

面向台区管理的台区状态综合评价方法及其应用

欧阳森, 杨家豪, 耿红杰, 吴裕生, 陈欣晖

(华南理工大学电力学院, 广东省广州市 510640)

摘要: 根据低压配电网中各台区的基础数据评价台区的运行状态是台区管理中各项决策的基础。针对低压配电网台区数目多、缺乏规范管理、数据不健全等问题,文中提出一种面向台区管理的台区状态综合评价方法。首先在考虑数据的易获取性的基础上建立了涵盖网架特征及负荷特征的台区特征指标体系;然后设计了基于改进型序关系分析法的台区状态评价模型,该模型可根据台区供电半径等5个台区特征指标进行综合计算,形成量化的评价值以快速评价台区状态,同时由于序关系可调的灵活性使得该方法具有较强的适应性和可推广性,能够为台区管理中的各类筛选决策问题提供参考依据;最后,以某供电局的实际台区数据进行实例分析,验证了该类方法的有效性和普遍适用性。

关键词: 低压配电网; 台区管理; 综合评价; 改进型序关系分析法

0 引言

中国的低压配电网规模庞大、结构复杂。随着社会经济发展,用电负荷增加,低压配电网的线损及电压偏差等问题越来越突出。降低配电网线损、保证用户侧的电能质量已成为供电企业的首要任务^[1-2]。

对供电企业而言,所管辖的低压配电网台区数目庞大、建设状况参差不齐。随着低压配电网台区供电电量的剧增、线损及电压合格率等指标分台区考核的推进,台区管理也逐步加入各供电企业的管理日程中,同时也要求台区管理更趋向精细化^[3-4]。但正因为低压配电网台区数目众多,也就意味着在台区管理中面临诸多决策问题,如不可能同时对所有台区都进行改造与治理,需要对台区进行适当筛选,这也就要求能够对台区的运行状态进行合理评价,通过量化的计算结果来判断台区的运行状态,为决策提供依据,这也是配电网自动化的发展趋势对当前配电网管理及台区管理所提出的更高要求。

针对配电网监测配置少、台区线路复杂多样的现状,如何对众多台区的数据进行标准化处理,快速判断台区状态是亟待解决的一个问题。目前的研究多集中于配电网状态估计^[5-7],需要结合配电网潮流

计算来估计其实时状态及趋势,而涉及配电网的潮流计算往往使此类方法的可操作性降低,特别是要应用到终端情况复杂的台区当中更难以实现。同时状态估计对配电网的量测能力有一定的要求,这也是此类方法在现阶段无法在国内配电网中广泛应用的原因之一。目前尚没有无需依托潮流计算来判断台区状态的实用方法,运行维护及工程人员只能根据运行数据、用户投诉,依靠经验主观地判断各台区的运行状态。采用这样的方法存在的局限性有以下几方面:①决策过程偏主观性而缺乏系统性的评价标准;②当台区数目庞大时,工作繁琐、低效、易造成错漏;③难以对区域内的台区整体情况进行综合分析和评价。

本文拟建立涵盖网架特征及负荷特征的台区特征指标体系,所涉及的指标既要求能较好地评价台区状态、发掘需要治理或关注的台区,更需要满足易于获取、分析简便等要素。在此基础上,基于该指标体系设计基于改进型序关系分析法^[8]的计算模型以计算各台区状态评价值,其能够充分反映专家意愿,同时由于指标序关系可调的灵活性可以适应台区管理中各类筛选决策问题的需求,包括在台区降损治理、无功治理等台区管理项目中均可推广应用,可针对待解决的问题采用不同的序关系来对指标进行赋权。模型可形成量化的计算结果,对大量台区的状态进行快速评价,为台区管理的各类筛选决策问题提供参考依据。本文所提出的台区状态综合评价方法能改变现有工作模式,更趋向高效且系统化。

收稿日期: 2014-04-22; 修回日期: 2014-08-22。

国家自然科学基金重点项目(50937001);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2012ZM0018)。

1 台区特点及管理问题

对低压配电网台区以统一的标准进行判断缺乏合理性,由于所处地域不同及配电网建设程度不同,应该对台区的运行状态提出有区别的要求。低压配电网台区根据所处地域分布可分为城市、郊区、农村台区,其特点分别如下。

1) 城市台区

主要负荷为居民用电和商业用电混合,由于负荷密集,用电量通常较大。其特点是呈辐射状供电方式,供电半径相对较短,不同馈线的负荷轻重分布都较为平均。其负荷高峰主要出现在夏季,主要原因是该类型台区内大量大型商场以及居民区夏季空调的使用。

2) 郊区台区

郊区台区供电距离通常较长,由于郊区的居民用电与工业生产的飞速增长,往往台区的负荷也相对较重,易出现线路末端电压偏低、电压波动等问题。

3) 农村台区

月用电量峰谷差异大,主要原因是农业生产受生产周期影响季节性明显。线路距离通常很长、迂回线路多,线路末端电压偏低,沿线负荷分散。而在负荷高峰期间,大量同类农业负荷往往同时并网或退出运行,较短暂的高水平负荷可能威胁到系统电压的稳定性,易对电网造成较大的无功冲击。

依据地域分布及配电网的建设情况,对上述3种类型台区在识别其状态时应有一定的区别对待,对指标要求的严格程度应依次为城市、郊区、农村,即对城市台区要作出较为严格的要求,反之农村台区受建设程度的影响,可以在可允许范围内降低要求。

尽管台区管理更趋向精细化,但大部分地市供电企业还是停留在加强实抄率和电费回收上,没有进行更高层次应用的研究。由于低压配电网台区管理在供电企业经营管理中的位置越来越重要,改变现有管理模式、加大管理力度,意义重大^[3-4]。台区管理当中面临诸多决策问题,例如降低线损需要筛选线损率高的台区进行线路改造,收到用户低电压问题投诉需要增设相应的无功补偿以解决电压偏低问题等^[9-11]。

由于低压配电网台区基础数据不健全、监测配置少,难以对各台区精确地计算线损及电压偏差,且台区数目庞大,逐个分析也不切实际。因此,需要提出一种能够利用易获取的基础数据对台区运行状态进行快速评价的方法,以提高工作效率,同时也为提

高台区管理水平提供了可靠的保障。

2 台区状态综合评价方法

本文所提出的台区状态综合评价方法以建立的台区特征指标体系为基础,依据基于改进型序关系分析法的计算模型计算台区状态评价价值。

2.1 台区特征指标体系

考虑到配电网信息的完整性、实时性等都还有待改进,为提高本文的适用性及应用过程的可行性,采用易获取的台区基本信息来反映台区的特征。提取低压配电网台区的特征指标主要涵盖两方面:网架特征及负荷特征。网架特征主要指台区的线路参数,包含供电半径及配电变压器出线总截面;而负荷特征即台区的用电量水平,包含峰期平均负载率、负荷率、年用电量增长率。对上述5项特征指标具体分析如下。

1) 供电半径(X_1):指配电变压器到用电负荷的最远距离,是影响电网结构是否合理的重要参数^[12]。供电半径长易引发末端的电压问题,筛选时以供电半径长的台区作为优先选择对象。

通常对于低压配电网0.4 kV线路来说,城市、郊区、农村地区允许的供电半径距离依次增大。以城市台区供电半径为基准,对郊区、农村地区的台区计算伪供电半径,以便在评价时对不同地区的台区进行比较。计算公式如下:

$$l_F = l_T K_1 \quad (1)$$

式中: l_F 为伪供电半径; l_T 为实际供电半径; K_1 为缩放系数,郊区台区取0.8,农村台区取0.6。

2) 配电变压器出线总截面(X_2):指台区内配电变压器全部出线的总截面积,反映了台区线路的线径大小的整体情况。

3) 峰期平均负载率(X_3)。通常台区的用电量季节性明显,用户低电压问题投诉也主要集中在负荷高峰期间,因此,对峰期的平均负载率进行分析较为合理。

本文选取一年之中台区用电量相对较大的6个月进行分析,统称为峰期。峰期平均负载率是指在峰期内的配电变压器负载率,该指标反映了整个台区的负荷轻重情况,其计算公式如下:

$$\eta = \frac{P_h}{S T_h} \quad (2)$$

式中: P_h 为峰期总用电量; S 为配电变压器容量; T_h 为峰期总小时数。

4) 负荷率(X_4),其计算公式如下:

$$\gamma = \frac{P_{avg}}{P_{max}} \quad (3)$$

式中: P_{avg} 为台区平均月用电量; P_{max} 为台区最大月用电量。

负荷率用于衡量全年时间内该台区的负荷变动情况。负荷率越高说明全年负荷相对比较平坦;而反之负荷率低则说明台区负荷波动明显,对运行状态较不利。

5)年用电量增长率(X_5):是指台区本年度用电量相对于上一年度用电量的增长率,反映了台区负荷增长水平。计算公式如下:

$$\alpha = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \quad (4)$$

式中: P_1 为台区上一年度用电量; P_2 为台区本年度用电量。

2.2 综合评价算法

本文设计计算模型来量化台区的运行状态,采用改进型序关系分析法来确定各项指标的权重。

2.2.1 指标预处理

使用改进型序关系分析法要求对原始数据进行指标类型一致化和无量纲化处理,对于网架特征而言,供电半径越长、配电变压器出线总截面越小则台区运行状态越不利,而从负荷特征的角度来说,峰期平均负载率、年用电量增长率越高,负荷率越低,台区运行状态越不利。因此本文所提出的指标体系中, X_2 和 X_4 为极小型指标,其余均为极大型指标。

进行指标类型一致化处理,对于极小型指标,令

$$x^* = M - x \quad (5)$$

式中: M 为该项指标中的最大值。

通过上式则可将极小型指标转换为极大型指标。而文献[8,13]中指出,归一化以及标准化的无量纲化处理方法都存在一定的局限性或不足,建议使用极值处理法来进行无量纲化处理,因为这种刻度转换不会带来结果上比例差异的转变。因此,本文通过极值处理法对各台区的指标数值进行无量纲化处理,对于极大型指标公式如下:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - m_j}{M_j - m_j} \quad (6)$$

式中: $M_j = \max\{x_{ij}\}$; $m_j = \min\{x_{ij}\}$ 。

设 n 个评价对象分别计为 O_1, O_2, \dots, O_n , m 项指标分别计为 X_1, X_2, \dots, X_m ,则对原始数据进行指标预处理后得到的 $\{x_{ij}\}$ 均为极大型、无量纲化的数据。

2.2.2 序关系分析法

由于在台区管理中需要进行各类筛选决策,侧重点也各有不同,因此,就要求各项指标的权重能随决策问题的改变而灵活变化,序关系分析法指标顺序可调的灵活性可以适应台区管理中各类决策问题

的需求。同时本文提出的方法为一种实用方法,应避免过于复杂的权重计算流程,传统的序关系分析法的优点是过程清晰简便,能适应本文所解决问题的需求,并且能充分体现专家的意愿,在电力系统的其他评价问题中已有广泛的应用^[14-15]。过程如下。

1)首先确定序关系,确定对于某评价准则具有的指标序关系为 $X_1 > X_2 > \dots > X_m$ 。

2)随后确定相邻指标之间的相对重要程度。设专家关于评价指标 x_{k-1} 与 x_k 的重要程度之比 w_{k-1}/w_k 的理性判断分别为:

$$\frac{w_{k-1}}{w_k} = r_k \quad k = m, m-1, \dots, 3, 2 \quad (7)$$

3)最后进行权重系数 w_k 的计算:

$$w_k = \left(1 + \sum_{k=2}^m \prod_{i=k}^m r_i\right)^{-1} \quad (8)$$

由 w_k 得出其他指标的权重:

$$w_{k-1} = r_k w_k \quad k = m, m-1, \dots, 3, 2 \quad (9)$$

2.2.3 改进型序关系分析法

序关系分析法需要满足强一致性和弱一致性,强一致性即要求指标的重要程度之比具有传递性,这在某些情况下会出现与人类思维脱节的情况,而弱一致性即次序一致性。而改进型序关系分析法能够在指标间序关系存在的前提下,依照某标度体系,摒弃强一致性,更注重弱一致性以符合人类思维习惯^[8]。

需要引入指标贡献率的概念^[8],公式如下:

$$c_j = \frac{w_j \sum_{i=1}^n x_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_i} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

y_i 为评价对象 O_i 的综合评价值,即

$$y_i = \sum_{j=1}^m w_j x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

c_j 的直观意义就是第 j 个指标所贡献的评价值之和占全体综合评价值的比例, c_j 在一定程度上能客观反映出不同评价指标在贡献上的差别。

若记指标 X_j 的 n 个值之和为 l_j ,即 $l_j =$

$\sum_{i=1}^n x_{ij}$,则有

$$c_j = \frac{w_j \sum_{i=1}^n x_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_i} = \frac{w_j l_j}{\sum_{j=1}^m w_j l_j} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

且有 $c_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^m c_j = 1$ 。

改进型序关系分析法的过程如下。

1)对于某评价准则根据各指标的贡献程度确定序关系,为不失一般性记贡献率序关系为 $c_1 > c_2 > \dots > c_m$ 。本文采用传统序关系分析法进行初步计算来辅助确定贡献率的序关系。

2)给出 c_{k-1} 和 c_k 间相对贡献程度之比的理性判断。设专家关于指标贡献程度之比的理性判断分别为:

$$\frac{c_{k-1}}{c_k} = r_k' \quad k = m, m-1, \dots, 3, 2 \quad (13)$$

当 r_k' 赋值为 1.0 时,表明 c_{k-1} 和 c_k 具有相同贡献程度,当 r_k' 赋值为 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 时,分别表明 c_{k-1} 和 c_k 贡献程度稍大、明显大、强烈得大、绝对得大。

贡献率 c_j 的计算式为:

$$\begin{cases} \max f = \sum_{k=2}^m (c_{k-1} c_k) = c_1 - c_m \\ \text{s.t.} \quad c_{k-1} - c_k r_k \leq 0 \quad k = m, m-1, \dots, 3, 2 \\ c_k - c_{k-1} \leq 0 \quad k = m, m-1, \dots, 3, 2 \\ c_1 - 1.8c_m \leq 0 \\ \sum_{k=1}^m c_k = 1 \end{cases} \quad (14)$$

目标函数 f 的意义是相邻指标贡献率 c_j 的距离之和,令 f 最大化的目的是在满足比例标度的条件下,拉大相邻指标贡献率之间的距离,尽可能体现专家对评价指标贡献程度之比的理性判断。约束条件中 $c_k - c_{k-1} \leq 0, c_1 - 1.8c_m \leq 0$ 体现了弱一致性,避免出现重要程度之比的传递性导致与人类思维习惯不符。

上述规划问题通过求得最优解可求得各指标贡献率 $c_j (j=1, 2, \dots, m)$,再计算权重系数为:

$$\omega_m = \left(1 + \frac{l_m}{c_m} \sum_{k=2}^m \frac{c_{k-1}}{l_{k-1}} \right)^{-1} \quad (15)$$

$$\omega_{k-1} = \omega_k \frac{l_k c_{k-1}}{c_k l_{k-1}} \quad k = m, m-1, \dots, 3, 2 \quad (16)$$

2.2.4 台区状态评价

利用改进型序关系分析法得出的各项指标权重,计算出每个台区的状态综合评价值 T ,即

$$T = \sum_{k=1}^m \omega_k x_k \quad (17)$$

台区状态评价 T 形成了量化的标准用于台区的筛选,以 T 值来反映台区运行状态的不利程度,即 T 值越大则认为该台区运行状态越差,越迫

切需要进行改造与治理,是台区管理决策中需要关注或优先选择的台区。

3 实例分析

本文以某供电局的部分台区数据作为实例进行分析。为不失一般性,其中包含有城市、郊区、农村台区各 8 个,总计 24 个台区。其中 A 类为城市、B 类为郊区、C 类为农村。

现假定需要做如下决策:拟从 24 个台区中筛选出 10 个台区进行线路末端电压偏低问题的治理,例如增设无功补偿装置等。但对全部台区的电压质量进行考察工作量大,且通常仅在配电变压器处设置首端监测,无法获知用户侧的电压情况,因此,利用本文所提出的方法对实例所包含的 24 个台区的运行状态进行评价,其过程如下。

1)根据所制定的台区特征指标体系获取各台区的基本信息。

2)本文所提出的指标体系中, X_2 和 X_4 为极小型指标,其余均为极大型指标。对于极小型指标 X_2 和 X_4 ,依照式(5)转化为极大型指标,随后通过极值处理法利用式(6)对各台区的指标数值进行无量纲化处理,最终形成标准数据表,如表 1 所示。

表 1 指标预处理结果
Table 1 Pretreatment results

台区	供电半径	配电变压器 出线总截面	峰期平均 负载率	年用电量 增长率	负荷率
A1	0.193	0.837	0.551	0.790	0.429
A2	0.476	0.736	0.247	0.613	0.121
A3	0.086	0.673	0.289	0.291	0.358
A4	0.153	0.593	0.186	0.225	0.280
A5	0.164	0.286	0.750	1.000	0.604
A6	0.296	0.000	0.279	0.614	0.074
A7	1.000	0.227	0.427	0.198	0.235
A8	0.136	0.743	0.346	0.137	0.248
B1	0.382	0.970	0.197	0.287	0.550
B2	0.323	0.923	0.051	0.179	0.143
B3	0.802	0.892	0.449	0.689	0.110
B4	0.655	0.867	0.329	0.291	0.000
B5	0.140	1.000	0.000	0.140	0.473
B6	0.670	0.642	0.070	0.121	0.452
B7	0.788	0.736	0.435	0.174	0.307
B8	0.660	0.718	0.299	0.317	0.452
C1	0.517	0.947	0.593	0.621	0.826
C2	0.297	0.915	0.373	0.465	0.805
C3	0.402	0.915	0.468	0.417	1.000
C4	0.000	0.836	0.622	0.768	0.754
C5	0.276	0.837	0.403	0.386	0.275
C6	0.358	0.743	0.070	0.183	0.769
C7	0.346	0.978	0.039	0.000	0.736
C8	0.054	0.820	1.000	0.747	0.318

3)本文采用改进型序关系分析法进行权重计算,但为了能得出合理的贡献率序关系,故先通过传统序关系分析法进行初步计算来辅助确定贡献率的序关系。由于考虑要筛选电压偏低问题严重的台区,供电半径及峰期平均负载率是需要重点考虑的因素,因此首先确定序关系为 $X_1 > X_3 > X_4 > X_2 > X_5$ 。其中认为供电半径指标比峰期平均负载率稍重要,峰期平均负载率又比年用电增长率明显重要,年用电增长率比配电变压器出线总截面稍重要,配电变压器出线总截面与负荷率同等重要,因此,取 r_k 为 1.2,1.4,1.2,1($k=2,3,4,5$)。式(7)的参考值已给定,可利用式(8)计算 w_5 ,随后由式(9)依次计算出 w_4 至 w_1 。

初步计算出各项指标 X_1 至 X_5 的权重,分别为 0.292 3,0.243 6,0.174 0,0.145 0,0.145 0。

4)根据初步计算出的权重再利用式(10)一式(12),又可以初步计算出各项指标对应的原始贡献率分别为 0.255 2,0.196 4,0.159 9,0.246 1,0.142 4。

此贡献率的计算并不代表各指标的真实贡献率,由于人为确定贡献率的序关系难免包含主观性,本文通过传统序关系分析法的计算结果来获知数据贡献率的客观规律,依次辅助确定贡献率的序关系为 $c_1 > c_4 > c_2 > c_3 > c_5$,并利用式(13)参考上文给出的指标贡献程度之比的理性判断,此处取 r_k' 为 1.2,1.4,1.2,1.2($k=2,3,4,5$)。

5)在 r_k' 给定的基础上,求解式(14)的规划问题得到贡献率的最优解,即 c_1, c_3, c_2, c_5, c_4 分别为 0.282 5,0.235 4,0.168 2,0.157 0,0.157 0。

在各指标的贡献率已知后,利用式(15)、式(16)反推出各项指标所对应的权重。与传统序关系分析法的权重计算结果做比对,结果如表 2 所示。

表 2 改进前后的权重对比

Table 2 Weight comparison before and after improvement

指标	传统序关系 分析法权重	改进后 的权重	指标	传统序关系 分析法权重	改进后 的权重
X_1	0.292 3	0.323 1	X_4	0.145 0	0.208 2
X_2	0.243 6	0.170 6	X_5	0.145 0	0.159 6
X_3	0.174 0	0.138 5			

结果显示采用改进型序关系分析法后所得的结果与传统序关系法有所不同,表现为弱化了 X_2 及 X_3 指标的作用而强化了 X_4 的权重。可见该方法通过贡献率对权重实现了再次分配,同时由于利用传统序关系分析法的计算结果来辅助确定贡献率序关系,有助于获知数据贡献率的客观分布规律,更利于对评价对象进行客观评价。

6)根据计算所得的权重系数,结合表 1 中所列出的各项指标数据,运用式(17)计算出每个台区的状态评价价值 T ,可得各台区状态评价价值 T 如表 3 所示。

表 3 各台区状态评价价值计算结果
Table 3 Results of evaluation value calculation

台区	T 值	台区	T 值	台区	T 值
A1	0.508 4	B1	0.486 5	C1	0.683 3
A2	0.453 3	B2	0.352 9	C2	0.542 9
A3	0.314 9	B3	0.634 6	C3	0.617 8
A4	0.280 5	B4	0.488 5	C4	0.506 8
A5	0.475 3	B5	0.348 3	C5	0.429 5
A6	0.240 1	B6	0.450 9	C6	0.430 6
A7	0.508 1	B7	0.554 8	C7	0.439 5
A8	0.316 4	B8	0.529 9	C8	0.513 0

由于 T 值反映了台区运行状态的不利程度,即 T 值越大则认为该台区运行状态越差,越迫切需要改造与治理,是台区管理决策中需要关注或优先选择的台区。根据对各台区状态评价价值 T 进行比较可以获得 T 值序列,根据所设定的指标序关系获取 T 值较大的 10 个台区,依次分别为:C1, B3, C3, B7, C2, B8, C8, A1, A7, C4。

结果表明,通过本文提供的特征指标体系和计算模型对实例的 24 个台区进行了评价和筛选,最终得出了 10 个状态评价价值相对较大的台区,即运行状态较为不利的台区。以量化的计算结果来确定台区运行状态的序列且作为筛选依据,避免了人为筛选的主观性。对所筛选出的台区进行分析,上述台区的实际情况均表现为供电半径过长或负荷较重,易出现末端电压偏低,亟须装设无功补偿装置来改善电压问题,因此评价结果客观可信,以此为依据进行决策能够符合实际需要。可以预见,如果在面对数目更加庞大的台区管理工作时,该方法能极大地提高效率。

4 结语

1)本文所提出的台区特征指标体系中的各项指标均充分考虑了其反映台区情况的能力以及数据的易获取性等要素,使该指标体系具有较强的实用性和可操作性。

2)改进型序关系分析法摒弃强一致性,更注重弱一致性以符合人类思维习惯,使得各指标的赋权更合理化,同时提高了对评价对象差异性的辨识能力,兼具有传统序关系分析法简便的优点,可以实现对台区状态的客观评价且流程高效。

3)本文所提出的台区状态综合评价方法克服了运行维护及工程人员依靠经验和主观进行判断、缺

乏系统化流程与标准、数据量大(超越人工处理极限)等缺陷。所设计的基于改进型序关系分析法的计算模型能够形成量化的计算结果,由于计算简便,能够快速评价大量台区的运行状态,为台区管理中的决策问题提供了依据。

4)由于指标序关系可调的灵活性可以适应台区管理中各类决策问题的需求,包括在台区降损治理、无功治理等台区管理项目中均可推广应用,可针对待解决的问题采用不同的序关系来对指标进行赋权,具有较强的适应性和可推广性。

综上,本文所述方法简明、流程高效,评价结果客观可靠,也易于扩展分析各种台区管理问题中的决策工作,提高台区管理的水平,具有推广应用价值。通过本文的实例分析验证了所提出的台区状态综合评价方法的有效性和普遍适用性。

参考文献

- [1] 肖峻,崔艳妍,王建民,等.配电网规划的综合评价指标体系与方法[J].电力系统自动化,2008,32(15):36-40.
XIAO Jun, CUI Yanyan, WANG Jianmin, et al. A hierarchical performance assessment method on the distribution network planning[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(15): 36-40.
- [2] 张勇军,石辉,许亮.配电网节能潜力评估系统开发方案[J].电力系统自动化,2011,35(2):51-55.
ZHANG Yongjun, SHI Hui, XU Liang. Systematic developing program of distribution network energy saving potential evaluation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(2): 51-55.
- [3] 张美荣.分台区电力营销模式浅析[J].电力需求侧管理,2003,5(3):56-57.
ZHANG Meirong. Preliminary analyzing of power distribution transformer power supply area of low voltage management mode [J]. Power Demand Side Management, 2003, 5(3): 56-57.
- [4] 黄闻娟,张吉盛,沈主浮,等.低压台区的抄表及线损管理方案的研究[J].华东电力,2009,37(1):34-37.
HUANG Wenjuan, ZHANG Jisheng, SHEN Zhufu, et al. Meter reading and line loss management schemes for low-voltage transformer areas[J]. East China Electric Power, 2009, 37(1): 34-37.
- [5] 刘明,周双喜,邓佑满,等.配电系统状态估计区域解耦算法[J].电力系统自动化,2005,29(6):79-83.
LIU Ming, ZHOU Shuangxi, DENG Youman, et al. An area-decoupled state estimation method for distribution systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(6): 79-83.
- [6] 徐铭,冷永杰,孔维聪.基于馈线树的配网状态估计实用化方法[J].电力系统保护与控制,2013,41(19):81-86.
XU Ming, LENG Yongjie, KONG Weicong. A distribution network state estimation practical method by the feeder tree[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(19): 81-86.
- [7] 卫志农,顾桦,鞠平,等.三相辐射配网状态估计方法[J].中国电机工程学报,2000,20(3):84-87.
WEI Zhinong, GU Chu, JU Ping, et al. A three-phase radial distribution system state estimation algorithm[J]. Proceedings of the CSEE, 2000, 20(3): 84-87.
- [8] 陈陌,郭亚军,于振明.改进型序关系分析法及其应用[J].系统管理学报,2011,20(3):352-355.
CHEN Mo, GUO Yajun, YU Zhenming. An improved method for rank correlation analysis and its application[J]. Journal of Systems & Management, 2011, 20(3): 352-355.
- [9] 张永飞,田进芳,杨李周,等.低压配电台区无功补偿技术的探讨[J].电力需求侧管理,2011,13(6):41-43.
ZHANG Yongfei, TIAN Jinfang, YANG Lizhou, et al. Discussion of reactive compensation technology in low voltage distribution[J]. Power Demand Side Management, 2011, 13(6): 41-43.
- [10] 王乙伊.低压配电网无功补偿方式的研究[J].广东电力,2007,20(2):34-36.
WANG Yiyi. Research on reactive power compensating modes for low voltage distribution network[J]. Guangdong Electric Power, 2007, 20(2): 34-36.
- [11] 武晓滕,刘健,毕鹏翔.配电网电压稳定性研究[J].电网技术,2006,30(24):31-35.
WU Xiaomeng, LIU Jian, BI Pengxiang. Research on voltage stability of distribution networks [J]. Power System Technology, 2006, 30(24): 31-35.
- [12] 柳占杰,许跃进.基于电压制式的电网最优供电半径研究[J].电力系统保护与控制,2010,38(19):87-91.
LIU Zhanjie, XU Yuejin. Research on the optimal grid radius based on standard voltage[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(19): 87-91.
- [13] 郭亚军.综合评价理论、方法及应用[M].北京:科学出版社,2007:130-137.
- [14] 欧阳森,石怡理.改进熵权法及其在电能质量评估中的应用[J].电力系统自动化,2013,37(21):156-159.
OUYANG Sen, SHI Yili. A new improved entropy method and its application in power quality evaluation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(21): 156-159.
- [15] 李连结,姚建刚,龙立波,等.组合赋权法在电能质量模糊综合评价中的应用[J].电力系统自动化,2007,37(4):56-60.
LI Lianjie, YAO Jiangan, LONG Libo, et al. Application of combination weighing method in fuzzy synthetic evaluation of power quality [J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 37(4): 56-60.

欧阳森(1974—),男,博士,副研究员,主要研究方向:电能质量、节能技术与智能电器。E-mail: ouyangs@scut.edu.cn

杨家豪(1990—),男,通信作者,硕士研究生,主要研究方向:电能质量分析与控制。E-mail: yangjiahao1990@foxmail.com

耿红杰(1988—),女,硕士研究生,主要研究方向:电能质量分析与控制。E-mail: 1052156466@qq.com

(编辑 章黎)

(下转第 207 页 continued on page 207)

(上接第 192 页 continued from page 192)

Comprehensive Evaluation Method of Transformer Area State Oriented to Transformer Area Management and Its Application

OUYANG Sen, YANG Jiahao, GENG Hongjie, WU Yusheng, CHEN Xinhui

(School of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Evaluation of the state of transformer area according to the basic data is the basis for making decisions in transformer area management. In view of such problems as the large number of transformer areas, lack of standardized management, and the incomplete data with the low-voltage distribution network, a transformer area management-oriented comprehensive evaluation method of transformer area state is proposed. First, an indicator system covering grid and load characteristics is established because of the easy accessibility of data. A state evaluation model of transformer area is then designed based on the improved rank correlation analysis method for calculating the evaluation value to quickly evaluate the state of transformer area. Owing to the adjustability of the rank relation, the method with its strong adaptability and generalization provides a reference for transformer area management. Finally, an example analysis according to the actual data of a power supply bureau is given to prove the effectiveness and universal applicability of this method.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50937001) and Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. 2012ZM0018).

Key words: low-voltage distribution network; transformer area management; comprehensive evaluation; improved method for rank correlation analysis