

# 基于同类划分的线损指标评价方法

孙志明<sup>1</sup>, 郑爱霞<sup>2</sup>, 周前<sup>1</sup>

(1.江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103; 2.江苏省电力公司, 江苏 南京 210024)

**摘要:**分析了影响电网线损的各类影响因子,建立了电网技术线损评价模型,提出了基于同类划分的线损指标评价方法,电网技术线损的评价值与其真实线损水平正相关,评价值相近的电网即为线损同类电网。

**关键词:**线损;影响因子;指标评价;同类划分

**中图分类号:**TM714.3;TM744

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)06-0055-03

线损率是电网企业一项重要技术经济指标,综合反映电网规划设计、生产运行管理水平,线损率指标的准确评价是线损管理考核工作的核心内容。线损包括技术线损和管理线损,其中技术线损受电网结构、设备状况、用电结构等诸多因素影响,不同区域电网差异较大,因此不能简单从线损率指标数值评价线损管理水平,应综合考虑线损率指标和其中技术线损的占比情况。由于受中低压配电网网络拓扑、设备台帐、电量参数等因素限制,对技术线损水平现状进行直接统计计算存在较大难度,必须研究制定有效可行的线损指标评价方法<sup>[1]</sup>。

## 1 技术线损影响因子

### 1.1 因子种类

技术线损是电网内部所有电气设备电能损耗的总和,主要由2部分构成:一是固定损耗,固定损耗与负荷电流变化无关,与电压变化有关;二是可变损耗,可变损耗与电流的平方成正比。有多种因素通过影响电网的电阻、电抗、电压、电流等从而影响电网技术线损。技术线损影响因子(以下简称为影响因子)可分成电网结构特征,设备物理参数属性,电网运行特征,用电结构特征,自然状况等五大类。

电网结构特征从网络角度评估技术线损,该类影响因子包括变电层次结构、各电压等级电网线路平均长度、电源(上网电厂、上级电网供电变电站)分布状况、变电站(尤其是配变)布点密度。设备物理参数属性从设备角度评估技术线损,该类影响因子包括各类导线(不同类型、不同截面)条数及长度占比情况、各类变压器(能耗系列)台数及容量占比情况、各类计量表计(尤其是低压用户表计)台数占比情况、无功设备配置。电网运行特征从系统运行角度评估技术线损,该类影响因子包括负荷时空分布(负荷空间分布、平均负荷率、负荷曲线形状系数、最大负荷、最小负荷)。用电结构特征从用电量结构角度评估技术线损,该类影响因

子包括各电压等级售电量及占比数据,分类售电量及占比数据。自然状况从电网以外角度侧面评价技术线损,该类影响因子主要包括冬夏季天气及温度情况。

### 1.2 影响特性

假设其余条件相同,仅考虑单一影响因子的变化情况,各类影响因子的线损影响特性:

- (1) 变电层次结构越多,技术线损越高;
- (2) 线路平均长度越长,技术线损越高;
- (3) 电源(上网电厂、上级电网供电变电站)分布状况与用电负荷分布状况存在偏差越大,技术线损越高;
- (4) 变电站尤其是配变布点密度越低,技术线损越高;
- (5) 细截面(高电阻率)导线占比越高,技术线损越高;
- (6) 老旧高损耗变压器占比越高,技术线损越高;
- (7) 机械电能表占比越高,技术线损越高;
- (8) 无功配置比例越低,技术线损越高;
- (9) 负荷空间分布上越不均匀,技术线损越高,对于分线线损,线路中后端负荷占比越高,技术线损越高;
- (10) 负荷时间分布上越不均匀,技术线损越高;
- (11) 低电压等级的售电量的占比越高,技术线损越高<sup>[2]</sup>;
- (12) 大工业、非、普工业等售电量占比越低,技术线损越高;
- (13) 冬夏季节极端气候频繁,空调负荷增加就越多<sup>[3]</sup>,技术线损越高。

### 1.3 相关性影响程度

部分影响因子之间存在相关性,如变电层次影响因子与各电压等级线损率及供电量相关,也就与分压售电量影响因子相关,同理,变电站布点密度影响因子与线路平均长度影响因子相关,分压售电量影响因子与分类售电量影响因子相关。各类影响因子对线损影响程度也不同。如用电结构特征对综合线损率的影响程度相对比较大,而电能表类型因素对线损的影响程度相对较小。

## 1.4 适用范围

若评价对象是市县区域电网,则上述影响因子都适用,若用于评价低压台区线损,则显然不需要考虑变电结构层次等因子的影响,具体如表1所示。

表1 影响因子适用范围

影响因子	区域电网	10 kV 线路	低压台区
变电层次	√	×	×
线路平均长度	√	√	√
电源分布	√	×	×
变电站密度	√	×	×
导线截面积	√	√	√
变压器状况	√	√	×
低压电能表	√	×	√
无功配置	√	√	√
负荷空间分布	√	√	√
负荷时间分布	√	√	√
分压售电量	√	×	×
分类售电量	√	×	×
自然状况	√	×	×

## 2 线损同类划分

### 2.1 影响因子数学模型

根据上述影响特性,建立影响因子数学模型。

(1) 变电层次:

$$y_{BDj} = \sum \frac{P_i A_{ij}}{A_j} \quad (1)$$

式(1)中: $i$ 为电网电压等级; $j$ 为待评估电网序号; $P_i$ 为*i*电压等级平均线损率常数; $A_{ij}$ 为电网*j*的*i*电压等级供电量; $A_j$ 为电网*j*的总供电量。

(2) 线路平均长度:

$$y_{XLj} = \sum q_{xli} \frac{L_{ij} - L_{imin}}{L_{imax} - L_{imin}} \quad (2)$$

式(2)中: $q_{xli}$ 为*i*电压等级线路权重常数; $L_{ij}$ 为电网*j*的*i*电压等级线路平均长度; $L_{imax}$ , $L_{imin}$ 分别为各待评估电网*i*电压等级线路平均长度中的最大值、最小值。

(3) 电源分布:

$$y_{DYi} = \sum \frac{l_{mj} S_{mj}}{n S_j} \quad (3)$$

式(3)中: $m$ 为电源(上网电厂、上级电网降压变)序号; $l_{mj}$ 为电网*j*的电源*m*至其各所接变电站最远线路的距离; $S_{mj}$ 为电网*j*的电源*m*的容量; $S_j$ 为电网*j*的参与计算的电源容量之和。

(4) 变电站密度:

$$y_{MDj} = \sum q_{mdi} \frac{M_{imax} - M_{ij}}{M_{imax} - M_{imin}} \quad (4)$$

式(4)中: $q_{mdi}$ 为*i*电压等级变电站布点密度权重常数; $M_{ij}$ 为电网*j*的*i*电压等级变电站布点密度; $M_{imax}$ , $M_{imin}$ 分别为各待评估电网的*i*电压等级变电站布点密度中的最大值、最小值。

(5) 导线截面积:

$$y_{JMj} = \sum q_{jmi} [q_{kd} (5L_{ijka} + 3L_{ijkb} + L_{ijkc})] \quad (5)$$

式(5)中: $k$ 为导线类型序号,1为架空线,2为电缆; $q_{kd}$ 为导线类型权重常数; $q_{jmi}$ 为*i*电压等级线路截面权重常数; $L_{ijka}$ , $L_{ijkb}$ , $L_{ijkc}$ 分别为电网*j*的*i*电压等级*k*类型线路中细截面、中间截面、粗截面类型线路长度占该电网该电压等级该类线路长度的比例。

(6) 变压器状况:

$$y_{BYQj} = \sum q_{byqi} (5T_{ija} + 3T_{ijb} + T_{ijc}) \quad (6)$$

式(6)中: $q_{byqi}$ 为*i*电压等级变压器分类权重常数; $T_{ija}$ , $T_{ijb}$ , $T_{ijc}$ 分别为电网*j*的*i*电压变压器中高耗、普通、节能型号容量占该电网该电压等级变压器容量的比例。

(7) 低压电能表:

$$y_{DNBj} = D_{1j} + \frac{1}{2} D_{2j} \quad (7)$$

式(7)中: $D_{1j}$ , $D_{2j}$ 分别为电网*j*的单相机械表、三相机械表占有电能表的比例。

(8) 无功配置:

$$y_{WGj} = \sum q_{wgi} (1 - W_{ij} K_{1ij} K_{2ij}) \quad (8)$$

式(8)中: $q_{wgi}$ 为*i*电压等级无功设备权重常数; $W_{ij}$ 为电网*j*的*i*电压等级电容器总容量与该电压等级变压器总容量之比值; $K_{1ij}$ , $K_{2ij}$ 分别为电网*j*的*i*电压等级电容器投切方式、分组方式修正系数。

(9) 负荷空间分布:

$$y_{FKj} = \sum q_{fki} (5F_{ija} + 3F_{ijb} + F_{ijc}) \quad (9)$$

式(9)中: $q_{fki}$ 为*i*电压等级负荷空间分布权重常数; $F_{ija}$ , $F_{ijb}$ , $F_{ijc}$ 分别为电网*j*的*i*电压等级负荷在线路上对应于自线路首端起2/3~1,1/3~2/3,0~1/3长度的负荷的占比。

(10) 负荷时间分布:

$$y_{FSj} = 0.4 \frac{(F_j - 40\%)^2}{0.04} + 0.4 \frac{K_j - 1}{0.5} + 0.2 C_j \quad (10)$$

式(10)中: $F_j$ 为电网*j*的年配变平均负载率; $K_j$ 为电网*j*的年负荷曲线形状系数; $C_j$ 为电网*j*的年最大峰谷差率,即峰谷差与峰荷之比值。

(11) 分压售电量:

$$y_{FYj} = 1 - \frac{\sum q_{fyi} B_{ij}}{B_j} \quad (11)$$

式(11)中: $q_{fyi}$ 为*i*电压等级售电量权重常数; $B_{ij}$ 为电

网  $j$  的  $i$  电压等级售电量;  $B_j$  为电网  $j$  的总售电量。

(12) 分类售电量:

$$y_{FLj} = 1 - \frac{\sum q_t B_{ij}}{B_j} \quad (12)$$

式(12)中:  $t$  为售电量分类序号;  $q_t$  为各分类售电量权重常数;  $B_{ij}$  为电网  $j$  的  $t$  分类售电量。

(13) 自然状况:

$$y_{ZRj} = \sum (T_h + T_l) \quad (13)$$

式(13)中:  $T_h, T_l$  分别为一年之中最高气温超过  $35^\circ\text{C}$ , 最低气温低于  $-10^\circ\text{C}$  的天数。

## 2.2 技术线损评估计算

对于上述变电层次模型,令:

$$Y_{BDj} = \frac{1}{y_{BDmax} - y_{BDmin}} (y_{BDj} - y_{BDmin}) \quad (14)$$

式(14)中:  $y_{BDmax}, y_{BDmin}$  分别为所有待评估电网通过式(1)计算得出的最大值、最小值,则  $Y_{BDj}$  的值域为  $[0, 1]$ 。

其余各影响因子参照该方法,均可将其值域限定在  $[0, 1]$ 。在实际工作中,式(1)至式(13)的数学模型所需基础参数的获取难易程度不一,因此需根据待评估电网的类型,以及当前各类基础参数的完备程度,合理确定参与技术线损评估的影响因子及计算权重系数。由此得到技术线损评估公式:

$$Y_j = \sum (Q_1 Y_{BDj} + Q_2 Y_{XLj} + \dots + Q_{13} Y_{ZRj}) \quad (15)$$

式(15)中:  $Q_1, Q_2, \dots, Q_{13}$  为权重系数,不参与计算则权值为 0。

由式(15)得出技术线损评估值,值域为  $[0, 1]$ ,计算结果数值越大则表明真实技术线损率越高,计算结果数值接近的评估电网即为线损同类电网。

## 3 线损指标评价

以某省级电力公司评价所辖各县级供电公司综合线损率指标为例,根据上述线损同类划分方法,得到各县级供电公司技术线损评估结果及排序顺序,如表 2 所示。将该排序结果与其线损率实际完成值排序进行比较。

表 2 数据表明 D, E, F 其 3 个单位技术线损评估

表 2 县供电公司线损指标评价

单位	评估结果	评估排序	实绩排序
A	0.323	1	1
B	0.365	2	2
C	0.387	3	4
D	0.420	4	3
E	0.421	5	9
F	0.424	6	5
G	0.48	7	6
H	0.543	8	7
I	0.549	9	8
J	0.573	10	10

结果比较接近,可作为线损同类电网,3 个单位线损实际完成值也应基本相同,而目前 E 的线损实绩排序异常,意味着该单位管理线损所占比重较大,降损空间也较大。由此可对各单位的线损指标情况进行合理评价。

## 4 结束语

基于线损同类划分的线损评价方法适合于对县级及以下供电企业开展线损指标评估。随着线损同类划分评估对象缩小,可分别开展不同供电所(营业部)、10 kV 配电线路、低压台区技术线损现状的评估,为各级线损指标管理提供评价依据。

### 参考文献:

- [1] 王涛,张坚敏,李小平. 计划线损率的计算及其评价[J]. 电网技术, 2003, 27(7): 40-42, 55.
- [2] 孙志明. 电网统计线损率波动原因分析[J]. 江苏电机工程, 2011, 30(4): 58-60.
- [3] 许琦,曾凌. 南京电网负荷与气温敏感性分析[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(5): 55-57.

### 作者简介:

孙志明(1978),男,江苏江阴人,高级工程师,从事无功、线损分析工作;

郑爱霞(1968),女,河南温县人,高级工程师,从事变电运行及无功、线损、电能质量管理工作;

周前(1978),男,江苏宜兴人,高级工程师,从事电力系统分析及技术线损研究工作。

## The Method for Line Loss Index Evaluation Based on Partitioning Similar Area

SUN Zhiming<sup>1</sup>, ZHENG Aixia<sup>2</sup>, ZHOU Qian<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing, 211103, China;

2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

**Abstract:** In this paper, some kinds of factors affecting line losses are analyzed, and some indexes for line losses evaluation are proposed. A method for line losses index evaluation based on partition similar area is proposed. It shows that there is a positive correlation between index evaluation result and real line losses. Therefore, the grids which have similar index evaluation results can be defined as similar grids in terms of line losses.

**Key words:** line losses; impact factor; index evaluation; partitioning similar area