

## 科技论坛

## 浅谈降低下浒所台区综合线损率

高雄阳

(宁德市供电服务有限公司霞浦分公司 福建霞浦 355100)

摘要：线损率是供电企业的重要技术经济指标，也是电力系统规划设计和经营管理水平的综合反映，降损增效是供电企业生产经营的中心任务。随着精益化管理的不断推进，上级公司对线损管理的要求更加严格。根据相关文件要求，2023 年度下浒镇供电所台区综合线损率降到 2.2%及以下。笔者主要从下浒镇供电所台区线损率异常入手，对供电所台区线损率进行现状调查，分析线损异常的主要原因，按照技术线损和管理线损两个手段来制定对策及建议。

关键词：台区综合线损率，原因分析，实施对策

针对下浒镇供电所地理条件和现状，低压台区线损率已列入公司年度重点指标管控，但近几年降损成效不明显，为提升线损精益化管理，挖掘台区供电量大且线损在合格阈值范围内的降损空间，提升台区线损的管理手段和技术方法，以降低台区综合线损率，因此降低下浒所台区综合线损率是急需解决的主要问题。

### 一、供电所台区综合线损率现状

在配电线路中，电能通过变压器和低压配电线路输送至客户电能表都要产生电能消耗和损失，此外，在营销管理中还会有一些不明的电量损失如窃电、漏电、计量差错、抄表原因等影响也会引起线损率的波动。

根据上级文件要求，对下浒所台区线损现状开展目标可行性论证。调查近 1 年内各月份台区线损率在区间的占比情况，及综合线损率最高和最低月份台区线损率在各区间的损失电量，发现台区线损率在（4，7]区间的占比越大，综合线损率越高，因此，线损率在 4-7%区间的台区是实现降损的主要目标。进一步对台区线损率在（4，7]区间且月损失电量在 1500 度以上台区的损失电量进行统计，该区间台区损失电量占总供电量的比例只要从 1.17%降低到 0.76%，就能实现目标。纵向对比：2022 年 12 月份下浒所台区线损率在（4，7]之间的台区损失电量占总供电量的比例 0.72%，月度综合线损率 2.09%，在目标值 2.2%以下，因此，设定目标值 2.2%是可行的。横向对比：经调查用电信息采集系统 2022 年霞浦公司全年台区线损率情况，兄弟供电所三沙所、城供中心在 2022 年全年平均线损率均在 2.2%及以下。通过横向和纵向对比为目标实现提供了线路模板与改进方向。

现通过用电信息采集系统和线损一体化系统，调查供电所造成台区线损异常的原因。按现有 0.4KV 线路的供电长度、线径、容载比、线路无功补偿等情况统计，

定出各台区线损率参考值，再根据季节性用电特点与线损率情况进行比对，发现还有降损的空间。

调查 2022 年下浒所各台区月线损率高于公司下达指标值的影响因素发现，电能表失流等计量异常引起的 32 次，占比 53.33%。对应线损率偏高的月份通过查询 iES600 系统负荷曲线等相关记录、用电信息采集系统电流电压等相关曲线、营销 2.0 系统电量退补情况、配电 PMS 系统基础数据进行计算分析，影响 2022 年台区线损率偏高的因素分类占比如下：计量异常 39.59%，线路损耗 32.56%，窃电 17.92%，无功补偿 7.38%，其他原因 2.55%。因此，计量异常和线路损耗是造成台区线损率高的主要症结，应优先解决。

### 二、台区线损率异常的原因分析

根据主要症结，结合实际，对“计量异常、线路损耗”的原因进行分析，从日常运维不到位、用电检查不到位、受电端功率因素过低、线路非经济运行、人员技能水平低、未安装无功补偿设备等中间原因绘制因果关联图，从中寻找到“专业培训次数少、缺少无法补偿装置、计量装置欠流、计量装置失压、台区用户窃电、小截面导线长期过负荷运行、导线接头接触不良、裸导线对树木放电”8 个末端因素。并开展要因确认如下：

#### （一）专业培训次数少

人员素质差，缺乏线损管理的专业技能，无法排查高损的原因及降损措施，管理不到位是造成台区线损偏高的一个原因。并对供电所人员线损培训次数进行调查，并在 4 月中旬，针对线损管理相关知识进行摸底考试，培训次数与考试成绩并非正关联，考试合格成绩为 90 分及以上，从上表可以统计出，90 分及以上人数为 7 人，不合格人数 3 人，通过率仅为 70%。因此专业培训次数少是造成线损率偏高的一个原因，但它是管理上的间接原因，不是 2022 年下浒镇所台区线损率偏高的主要原因。

## （二）缺少无功补偿装置

根据《供电营业规则》第四章第 41 条规定, 100kVA 及以上用户功率因素 0.9 以上, 农村地区不低于 0.85, 农业用电在 0.8 以上。线路无功补偿不合理的, 或未安装自动无功补偿装置, 造成高峰欠补、低谷过补的, 电网无功环流将增加线路损耗。电动机等感性负载会消耗无功, 功率因率达不到要求, 就会造成电能损耗。依据国网技术降损的措施, 通过增加无功补偿装置、将无功优化、电容器组合理分组等技术措施来提高功率因数。降损电量( $\Delta(\Delta)A$ )均可按以下公式进行估算:

$$\Delta(\Delta A) = \sum_{i=1}^m [\Delta A_i (1 - \frac{\cos^2 \Phi_{i(1)}}{\cos^2 \Phi_{i(2)}})] - Q_c \text{tg} \delta \cdot T$$

从以上公式可以得到降损电量与功率因数平方成反比, 如果提高用户端的功率因数, 损耗电量明显增高, 功率损耗明显降低。当功率因数由 0.7 提高到 0.9 时, 线路(设备)的功率损耗可减少 39.5%, 因此无功补偿不合理是一个要因。

为了减少无功补偿不合理, 有效改善电压质量, 降低台区线损。下游镇所已要求辖区内动力用户加强需求侧无功管理, 按照就近补偿的原则, 配置低压电容器等无功自动补偿装置, 并严格力率考核, 增加台区综合配电箱内无功补偿容量, 功率因数已达到 0.9 以上。因此无功造成的损耗不是造成台区线损率高的主要原因。

## （三）计量装置欠流

调查 2022 年各低压大容量用户计量用电检查记录, 从用电信息采集系统用户终端的电流曲线变化情况, 发现电流曲线为负或缺失的 49 处, 现场排查是计量装置二次接线错误和接触不良。计量装置二次欠流造成少计电量 559128kwh, 占 2022 年总损失电量 1502630kwh 的 37.21%, 因此计量异常是造成台区线损偏高的主要原因。

## （四）计量装置失压

调查 2022 年各低压大容量用户计量用电检查记录, 从用电信息采集系统用户终端的电压曲线变化情况, 发现电压值为 0 的 3 处, 现场排查是计量箱被雷击损坏, 已退补不影响线损。用户计量电能表欠压的 8 处, 通过用电信息采集系统查询无法自动采集的用户, 及时更换表计进行消缺处理, 因此计量装置失压是造成台区线损偏高的一个原因, 但非主要原因。

## （五）用户窃电

2022 年共开展反窃电检查 12 次, 根据《福建省电力设施建设保护和供用电秩序维护条例》第三章第四十三条和《供电营业规则》第九章第 101 条窃电行为规定: 采用非法手段不计量或少计量、私自变更变压器铭牌等

用电行为, 用电检查人员有发现 2 户实际用电容量超过申报容量, 即实际运行电流超过互感器的额定电流 120%, 造成少计电量, 通过用电信息采集系统的电流曲线可以发现异常。用户采用技术手段使计量装置不计量或少计量的方法窃电, 在机械表时代是普遍存在的, 随着智能表的全覆盖, 反窃电能力得到了提升。因窃电数量不多, 损失电量 269271kwh, 占 2022 年总损失电量 1502630kwh 的 17.92%, 已进行电量退补, 因此属于次要原因。

## （六）小截面线路长期过负荷运行

根据《配电网规划设计技术导则》的导线载流量标准: 运行电流在额定电流 60-70%为经济运行, 达 80%的为重载运行。迎峰度夏期间下游#1 公变出现了过载情况, 最高负载率达 103.58%, 运行电流达 569.69A。主干线 JKLYJ-240mm<sup>2</sup>, 电线表面温度达 25℃时允许安全载流量 550A, 61℃时允许安全载流量 440A。长期过负荷运行, 将造成线路的压降增大, 无形中增加了线路损耗。通常电力线路的配电能力受到限制的最主要因素是线路的电压降, 一般允许值不超过 10%, 线路压降可用下式计算:

$$\Delta U \% = (R_0 + X_0 \text{tg} \Phi) PL / U^2 / 10$$

线路电阻变化范围超过 5 倍的, 而感抗的变化幅度不到 30%, 一般电压较高的线路线径较大而线间距离也较大, 电阻降低而感抗增加, 其变化有一定的互补性。这里, 我们对  $R_0$ ,  $X_0$  分别取为 0.46 及 0.4, 以下游#1 公变等 16 条 0.4kV 线路长度 20.36km 计算,

导线型号由 LGJ-70 更新为 JKLYJ-240, 导线的电阻值将减小 71.3%:

$$\Delta R = (0.46 - 0.132) / 0.46 = 71.3\%$$

当功率因数  $\cos \Phi = 0.8$  时,  $\text{tg} \Phi = 0.75$ , 下游#1 公变等 16 条 0.4kV 线路最大负荷时损失的功率

$$\Delta P = I^2 * R = 2752 \times (R_0 + X_0 \text{tg} \Phi) L = 2752 \times (0.46 + 0.4 \times 0.75) \times 20.36 = 1170.191(\text{kw})$$

时间按 6-8 月每天 4.5 小时计算  $T = 90 \times 4.5 = 405$  (小时)

$$\Delta W = \Delta P * T = 1170.191 \times 405 = 473927(\text{kwh})$$

2022 年迎峰度夏期间, 下游#1 公变低压线路一超载运行, 线路末端用户就出现低电压, 且月平均线损将比平常月份高 2-3 倍。仅下游#1 公变 6-8 月份损失电量 25013kwh, 因此导线截面过小, 线路长期过负荷运行是造成台区线损率偏高的主要原因。

## （七）导线接头接触不良

根据《配电线路及设备运行规程》的规定, 额定电流条件下导线运行温度不超过 50℃, 2022 年在负荷高峰

期采用红外测温仪对线路和设备进行检测,发现导线接头线夹处温度超过 100℃的有 18 处。由于导线接头与线夹间接触不良而逐渐氧化,接触电阻也逐渐增大,电流经过接触电阻,产生热能,造成电能被损耗了。按线路正常运行电流 100A,接触电阻 1Ω 计算:

损失的电功率  $P=I^2 \cdot R=100^2 \cdot 1=10000(\text{瓦})=10\text{kw}$

月损失的电量  $W=P \cdot T=10\text{kw} \cdot 24 \text{ 小时} \cdot 30 \text{ 天}=7200\text{kwh}$

因此导线接头接触不良是造成台区线损偏高的一个原因,2022 年红外测温发现的缺陷都能及时进行消缺,消缺时间缩短了,线路线损也就减小了。

#### (八) 裸导线对树木放电

根据《配网架空线路设备运行规程》第 3.2.11 条裸导线与高杆植物安全距离不足的,会造成 0.4kV 线路对地形成间断的漏电,造成线路损耗。调查 GPMS 系统,2022 年线路巡视情况,发现线树矛盾的缺陷都能及时进行处理。漏电损耗的电量不多,因此裸导线对安全距离不足的超高树竹放电不是造成台区线损偏高的主要原因。

### 三、降低台区线损率的对策及建议

针对以上的两个主因,从管理线损和技术线损两个要素来制定对策。

#### (一) 提升管理水平及时整改异常的计量装置

1.健全线损管理体系,每日上午开展系统监测监控,查询各台区计量数据及电压电流曲线变化情况并与前日进行对比。每周周一召开周线损例会,分析上周出现计量异常的用户造成地原因,排查计量参数变化的根源,并采取对策。每月月初召开线损分析例会,对台区线损异常的线路进行专题分析,现场查找原因并及时消缺。供电所组织反窃电工作小组,每周开展用电检查和反窃电工作。今年以来,通过用电检查和反窃电工作,因计量异常引起的台区线损率偏高只发生 2 次,影响 1 个月的线损,并及时进行电量退补。

#### 2.加强线损理论计算和分析:

应用 RPA 技术,开发供电所台区线损数据分析流程自动化、台区线损异常智能分析、台区线损合格率统计等流程机器人,从用电信息采集系统快速导出线损异常台区和日损耗电量大的台区明细,预警网格人员提前进行线损排查及消缺,及时治理高负损台区。通过同一时段各台区用户供电电量情况对比,对出现电量突增突减的计量进行曲线分析查找原因,共发现 11 次因用户增容电流变比改变而出现的计算误差,1 次计量损坏。

加强电能计量装置的改造力度,提高防外力破坏(雷

害)水平。

(1) 计量装置按周期检修、校验、轮换。更换质量不可靠的电能计量设备,特别是误差超标准的互感器和电能表。

(2)开展用户设备接地电阻测试,对接地电阻达不到 4 欧以下的设备,增补接地装置;更换老旧的避雷器,防止因雷击对计量装置造成损坏。

经过整治,用户计量遭雷击损坏从 2022 年的 3 次下降到 1 次,环境对计量的影响率下降 66.67%。通过以上措施,计量异常造成线损率偏高的次数由 32 次降到 4 次,偏高占比由 37.21%降到 6.67%,达到预定目标值 8%以下。

#### (二) 提升技术线损水平对线路进行优化改造

1.更换粗导线:将供电到镇区的 0.4kV 线路主干线由 LGJ-120mm<sup>2</sup> 更换成 JKLYJ-240mm<sup>2</sup>

2.优化线路走向,合理分配负荷,减少线路超重载运行。(1) 下游镇隆昌#5 变后端负荷切割到隆昌#16 变线路(主干线截面积 240mm<sup>2</sup>)供电。(2) 下游#2 变后端负荷切割到下游#15 变(主干线截面积 240mm<sup>2</sup>)供电。(3) 将原超重载的台区进行优化改造和负荷切割。(4) 台区供电半径大于 500 米的高损台区,列入配网项目储备。

3.在用户端加装无功补偿装置,优化受电端功率因素和运行电压,提高了用电效率。

通过线路优化改造,过重负荷运行的台区线路最高负荷率降到 51%、53%,达到 70%以下的目标值。

从 2023 年 3 月起正式开展台区降损工作,根据对策表的要求实施对策后,因两项要因导致的台区综合线损率与 2022 年同比下降了 0.42%,目标是 2023 年台区综合线损率同比下降 0.41%,即下降到 2.2%以下。

#### (三) 判断为异常的台区的整改措施和要求

1.台区关口异常:首先通过采集系统分析该台区关口电流、电压、功率因数等数据是否出现异常,若数据无异常,再进行现场排查。现场核查时,先核查关口表计与互感器外观是否完好、接线是否正确有无松动现象,螺栓是否松动等,先使用测量工具测量关口表的电压、电流等数据,同时与关口表表显电压、电流等数据进行比对,确定是否存在计量装置故障、接线错误及接线不良等;然后核查互感器倍率信息是否与采集系统、营销系统档案一致;最后可通过现场校验仪校验关口表的计量误差是否超差。

整改要求:由管理人员与片区负责人为小组,在发现异常当天排查关口计量设施是否存在异常,如存在异常,两天内完成更换工作。

2.用户表计异常:确认台区关口总表确无异常后,可先通过采集系统分析用户近期用电量,重点分析近期用电量突减或是零用电量的用户,进行现场核查是重点对数据分析异常的用户进行核查。现场核查时,首先检查电能表外观是否完好、接线是否正确,接线处是否有氧化现象,表计螺栓是否松动等。再通过万用表、电流钳等测量用户数电压、电流值,同步与表显数据进行比对,从而判断表计是否存在故障,同时核查用户现场计量设备信息是否与采集系统、营销系统档案一致。

整改要求:由管理人员与片区负责人为小组,一天内完成对现场排查工作,检查用户计量设施是否存在异常,如存在异常,一天内完成更换工作。

3.用户窃电原因:先通过采集系统查询用户电表是否有,如电表停电、表计开表盖或端钮盖、失压与失流、零火线电流异常等异常事件;再到排查用户是否存在如私拉乱接无表用电、绕越电能表用电、私自开启电表接线盒封印和电表表盖封印用电、损坏电能表及计量互感器用电等行为。

整改要求:加强计量管理,每日跟踪采集系统分析异常台区用户日用量是否正常,并结合现场计量巡视工作,加大反窃电工作开展及入户宣传窃电处理情况宣传,提高计量的准确性,严堵“人情电、关系电、权力电”

4.线路漏电原因:从变台、线路检查配电箱中漏电开关,线路老化、搭接情况,使用钳形电流表测量电流,进行对比排查。

整改要求:对于未改造的台区应加快对辖区内裸导线的更换进度,加强对未改造的台区的线损巡视线路故障引起的线损异常,周末节假日安排值班人员对线损进行日跟踪,第一时间发现台区线损异常并及时处理,三日内完成处理工作。

5.线树矛盾:结合台区巡视工作,检查线路是否存在此类情况。出现此类情况时,应在三日内进行清障处理。

结语:通过降损技术措施的改造,治理了超重载线路,减少了因过载而引发的故障,从而提高了供电质量和用户用电满意度,实现了供电企业和用户的双赢,取得较好的经济效益和社会效益。在专业技术提升方面,供电所员工对台区线损异常治理有了更深的技术理解,但治理成效还不够明显,需进一步改善。在管理技术提升方面,熟练运用柱状图、调查表、排列图等管理工具,但员工在原因分析中讨论的逻辑性不够,需加强因素的逻辑严密性。在人员素质提升方面,团队协作激发了供电所员工的积极性和创造性,使各成员的多专业复合能力有了加强,但以事实为依据用数据说话方面还存在不足,需进一步加强巩固活动创造的无形效益。在讨论可行性认证选取上有一定的局限性,仍有待完善。

#### 参考文献:

[1]GB50217-2018《电力工程电缆设计标准》、《配电网规划设计技术导则》

[2]《福建省电力设施建设保护和供用电秩序维护条例》