

# 配电网线路跳闸原因统计分析及运维对策研究

钟雄

国网江西省电力有限公司瑞金市供电分公司, 江西省赣州市, 342500;

**摘要:** 10kV 配电网线路跳闸故障直接影响供电可靠性和用户用电质量, 对跳闸原因进行准确分析, 并制定出有针对性的运维措施, 具有十分重要的实际意义。通过对某地区 10kV 配电线路跳闸数据进行系统分析, 得出外力破坏、设备缺陷、自然灾害这三个主要的故障类型, 并找出故障发生的时间、地点、设备薄弱环节。根据故障特征分析出强化巡检维护、技术改造和应急机制等运维措施。研究成果可以给配电网的可靠性、故障率降低提供科学依据和实施途径, 对电力系统的运维管理工作有指导作用。

**关键词:** 配电网; 线路跳闸; 故障分析; 运维对策

**DOI:** 10.69979/3041-0673.26.04.022

10kV 配电线路属于直接供用户的类型, 承担着城乡供电任务。线路跳闸故障会造成停电, 影响居民的生活、工业生产的运行, 还会损害供电企业的服务品质。近几年来由于配电网规模扩大、负荷密度增大, 线路运行环境变得越来越复杂, 跳闸故障形式多种多样。正确判断出跳闸原因、找到故障规律、提出有效的运维措施, 是配电网管理的关键课题。通过对历史故障数据进行统计分析, 可以发现薄弱环节和管理盲区, 给运维决策提供数据支撑。本文将采用统计分析的方法找出 10kV 线路跳闸故障的特征, 提出提高供电可靠性的改善运维方法。

## 1 跳闸原因统计分析

### 1.1 外力破坏类故障

外力破坏是造成 10kV 线路跳闸的主要原因, 占总故障数的 35%到 40%。该类故障大多由于施工、交通事故和人为的活动造成线路设施受损。基建施工过程中挖掘机械触碰电缆、吊车碰撞架空导线的现象时有发生, 施工单位安全意识薄弱和违规作业是主要原因<sup>[1]</sup>。由于交通事故撞击电杆造成杆塔歪倒、坠落, 导致线路断电。农村地区秸秆焚烧、放风筝等活动很容易造成异物挂线, 形成短路故障。城市改造、地下管网施工密集区电缆被挖断的风险较大, 应加强施工管理、保护措施。外力破坏具有突发性、破坏性强、全部损失、修复时间长等特征。根据统计数据表明, 电缆线路受到外力破坏的比例要比架空线路高。城区电缆密集敷设地段属于重点防护地段。树木生长接触导线引发的接地故障属于外力因素, 通道清理不及时导致树障问题逐年积累。老旧小区存在

严重的私搭乱建现象, 违章建筑占用线路走廊, 增大运行风险。外力破坏类故障的防范要多个部门联合起来形成合力, 建立施工报备制度, 加强巡查力度, 及时发现并排除隐患。

### 1.2 设备缺陷类故障

由于设备本身缺陷而造成的跳闸占 30%, 包含导线、绝缘子、开关、变压器等设备。导线老化属于常见问题, 长期运行的铝绞线经风吹日晒后强度降低, 会出现断股或者断线。接头处理不当使接触电阻增大, 长时间发热氧化造成烧断。绝缘子污闪、雷击是常见的高发故障类型, 在污秽地区绝缘子表面长期积污, 下雨、雾天时容易发生闪络<sup>[2]</sup>。老旧瓷瓶绝缘子抗污性差, 部分有裂纹、破损, 需定期检测更换。跌落式熔断器动作频繁, 熔管老化、触头接触不良、熔丝选择不当都会影响保护性能。柱上开关机械卡滞、操作机构失灵造成拒动或者误动, 使得故障隔离的效果大大降低。配电变压器套管闪络、绕组短路、铁心接地等故障会造成上级线路跳闸。电缆终端头、中间接头制作工艺缺陷、绝缘受潮或击穿都会导致电缆线路故障。避雷器老化失效, 雷电过电压保护能力降低, 雷雨季节故障率增大。设备缺陷类故障与设备的品质、使用寿命、维护情况相关, 应建立设备台账, 掌握设备运转状况, 施行状态检修。

### 1.3 自然灾害类故障

自然灾害引起的跳闸占总跳闸量的 25%到 30%, 主要是雷击、大风、覆冰、动物触电等。雷击是配电网最主要的自然灾害, 雷雨季节跳闸率明显上升。直击雷打中导线或杆塔会产生很大的电流, 造成设备损坏或者

引发闪络。感应雷过电压通过电磁感应作用在导线中,使绝缘被击穿。山区和开阔地带线路的雷击风险较高,防雷措施不完善的地段易发生事故。大风天气会严重影响线路,强风会造成导线产生偏振放电,还有可能会把树木刮折到电线上形成短路。沿海台风区要提高杆塔基础的加固强度,以提高抗风能力。冬季覆冰在北方和高海拔地区对线路影响严重,冰层重量会增大导线弧垂并减少对地和相间距离,容易引起放电。严重的覆冰会造成导线被压断、杆塔倒塌,造成大面积停电。动物触电鸟类筑巢、蛇鼠爬行等在绝缘子串或者设备上形成接地通道。春秋季节鸟类活动频繁,在横担上筑巢或者停留,粪便污染绝缘子降低绝缘水平。小动物进入环网柜、开闭所等设备内部引起相间短路或者接地故障。

## 2 故障规律与特征研究

### 2.1 时间分布特征

10kV 线路跳闸故障存在一定的季节性、时段性规律。夏季6月至8月是故障高峰期,雷雨天气较多,雷击故障居多。此时降雨量大,空气湿度大,绝缘子污闪的可能性增大。冬季12月至次年2月,北方地区因为覆冰和大风造成故障增多,南方地区相对平稳。春秋两季气候温暖、故障率最低,但在春季鸟类筑巢、秋季农作物收割期间发生的因火灾引起的故障需要加以注意。从月度统计看,7月、8月故障次数最多,占全年25%至30%。午后到傍晚时段故障较多,与雷雨天气发生时间吻合<sup>[4]</sup>。夜间故障少但是处理难度大,对供电影响时间长。工作日故障率高于节假日,施工活动为主要影响因素。负荷高峰期设备发热加剧,老化设备在这个时候更容易出故障。掌握时间分布规律来确定合理的巡检计划,在故障多发期到来之前预先做好预防性的检查工作,在雷雨季节增加特检次数,重点检测防雷接地隐患。提前做好抢修准备,储备充足的人力、备件,缩短故障处理时间。

### 2.2 空间分布特征

线路跳闸故障的空间分布受地理环境、气候条件、人类活动的影响较大。城区电缆多,外力破坏、本体故障较多。老旧小区线路设备陈旧,改造难度大,故障率居高不下。新建小区虽然设备比较新,但是施工质量不同、存在隐患。工业园区负荷密度大,用户设备故障会影响线路。郊区架空线多,树障、雷击、设备老化是常见的问题。农村线路长而远,巡检难,小动物和异物挂

线严重。山区线路地形复杂,雷击风险高,巡视、抢修不便。沿海地区盐雾腐蚀严重,绝缘子污闪频发,设备维护要求高。不同的供电区域故障密度不同,城乡结合部、开发区、施工密集区是故障多发区。地质条件对杆塔基础稳定性有影响,软土地基地区要增强基础处理。制作出故障分布图,找到高发区实施差异化管理。针对故障多发区段实施专项治理,开展设备更新及线路改造工作,从而提高整体可靠性<sup>[5]</sup>。

### 2.3 设备薄弱环节

经由统计发现,有的设备类型以及部位成了故障高发区,属于线路运行中的薄弱环节。电缆终端头、中间接头是电缆线路常见的故障部位,制作工艺复杂、施工现场条件受限、质量控制难度大。接头处电场分布复杂,长时间的运行会使得绝缘加速老化。直埋电缆受外力破坏的风险较高,缺少保护措施的区域容易被挖断。架空线路上绝缘子故障多,瓷质绝缘子容易碎裂,复合绝缘子老化以后机械强度降低。污秽较严重的地方应经常清扫,或者采用防污型绝缘子。导线连接处是发热、烧断的易发点,压接不良或者接触电阻大造成局部过热。分支线接入点设备多,故障几率增大。跌落式熔断器作为架空线路的重要保护装置,动作频繁会加速老化,需定期检查触头接触状态以及熔丝的规格配置。变压器台架容易出现故障并向上传递,低压短路会造成高压跳闸。台区避雷器、跌落熔断器以及接地装置是否完好会直接影响保护的效果。老旧设备普遍存在绝缘降低、机械性能变差等问题,运行20年以上的线路段故障率明显偏高。

## 3 运维对策与改进措施

### 3.1 巡检维护策略

建立科学化的巡检维护制度是降低故障率的基础。定期巡检需要遍历全线,检查的主要部分是杆塔基础、导线连接、绝缘子、防雷接地装置。城区线路每月巡检不少于1次,郊区、农村线路每季度巡检不少于1次。特殊天气前后加做临时巡检,雷雨季节每周一次特巡,检查避雷器、绝缘子、接地装置。大风过后检查导线有无断股、杆塔有无倾斜、设备有无异常。覆冰期间要监测冰层厚度,及时组织融冰或除冰作业。巡检方式从传统的人工巡检转变为智能化的巡检,利用无人机进行巡检可以提高效率和安全性,能够迅速发现线路通道内的树木、违建等隐患。红外测温技术可以准确地发现设备

的发热缺陷,提前发现接头松动、触头接触不良等问题。建立缺陷管理系统,对发现的问题分级处理,重大缺陷马上消除,一般缺陷限期整改。加强设备台账管理,记载运行年限、检修历史及缺陷情况,为状态检修提供依据。树障清理属于架空线路维护的一种,制定通道清割计划,联系林业部门按时修剪或砍伐危险树木。通道宽度要满足安全距离的要求,防止树枝接触导线。加强同规划、施工等有关部门的沟通协调,掌握施工情况,提前做好交底和防护,派员现场监护,防止外力破坏<sup>[4]</sup>。

### 3.2 技术改造方案

对于设备老化、技术落后的问题,开展系统的改造工程,可以从源头上提高线路的可靠性。老旧导线更换为改造重点,运行年限超过20年的裸导线要分批换成绝缘导线或大截面导线。绝缘导线可以减少短路、接地故障的发生率,提高线路抗外力破坏性。用钢芯铝绞线代替普通的铝绞线,提高机械强度和载流能力。接头处用液压压接工艺来保证接触可靠。绝缘子升级改造采用复合绝缘子或者防污型绝缘子,提高抗污闪能力。雷击频繁地区加装避雷器,杆塔接地电阻不合格的重新处理,埋设降阻剂或增加接地极,保证接地电阻符合要求。架空绝缘导线线路可安装自动重合闸装置,瞬时性故障自动恢复供电,缩短停电时间。配电自动化系统建设可以快速找到故障,隔离故障,从而缩短查找时间。安装故障指示器可以准确定位出故障的区段,帮助抢修人员快速到达现场。环网柜和智能开关的应用提高了配电网的灵活性、可靠性,实现多电源供电、负荷转移。电缆线路改造应尽量选择施工次数较少的线路,采取保护管或排管敷设,提高抗外力破坏能力<sup>[5]</sup>。

### 3.3 应急处置机制

健全的应急处置机制可以有效地应对突发故障,缩短停电时间,减少损失。建立健全应急预案,确定组织架构、职责分工和处置程序。成立应急指挥中心,组建专业抢修队伍,备足抢修物资。根据故障种类和严重程度决定不同的反应方式,重大故障属于一级反应,需要调动可用的资源进行快速处置。设置移动式应急发电车和开关站,用于抢修设备时给重点用户供电。储备常用的设备和材料,建立备品备件库来对应应急抢修。杆塔、导线、绝缘子、开关等应当备有一定库存量,特殊设备要提前订货保证供应。加大应急演练力度,对各种故障场景进行演练,检验预案是否可行,队伍实战能力如何。

每年举办综合演练和专项演练,提高协同配合水平。利用配电自动化系统实现故障的快速定位,调度员通过监控平台掌握线路运行状态,故障发生后立即锁定区段,指导现场抢修。使用移动作业终端进行推广运用,工作人员带着移动终端能够迅速获取设备资料、接线图、操作手册等内容从而提高工作效率。建立气象部门之间联动机制,及时获得灾害性天气的预警信息,做好灾害性天气防御的准备工作。极端天气来临之前做好隐患排查,加固薄弱设备,准备抢修力量。加强信息报送和沟通协调,故障发生后及时向上级汇报,通知相关部门及用户做好解释工作。建立故障分析制度,每起故障处理后都编写分析报告,查找原因,制定防范措施,防止类似问题再次发生。

## 4 结束语

10kV 配电线路跳闸故障受到很多因素的影响,外力破坏、设备缺陷、自然灾害等都是主要的原因。通过系统的统计数据可以找到系统的故障规律,发现系统薄弱处,给运维策略的制定提供依据。加强巡检维护、实施技术改造和完善应急机制都是提高线路可靠性的有效途径。运维工作需要持续改进,采用现代化手段提升管理水平,推广配电自动化、智能巡检技术,实现故障快速发现、处置。加强对设备全生命周期的管理,建立完善更新改造的机制,逐渐消除老旧设备所造成的隐患。重视人员培训,提高专业技能与应急处置能力。加强各部分的协调来保障线路的安全运转。采取各种措施可以有效地降低10kV线路跳闸率,提高供电可靠性,为用户提供优质电力服务。

### 参考文献

- [1] 王建,李明,张华. 10kV 配电线路跳闸故障统计分析及预防措施[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(6): 158-164.
- [2] 刘强,陈伟,赵鹏. 配电网外力破坏原因分析及防范对策研究[J]. 电网技术, 2019, 43(8): 2945-2952.
- [3] 杨帆,周勇,孙磊. 10kV 架空配电线路绝缘子污闪故障分析与治理[J]. 高压电器, 2018, 54(11): 203-209.
- [4] 李涛,马晓红,王超. 配电线路覆冰故障分析及防治措施研究[J]. 电网与清洁能源, 2021, 37(2): 78-84.
- [5] 张亮,何军,李娟. 基于大数据的配电网故障规律分析与运维优化[J]. 电力自动化设备, 2020, 40(4): 156-162.