)$$

其中 n 为台区用户数量,第 i 个用户的相序为第 i 个字符(A、B、C三种之一);

步骤42:设置初始化种群规模 NP 、最大进化代数 $Generation$ 、交叉概率 p_c 、变异概率 p_m ;构造适应度函数 $Eval(X_i) = 1 - UB_{均}(X_i)$,其中, $UB_{均}(X_i)$ 为某种台区用户相序组合的台区变压器三相平均不平衡度;

步骤43:采用随机数方法,随机生成一个数量为 NP 的初始化种群,设置当前进化代数 $G = 0$;

步骤44:按照适应度函数计算初始化种群中每个染色体的适应度值,保存适应度值最大的染色体 $Best$;

步骤45:选择操作,采用轮盘赌选择算法选择适应度值大的染色体进入下一代群体;

步骤46:交叉操作,对于每个染色体生成一个 $(0, 1)$ 的随机数 p ,如果 p 小于交叉概率 p_c 该染色体进行交叉;每两个进行交叉的父代染色体,交换部分基因产生两个新的子代染色体,取代父代染色体进入新种群;没有进行交叉的染色体直接复制进入新种群;

步骤47:变异操作,对于交叉后的新种群中每个染色体每位基因,生成一个 $(0, 1)$ 的随机数 p ,如果 p 小于变异概率 p_m 该染色体该位基因进行变异;发生变异的基因值发生改变,变异后染色体取代原有染色体进入新种群,未发生变异的染色体直接进入新种群;

步骤48:变异后的新种群取代原有种群,根据适应度函数重新计算种群中各个染色体的适应度值,如果种群中最大适应度值大于 $Best$ 的适应度值,则以该适应度值对应的染色体替代 $Best$;

步骤49:当前进化代数 G 加1,如果 G 超过规定的最大进化代数 $Generation$,算法结束;否则,返回步骤44。

5. 根据权利要求4所述的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于:初始化种群规模 NP 优选的取值范围 $(50, 100)$ 。

6. 根据权利要求5所述的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于:最大进化代数 $Generation$ 优选的取值范围 $(50, 100)$ 。

7. 根据权利要求6所述的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于:交叉概率 p_c 优选的取值范围 $(0.6, 0.8)$ 、变异概率 p_m 优选的取值范围 $(0.05, 0.1)$ 。

8. 根据权利要求4所述的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于:

在所述步骤5中,配电运维检修人员根据步骤4得到的最优的台区用户相序组合调整用户相序,降低台区变压三相不平衡度,如果原台区用户相序组合为 $X = (A, C, \dots, B, C)$,基于遗传算法得出最优的台区用户相序组合为 $X = (A, C, \dots, C, B)$,对比每一个用户相序是否改变,如果某个用户相序改变,按照最优的台区用户相序组合中相序调整原来的相序。

基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法

技术领域

[0001] 本发明属于配电自动化技术领域,涉及台区变压器三相不平衡治理领域,尤其涉及一种基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法。

技术背景

[0002] 我国低压配电网普遍采用三相四线制接线方式,由于用户侧几乎都是单相负载,而且用电具有很强随机性,配电变压器极易出现三相不平衡。三相不平衡不仅会引起变压器可用容量减小、资产寿命缩短、线路损耗增加,而且会带来电能质量问题,降低用户满意度。目前针对三相不平衡问题,通常有几种解决方案:1)在变压器低压侧安装无功补偿装置对三相不对称负荷进行调补以降低不平衡度,但是设备投入成本大、维护成本高;2)在低压线路配置适量的低压负荷在线换相开关,自动调整用电负荷相序以实现三相负荷平均分配,但是如何根据线路拓扑结构在线路合理位置配置适量换相开关比较困难;3)依靠人工经验采用试错法离线调整用电负荷接入相序,尽量使三相负荷达到平衡状态,通常情况下效果较差。随着智能电表及用电信息采集系统推广普及,电网公司积累了海量台区变压器监测数据和用户用电数据,基于智能电表大数据分析开展台区变压器三相不平衡治理是切实可行的。

发明内容

[0003] 为了解决上述技术问题,本发明提出了一种基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法,可有效降低台区变压器三相不平衡度,有效解决了依靠人工经验调整用户相序效果差、工作效率低、成本高问题。

[0004] 本发明采用了以下技术方案:

[0005] 一种基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

[0006] 步骤1:从配电网运行监测系统选取三相不平衡度大于不平衡阈值的台区变压器;从用电信息采集系统提取台区变压器A、B、C三相及其所属用户某段时间电压序列数据、电流序列数据;

[0007] 步骤2:计算每个用户与所属台区变压器A、B、C三相电压序列之间相关系数,每个用户相序是该用户与所属台区变压器A、B、C三相中相关系数最大的相序。

[0008] 步骤3:根据步骤2得到的所述台区变压器的所有用户相序即台区用户相序组合,基于用户电流序列数据计算所述台区变压器A、B、C三相电流序列数据,进而计算台区变压器三相平均不平衡度;

[0009] 步骤4:搜索最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小;

[0010] 步骤5:配电运维检修人员根据上述最优的台区用户相序组合调整用户相序,以降低台区变压器三相不平衡度。

[0011] 本发明进一步包括以下优选方案:

[0012] 在所述步骤1中,不平衡阈值取值为30%。

[0013] 在所述步骤3中,根据台区用户相序组合,基于用户电流序列数据计算台区变压器A、B、C三相电流序列数据,进而计算台区变压器三相平均不平衡度,包括:

[0014] 步骤31:假设A相用户集合 $U_A = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_l\}$,其中用户 u_i 电流序列为 $I_i = \{i_{i1}, i_{i2}, \dots, i_{ij}, \dots, i_{im}\}$,通过A相所有用户电流序列求和得出A相电流序列为:

$$[0015] \quad I_A = \{i_{A1}, i_{A2}, \dots, i_{Aj}, \dots, i_{Am}\} = \left\{ \sum_{i=1}^l i_{i1}, \sum_{i=1}^l i_{i2}, \dots, \sum_{i=1}^l i_{ij}, \dots, \sum_{i=1}^l i_{im} \right\} \quad (1)$$

[0016] 其中, l 为A相用户数量, i 为用户序号, $1 \leq i \leq l$, m 为该段时间包含时间点数量;

[0017] 步骤32:参照步骤31计算B相电流序列 $I_B = \{i_{B1}, i_{B2}, \dots, i_{Bj}, \dots, i_{Bm}\}$ 、C相电流序列 $I_C = \{i_{C1}, i_{C2}, \dots, i_{Cj}, \dots, i_{Cm}\}$;

[0018] 步骤33:按照下式计算所述台区变压器每个时间点的三相不平衡度:

$$[0019] \quad UB_j = \frac{\max(i_{Aj}, i_{Bj}, i_{Cj}) - \min(i_{Aj}, i_{Bj}, i_{Cj})}{\max(i_{Aj}, i_{Bj}, i_{Cj})} \quad (2)$$

[0020] 其中 $1 \leq j \leq m$;

[0021] 步骤34:计算该台区变压器该段时间平均三相不平衡度为:

$$[0022] \quad UB_{均} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m B_j \quad (3)$$

[0023] 在所述步骤4中,优选采用遗传算法搜索一种最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小,具体包括:

[0024] 步骤41:染色体采用A、B、C字符串编码方式,假设某台区用户集合 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n\}$,对于该台区用户相序任意一种组合,它的染色体 X_i 为:

$$[0025] \quad X_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^i, \dots, x_i^n) = (A, C, \dots, B, \dots, C) \quad (4)$$

[0026] 其中 n 为台区用户数量,第 i 个用户的相序为第 i 个字符(A、B、C三种之一);

[0027] 步骤42:设置初始化种群规模 NP 、最大进化代数 $Generation$ 、交叉概率 p_c 、变异概率 p_m ;构造适应度函数 $Eval(X_i) = 1 - UB_{均}(X_i)$,其中, $UB_{均}(X_i)$ 为某种台区用户相序组合的台区变压器三相平均不平衡度;

[0028] 步骤43:采用随机数方法,随机生成一个数量为 NP 的初始化种群,设置当前进化代数 $G=0$;

[0029] 步骤44:按照适应度函数计算初始化种群中每个染色体的适应度值,保存适应度值最大的染色体 $Best$;

[0030] 步骤45:选择操作,采用轮盘赌选择算法选择适应度值大的染色体进入下一代群体;

[0031] 步骤46:交叉操作,对于每个染色体生成一个 $(0, 1)$ 的随机数 p ,如果 p 小于交叉概率 p_c 该染色体进行交叉;每两个进行交叉的父代染色体,交换部分基因产生两个新的子代染色体,取代父代染色体进入新种群;没有进行交叉的染色体直接复制进入新种群;

[0032] 步骤47:变异操作,对于交叉后的新种群中每个染色体每位基因,生成一个 $(0, 1)$ 的随机数 p ,如果 p 小于变异概率 p_m 该染色体该位基因进行变异;发生变异的基因值发生改变,变异后染色体取代原有染色体进入新种群,未发生变异的染色体直接进入新种群;

[0033] 步骤48:变异后的新种群取代原有种群,根据适应度函数重新计算种群中各个染色体的适应度值,如果种群中最大适应度值大于Best的适应度值,则以该适应度值对应的染色体替代Best;

[0034] 步骤49:当前进化代数G加1,如果G超过规定的最大进化代数Generation,算法结束;否则,返回步骤44。

[0035] 初始化种群规模NP优选的取值范围(50,100)、最大进化代数Generation优选的取值范围(50,100)、交叉概率 p_c 优选的取值范围(0.6,0.8)、变异概率 p_m 优选的取值范围(0.05,0.1)。

[0036] 在所述步骤5中,配电运维检修人员根据步骤4得到的最优的台区用户相序组合调整用户相序,降低台区变压三相不平衡度,如果原台区用户相序组合为 $X=(A,C,\dots,B,C)$,基于遗传算法得出最优的台区用户相序组合为 $X=(A,C,\dots,C,B)$,对比每一个用户相序是否改变,如果某个用户相序改变,按照最优的台区用户相序组合中相序调整原来的相序。

[0037] 本发明的有益效果是:

[0038] 近年来,随着智能电表和用电信息采集系统的全面推广应用,积累了海量的用户用电数据,利用这些数据开展台区变压器三相不平衡治理具有重要现实意义。本发明提出基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法,配电运维检修人员可以精准调整用户相序以降低台区变压器三相不平衡度,有效解决了单依靠人工经验调整用户相序效果差、工作效率低、成本高问题。

附图说明

[0039] 图1为某台区变压器及其用户电压曲线相似性分布图;

[0040] 图2为本发明一实施例的流程图;

[0041] 图3为某台区变压器某天96点A、B、C三相电流曲线;

[0042] 图4为某台区变压器某天96点A、B、C三相及其所属用户电压曲线;

[0043] 图5为台区变压器用户相序调整后96点A、B、C三相电流曲线。

具体实施方式

[0044] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0045] 在台区变压器三相不平衡治理过程中,首先需要识别每个用户的A、B、C三相的相序,然后根据台区变压器每相负载变化规律和每个用户负载变化规律合理地调整用户相序。在低压配电网中,由于各处用电负荷的随机性和不确定性,电压经常在波动。电气距离比较近的用电负荷,其电压曲线波动比较相似(相似度高),而电气距离比较远的用电负荷,其电压曲线波动相似度比较低。某台区变压器及其用户电压曲线相似性分布如图1所示,其中各对象之间距离代表它们电压曲线相似性的大小,距离越大两条曲线的相似性越小。对于A相某个用户U1,与台区变压器B相、C相相比,它与A相的电压曲线波动相似性更高。

[0046] 从用电信息采集系统提取台区变压器及其所属用户智能电表电压序列数据,计算

每个用户与台区变压器A、B、C三相电压序列数据之间相关系数,该用户相序是A、B、C三相中相关系数最大的相位。在确定每个用户的相序后,如何合理的调整用户相序以使台区变压器三相不平衡度最低,该问题是一个典型组合爆炸问题。假设某台区用户数量为 n ,则有 3^n 种用户相序组合,每一种用户相序组合对应一种台区变压器三相不平衡度。由于计算复杂性,通常无法遍历所有的用户相序组合以求取台区变压器三相不平衡度最小值。

[0047] 显而易见,本领域技术人员了解采用智能优化算法可以搜索最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小,常见的智能优化算法包括遗传算法、模拟退火算法、粒子群算法等。换句话说,搜索最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小,有很多可以实现的方式,无论哪种实现方法或本领域技术人员而言的基本变形方式都在本发明公开的基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法的保护范围之内。

[0048] 为了更好地介绍本发明的技术方案,本发明通过具体实施例公开了一种优选的采用遗传算法搜索最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小的方法,显然该方法是本发明的优选实施例,不是本发明公开的搜索最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小方法的根本限定。凡是现有技术中普遍采用智能优化算法均能实现本发明的基本方案,并取得基本的技术效果。

[0049] 在遗传算法中,问题的每个有效解被称为一个染色体,相对于生物种群中的个体。染色体的具体形式是一个使用特定编码方式生成的编码串。编码串中的每一个编码单元称为基因,每个基因的所有可能取值就称为等位基因。根据情况不同等位基因可以是一组数,也可以是某一范围内的实数。最简单的等位基因是0和1的符号组成的,相应的染色体可以表示为一个二进制字符串。遗传算法采用与实际问题相对应的适应度函数计算每个染色体的适应度值,适应度值越大的染色体越优秀。

[0050] 生物进化过程主要是通过染色体之间的交叉和染色体基因的变异来完成的。与此相对应,遗传算法中最优解的搜索过程正是模仿生物的这个进化过程,进行反复迭代,从第 t 代群体经过一代遗传和进化后,得到第 $t+1$ 代群体。这个群体不断地经过遗传和进化操作,并且每次都按照优胜劣汰的规则,将适应度较高的个体更多地遗传到下一代,这样最终在种群中将会得到一个优良的个体 X ,达到或接近于问题的最优解。遗传算法的流程如下所示:

[0051] (1) 初始化。初始化规模为 NP 的种群,其中染色体每个基因的值采用随机数生成并满足问题定义的范围。设置最大进化代数为 $Generation$,交叉概率 p_c ,变异概率 p_m ,设置当前进化代数 $G=0$ 。

[0052] (2) 个体评价。采用与实际问题对应的适应度函数计算群体中每个染色体(个体)的适应度值,保存适应度值最大的染色体 $Best$ 。

[0053] (3) 选择运算。根据个体适应度值,按照一定的规则和方法,选择一些优良个体遗传到下一代群体。

[0054] (4) 交叉运算。按照一定概率从种群中选择个体进行交叉操作,每两个进行交叉的父代染色体,交换部分基因产生两个新的子代染色体,取代父代染色体进入新种群;没有进行交叉的染色体直接复制进入新种群。

[0055] (5) 变异运算。按照一定概率从种群中选择个体进行变异操作,发生变异的基因数

值发生改变,变异后染色体取代原有染色体进入新种群,未发生变异的染色体直接进入新种群。

[0056] (6) 变异后的新种群取代原有种群,重新计算种群中各个染色体的适应度值。如果种群中最大适应度值大于Best的适应度值,则以该适应度值对应的染色体替代Best。

[0057] (7) 当前进化代数G加1。如果G超过规定的最大进化代数Generation或Best达到规定的误差要求,算法结束。否则,返回步骤(3)。

[0058] 图2为本发明一实施例的流程图,具体方法流程如下:

[0059] 一种基于智能电表大数据分析的台区变压器三相不平衡治理方法,包括如下步骤:

[0060] 步骤1:从配电网运行监测系统选取三相不平衡比较严重(平均三相不平衡度大于30%)台区变压器。某台区变压器2018年4月份某天96点A、B、C三相电流曲线如图3所示,该变压器该天平均三相不平衡度高达49.4%。从用电信息采集系统提取台区变压器A、B、C三相及其所属用户某天电压序列数据、电流序列数据,台区变压器A、B、C三相及其所属用户该天电压曲线如图4所示。

[0061] 步骤2:计算每个用户与台区变压器A、B、C三相电压序列数据之间相关系数,选取A、B、C三相中相关系数最大的相位作为该用户相序。部分用户与A、B、C相的相关系数及其相序如表1所示。

[0062] 表1部分用户与A、B、C相的相关系数及其相序

[0063]

	A相	B相	C相	用户相序
用户1	0.376166	0.23366	0.998411	C相
用户2	0.992941	-0.06241	0.378647	A相
用户3	0.993441	-0.04147	0.397474	A相
用户4	-0.06045	0.99846	0.230735	B相
用户5	0.993135	-0.04659	0.382587	A相
用户6	0.384926	0.239927	0.998418	C相
用户7	-0.05246	0.99874	0.227929	B相
用户8	-0.0425	0.998746	0.227032	B相
用户9	0.391607	0.226625	0.998292	C相

[0064] 步骤3:根据步骤2得到的所述台区变压器的所有用户相序即台区用户相序组合,基于用户电流序列数据计算所述台区变压器A、B、C三相电流序列数据,进而计算台区变压器三相平均不平衡度;部分用户相序及96点电流序列数据如表2所示。

[0065] 表2部分用户相序及96点电流序列数据

[0066]

	用户相序	时间点1	时间点2	...	时间点96
用户1	C相	1.354	1.354	...	1.251
用户2	A相	0.974	0.543	...	0.543
用户3	A相	1.295	1.473	...	1.473
用户4	B相	0.776	0.063	...	0.063

用户5	A相	0.81	0.748	...	0.748
用户6	C相	1.305	1.255	...	1.255
用户7	B相	1.219	0.978	...	0.978
用户8	B相	1.061	1.068	...	1.068
用户9	C相	2.048	2.048	...	1.775

[0067] 基于用户电流序列数据计算台区变压器A、B、C三相电流序列数据,进而计算台区变压器三相平均不平衡度,包括:

[0068] 步骤31:通过A相所有用户电流序列求和得出A相电流序列,A相电流序列数据如表3所示。

[0069] 表3A相电流序列数据

[0070]

变压器相序	时间点1	时间点2	时间点3	...	时间点96
A相	15	29.4	36.6	...	17.4

[0071] 步骤32:计算B相电流序列、C相电流序列,B相电流序列数据如表4所示,C相电流序列数据如表5所示。

[0072] 表4B相电流序列数据

[0073]

变压器相序	时间点1	时间点2	时间点3	...	时间点96
B相	23.7	17.7	21.9	...	47.7

[0074] 表5C相电流序列数据

[0075]

变压器相序	时间点1	时间点2	时间点3	...	时间点96
C相	38.7	39	21.8	...	16.5

[0076] 步骤33:计算所述台区变压器每个时间点三相不平衡度,例如该台区变压器该段时间第2个时间点的三相不平衡度为:

$$[0077] \quad UB_2 = \frac{\max(29.4, 17.7, 39) - \min(29.4, 17.7, 39)}{\max(29.4, 17.7, 39)} = 0.546$$

[0078] 步骤34:计算该台区变压器该段时间96个时间点平均三相不平衡度为:

$$[0079] \quad UB_{均} = \frac{1}{96} \sum_{j=1}^{96} UB_j = 0.494$$

[0080] 步骤4:搜索最优的台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小;

[0081] 本领域普通技术人员明了采用各种可能的搜索算法使台区变压器三相平均不平衡度最小,这对本领域普通技术人员而言是清楚、毫无疑义的。尽管如此,为了更好地理解本发明,本发明列举了以下两种搜索台区用户相序组合以使台区变压器三相平均不平衡度最小的实施例。

[0082] 在本申请中,优选实施例1:

[0083] 基于遗传算法开展台区用户相序组合寻优以使台区变压器三相平均不平衡度最小,具体步骤如下:

[0084] 步骤41:染色体采用A、B、C字符串编码方式,假设某台区用户集合 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n\}$,对于该台区用户相序任意一种组合,它的染色体 X_i 为:

[0085] $X_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^i, \dots, x_i^n) = (A, C, \dots, B, \dots, C)$

[0086] 其中 n 为台区用户数量,第 i 个用户的相序为第 i 个字符(A、B、C三种之一);

[0087] 步骤42:初始化。初始化种群规模为 $NP = 50$,染色体编码长度为台区用户数量 $n = 127$,最大进化代数 $Generation = 100$,交叉概率 $p_c = 0.8$,变异概率 $p_m = 0.1$;设置当前进化代数 $G = 0$ 。

[0088] 步骤43:个体评价。采用随机数方法,随机生成一个数量为 NP 的初始化种群。

[0089] 对于初始化种群中任意一个染色体,即台区用户相序组合,随机生成一个长度为 n 的 $(0, 1)$ 随机数集合(其中 n 为台区用户数量),如果第 i 个随机数 $a \in (0, 0.333)$,则第随机生成的第 i 个用户相序为A;如果第 i 个随机数 $a \in [0.333, 0.666)$,则第随机生成的第 i 个用户相序为B;如果第 i 个随机数 $a \in [0.666, 1)$,则第随机生成的第 i 个用户相序为C。采用随机数方法,随机生成一个数量为50的初始化种群。

[0090] 步骤44:计算种群中每一种染色体(台区用户相序组合)的适应度值,保存适应度值最大的染色体Best。

[0091] 对于种群中每一种染色体(台区用户相序组合),参照步骤3基于用户电流序列数据计算所述台区变压器A、B、C三相电流序列数据,进而计算台区变压器三相平均不平衡度;然后,按适应度函数计算每一种染色体的适应度值;如果群体中某染色体适应度值大于Best的适应度值,则以该染色体替代Best。

[0092] 步骤45:选择运算。根据个体适应度值,基于轮盘赌选择方法选择一些适应度值大的个体遗传到下一代群体。

[0093] 轮盘赌选择方法是一种基于比例的选择,它利用各个体适应度值所占比例的大小决定其子孙保留的概率,若种群第 i 个个体 X 的适应度为 f_i ,则它被选取的概率 p_i 为:

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{NP} f_i}$$

[0095] 从轮盘赌选择的机制中可以看到,个体适应度越大,则其被选择的机会也越大,反之亦然。但由于选择过程具有一定的随机性,并不能保证每次选择均选中最优的染色体,因此也给予较差染色体一定的生存空间。

[0096] 步骤46:交叉运算。每两个按照交叉概率选择出来的染色体进行交叉,经过交换各自的部分基因,产生两个新的子代染色体。具体操作是生成两个 $(1, n)$ 随机整数 m_1 和 m_2 ,两个父代染色体交换位于 m_1 与 m_2 之间的所有基因,其中 n 为台区用户数量。例如,如果生成随机整数 $m_1 = 7, m_2 = 12$,则两个父代染色体交换位于第7个基因至第12个基因之间的所有基因。

[0097] 步骤47:变异运算。每一个按照变异概率选择出来的染色体基因进行变异,变异后染色体取代原来染色体进入新种群。具体操作是生成1个 $(0, 1)$ 随机数 m ,假设变异前基因是A,如果 $m \in (0, 0.5)$ 变异后基因为B,如果 $m \in [0.5, 1)$ 变异后基因为C;假设变异前基因是B,如果 $m \in (0, 0.5)$ 变异后基因为A,如果 $m \in [0.5, 1)$ 变异后基因为C;假设变异前基因是C,如果 $m \in (0, 0.5)$ 变异后基因为A,如果 $m \in [0.5, 1)$ 变异后基因为B;

[0098] 步骤48:变异后的新群体取代原有种群,重新计算种群中各个染色体的适应度值。如果种群中最大适应度值大于Best的适应度值,则以该适应度值对应的染色体替代Best。

[0099] 步骤49:当前进化代数G加1。如果G超过规定的最大进化代数 $Generation=100$,算法结束。否则,返回步骤(3)。

[0100] 当 $Generation=100$ 结束寻优过程。优化结束后,当 $x=(B,C,C,A,\dots,B,C)$ 时,台区变压器三相不平衡度的最小值为12.88%。

[0101] 实施例2:基于模拟退火算法开展台区用户相序组合寻优以使台区变压器三相平均不平衡度最小,具体步骤如下:

[0102] 步骤41:初始化,设置初始解为台区用户当前相序组合 $X=(A,C,\dots,B,C)$,初始温度 $T=100$,衰减参数 $K=0.98$,每个温度 T 的迭代次数 $D=100$ 。

[0103] 步骤42:对 $i=1,\dots,D$,执行第43至第45步。

[0104] 步骤43:通过当前解的变异操作产生新解 X' ,具体方法是对当前的台区用户相序组合生成两个 $(1,n)$ 随机整数 m_1 和 m_2 ,交换用户 m_1 和用户 m_2 的相序生成一个新用户相序组合 X' ,其中 n 为台区用户数量。例如,如果生成随机整数 $m_1=5,m_2=13$,则交换第5个用户和第13个用户的相序生成一个新用户相序组合。

[0105] 步骤44:计算增量 $\Delta E=E(X')-E(X)$,其中 $E(X)$ 为台区用户相序组合的平均三相不平衡度。

[0106] 步骤45:若 $\Delta E<0$,则接受新解 X' 作为新的当前解;如果 $\Delta E>0$ 则以概率 $\exp(-\Delta E/T)$ 接受新解 X' 作为新的当前解,具体方法是生成一个 $(0,1)$ 随机数 r ,如果 $\exp(-\Delta E/T)>r$,则接受新解 X' 作为新的当前解。

[0107] 步骤46: $T=T*K$,如果 $T>=0.001$,然后转第42步;如果 $T<0.001$,结束搜索,输出当前最优解。

[0108] $T=0.001$ 时搜索结束,当 $x=(B,C,C,A,\dots,B,C)$ 时,台区变压器三相不平衡度的最小值为12.88%。

[0109] 步骤5:配电运维检修人员根据上述最优的台区用户相序组合调整用户相序,调整后该变压器96点A、B、C三相电流曲线如图5所示,三相不平衡度降低为12.88%,三相不平衡问题明显改善。

[0110] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,本领域普通技术人员对本发明的技术方案所做的其他修改或者等同替换,只要不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

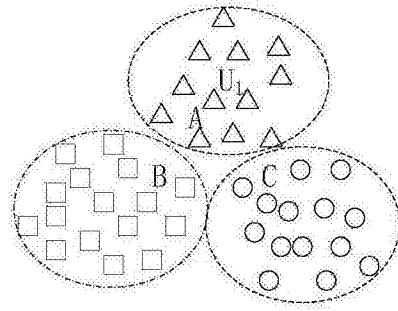


图1

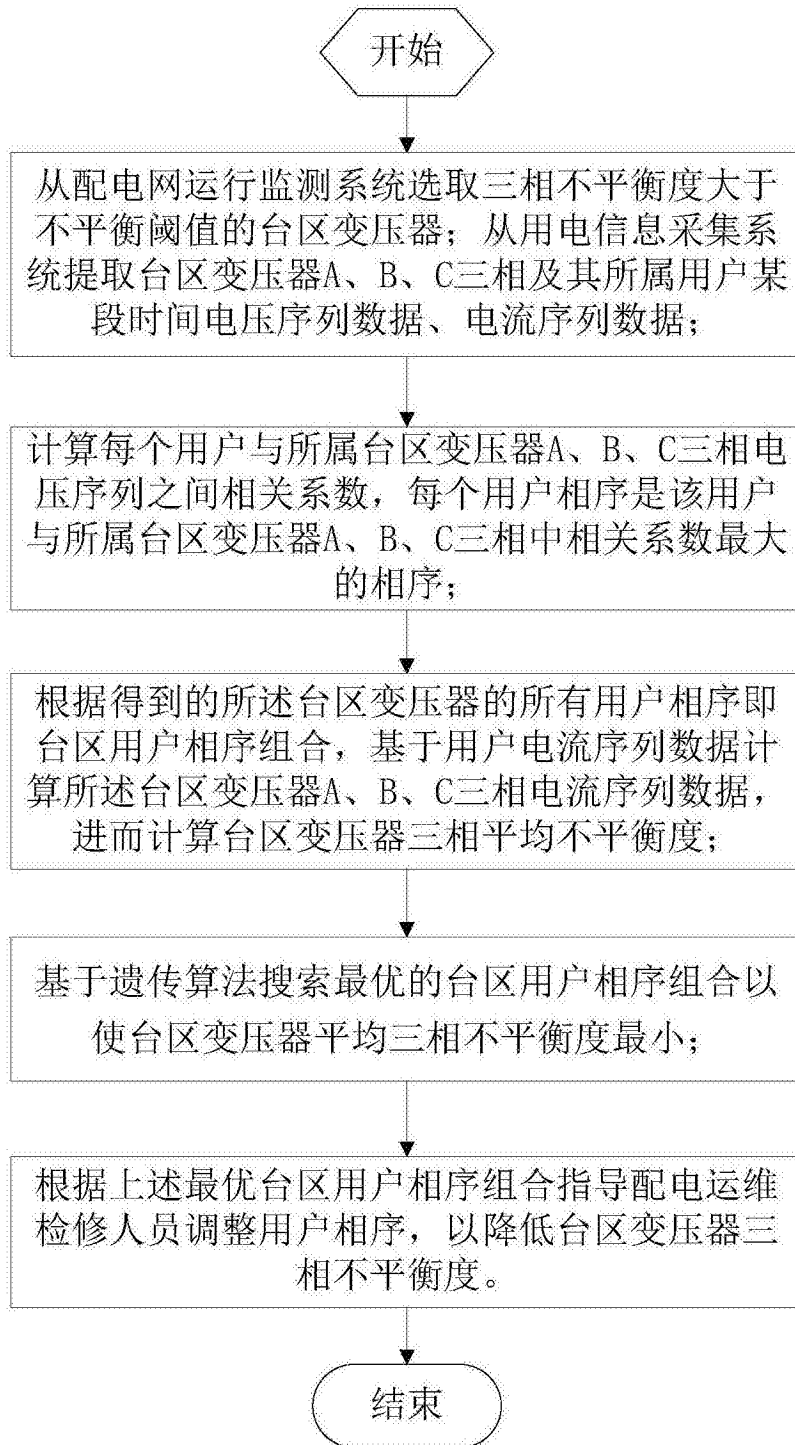


图2

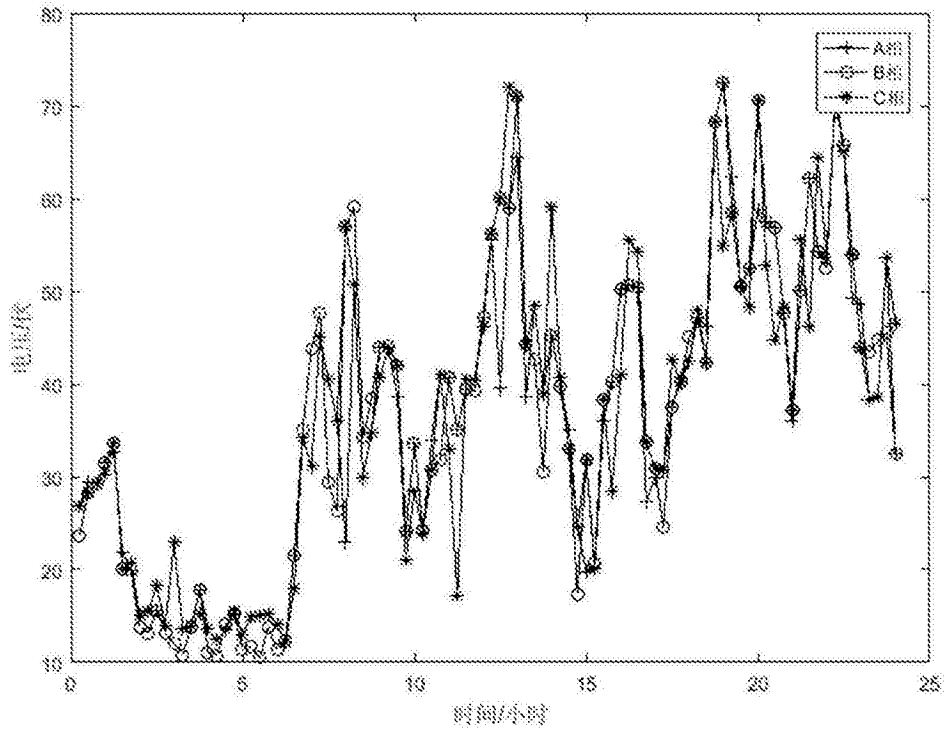


图3

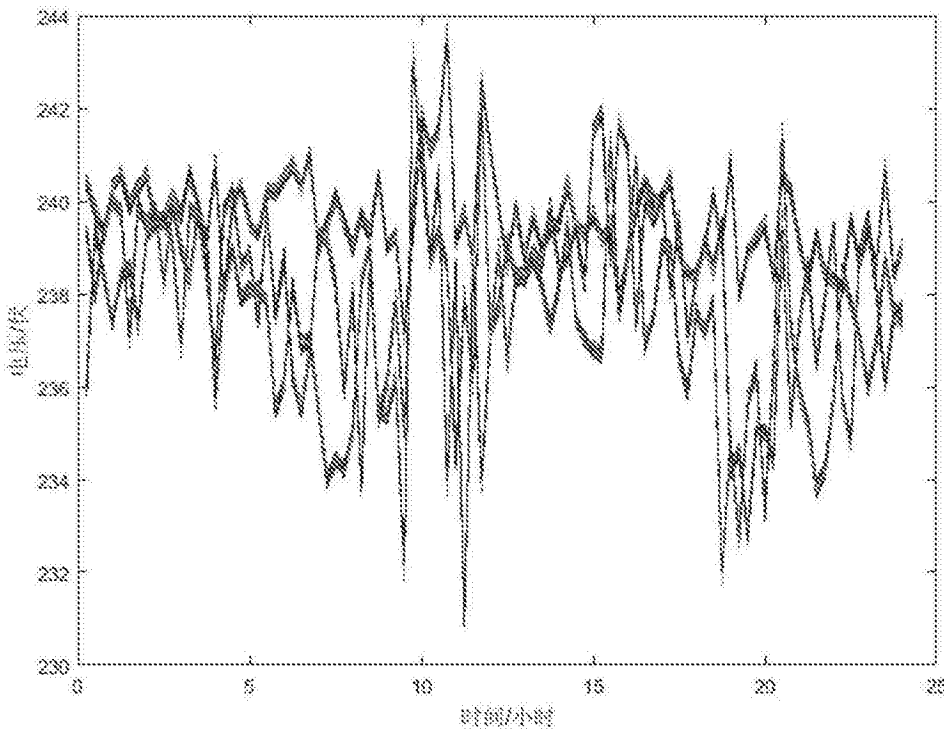


图4

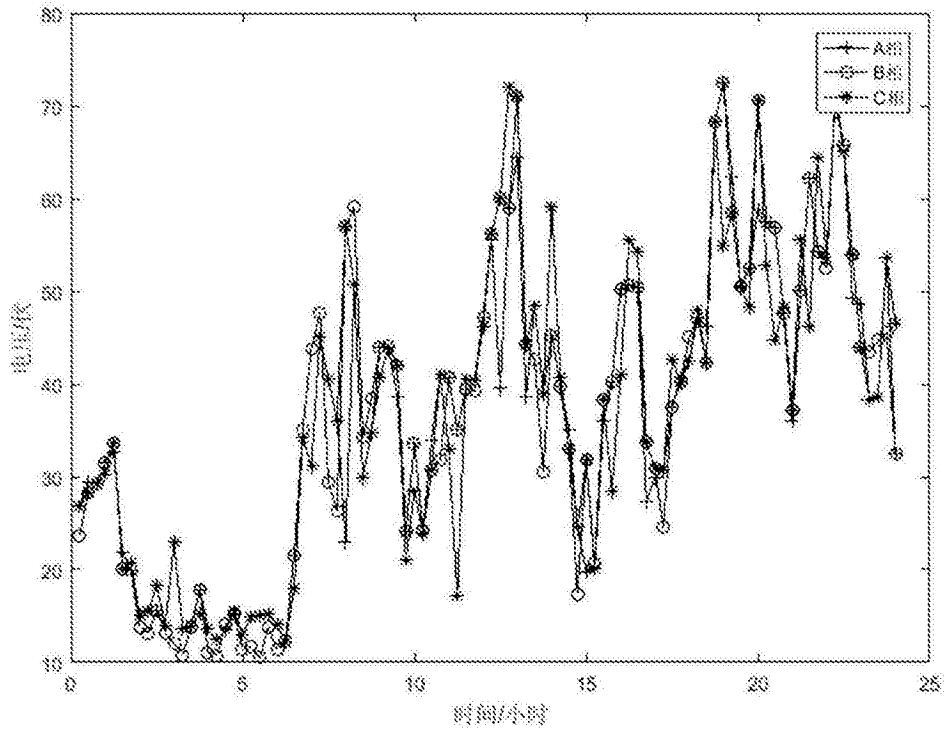


图5