

重庆北部新区配电网供电可靠性薄弱环节分析

栗秋华¹, 万凌云¹, 徐江涛², 岳鑫桂², 杨群英¹, 徐菁³

(1. 国网重庆市电力公司, 重庆 400014; 2. 国网重庆市电力公司电力科学研究院, 重庆 401123;
3. 国网重庆江北供电公司, 重庆 401147)

摘要: 为了顺应供电可靠性管理由事后统计评价向事前预测评估转变的趋势, 国家电网公司牵头制订了行业标准《中压配电网可靠性评估导则》。导则指出评估过程应直接导入现有的 GIS、PMIS 数据避免人工干预, 为此利用配电网规划计算分析软件 DPCAS 计算出重庆市北部新区配电网的可靠性指标, 并根据评估结果对系统供电薄弱环节提出了相应的改善措施。计算结果表明提出的改善措施能够明显提升该区供电可靠性。

关键词: 配电网; 可靠性评估; 薄弱环节; 改善措施

Abstract: In order to comply with the trend that the reliability management of power supply turns from afterwards statistical evaluation to forecast evaluation, the State Grid Corporation takes the lead to develop the industry standards, that is, "Reliability Evaluation Guideline for Distribution System of Medium Voltage". The standards point out that the assessment process should import the data from the existing GIS and PMIS data to avoid manual intervention. Therefore, DPCAS (distribution planning calculation analysis software) is adopted to evaluate the reliability index of distribution network in northern newly developed area of Chongqing. Based on the assessment results, some improvement measures are proposed. The calculation results indicate that the proposed measures can significantly enhance the reliability of power supply.

Key words: distribution network; reliability evaluation; weak links; improvement measures

中图分类号: TM726 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2016)03-0035-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.03.008

0 引言

随着国民经济的发展和人民生活水平的提高, 用户对供电可靠性提出了更高的要求, 仅仅通过对停电事件的统计进行供电可靠性评价分析已难以适应高供电可靠性的需求, 供电可靠性管理由事后统计评价向事前预测评估转变已成为不可逆转的必然趋势。

供电系统可靠性评估能够有效指导供电系统规划、设计、建设、改造、运行及管理, 改善系统的供电可靠性, 提高电网投资效益^[1-2], 国内外越来越多的供电企业正在开展或计划开展此项工作。在此背景下, 2013年6月电力行业可靠性管理标准化技术委员会委托国家电网公司开展中压配电网可靠性评估技术规范研究工作, 于2015年9月形成了《中压配电网可靠性评估导则》报批稿^[3]。

依据《中压配电网可靠性评估导则》, 利用配电网规划计算分析软件, 对重庆市北部新区示范区 10

条 10 kV 线路进行可靠性分析和电网薄弱环节辨识, 提出了相应的改善措施, 对改善措施的实施效果进行了定量评估, 对区域供电可靠性水平的提升起到了积极的促进作用。

1 配电网可靠性评估指标和方法

1.1 所选择的评估指标

配电网可靠性评估指标^[1-4]可分为负荷点指标和系统指标两大类。评估的指标有平均供电可靠率 (ASAI, %)、系统平均停电频率 (SAIFI, 次/(户·a))、系统平均停电时间 (SAIDI, h/(户·a))、系统缺供电量 (ENS, kW·h)、年平均停电持续时间 (U_{LP} , h/a)、平均停电持续时间 (r_{LP} , h/次)、缺供电量 (ENS-LP, kW·h/a) 等。

1.2 配电网建模和指标计算方法

根据中电联可靠性中心颁布的《电力可靠性管理代码》, 中国供电系统用户供电可靠性停电设备可分为 9 大类, 每个大类又细分为若干小类^[5]。

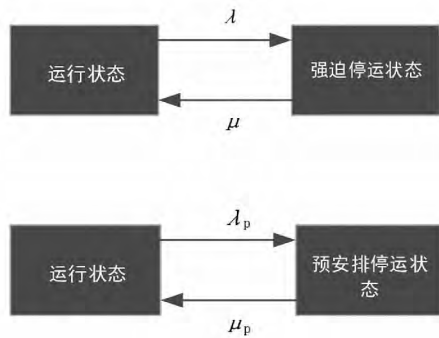


图 1 三状态转移模型

结合《供电系统用户供电可靠性工作指南》中的“配电设备对设备故障停电率指标的影响关系表”^[6], 可建立主要配电设备的模型, 进而构建配电网模型。比如, 架空线路导线本体及其附属设备故障均影响架空线路故障停电率计算, 可将架空线路导线本体及其附属设备归并到架空线路模型中。建立整个配电网模型时, 还考虑到配电网设施停运模型, 如图 1 所示, 即设施的运行状态、强迫停运状态和预安排停运构成的三状态模型。模型建立完成后, 从 GIS、PMS 系统中导出各个元件的基础数据, 如: 元件故障率、修复率、修复时间等。根据计算模型和基础数据采用最小路可靠性计算方法进行评估。该方法是在故障模式后果分析法基础上对故障后果搜索方法进行了改进, 其只适用于开环运行的配电网。计算步骤如下:

- 1) 求取单个负荷点的最小路上设施和非最小路上设施;
- 2) 将该负荷点非最小路上设施故障的影响折算到相应的最小路的节点上;
- 3) 对该负荷点最小路上设施故障进行枚举, 形成该负荷点的故障停电率期望值和年故障停电时间期望值列表, 由此得到该负荷点的可靠性指标;
- 4) 依次计算每个负荷点的可靠性指标, 并在此基础上计算系统可靠性指标。

注 1: 当负荷点可通过开关切换恢复供电时, 负荷点停电时间由设施故障修复时间减少为故障停电转供时间或故障点上游恢复供电时间。在计算预安排停电的影响时, 计算原理和过程与故障停电类似。

2 区域供电可靠性分析

2.1 区域概括

重庆市北部新区示范区为 A 类供电区域, 负荷

密度 26.9 MW/km², 经济发展水平稳定、良好, 主要负荷类型为第三产业, 用电负荷性质主要为商业、办公、居民用电, 区域内有北部新区管委会、高新产业园等重要用户, 配电网线路共有中压 10 kV 公用线路 10 条, 电缆化率 100%, 线路联络率 100%, 线路 N-1 比例 85%, 主干线路平均分段数 3.5, 主干线与分支线无配置带保护分界开关; 实现配电自动化的线路 9 条, 配电自动化三遥终端覆盖率 90%; 线路典型接线方式主要为单环网; 配电网设备状态评价严重状态占 0%, 异常状态 0%, 注意状态 1.5%, 正常状态 98.5%。

2.2 计算参数

可靠性评估计算需要输入基础参数和可靠性参数。基础参数主要是潮流计算需要的参数, 包括网络拓扑结构参数、配电线路基础参数、配电变压器基础参数和负荷点参数等。其中, 负荷点数据包括负荷容量、用户数、重要级别。可靠性参数包括故障停运率、平均故障修复时间、预安排停运率、平均预安排停运持续时间以及与停电时间有关的时间类参数, 如平均故障定位隔离时间、联络开关平均切换时间等^[2]。根据区域内的历史停电数据可统计得到可靠性评估所需的全部可靠性参数, 具体如表 1 ~ 表 3 所示。

表 1 设施故障率及修复时间

设施类别	故障停电率 (次·(百台·a) ⁻¹) (次·百公里·a) ⁻¹	平均故障修复时间 /min	
		电缆馈线 为主	架空线 为主
架空线路	0.001 4	\	90
电缆线路	0.000 168	300	\
隔离开关	0	\	90
配电变压器	0.000 055 9	240	\
环网柜内开	0.000 067 3	480	420

注: 忽略开关故障率及修复时间, “\”表示忽略不计

表 2 定位隔离相关参数

参数名称	架空线系统	电缆系统
故障定位隔离时间/min	40	60
预安排定位隔离时间/min	20	20

2.3 评估结果分析

依据最小路可靠性计算方法利用中国电力科学研究院研发的配电网规划计算分析软件 DPCAS, 计算出重庆市北部新区配电网的可靠性指标: 区域内供电可靠率为 99.975 0%, 其中仅考虑故障停电时的供电可靠率为 99.989 9%, 仅考虑预安排停电时的供电可靠率为 99.997 1%; 系统平均停电时间为

表3 恢复供电参数

参数名称	故障段上游恢复供电平均操作时间 /min	故障停电联络开关平均切换时间 /min	预安排停电线段上游恢复供电平均操作时间 /min	预安排停电联络开关平均切换时间 /min
配电自动化线路	6	6	6	6
非自动化线路	10	10	12	12

1.1356 h/(户·a),其中故障平均停电为0.884 0 h/(户·a),占比77.84%。

统计分析各条馈线的平均停电时间,其分布情况如图2。北部新区示范区9回10 kV 馈线中,有6回馈线平均停电时间小于2 h/(户·a),有2回馈线平均停电时间在2~4 h/(户·a),仅1回馈线平均停电时间大于4 h/(户·a),整体上看馈线平均停电时间基本在合理范围内。

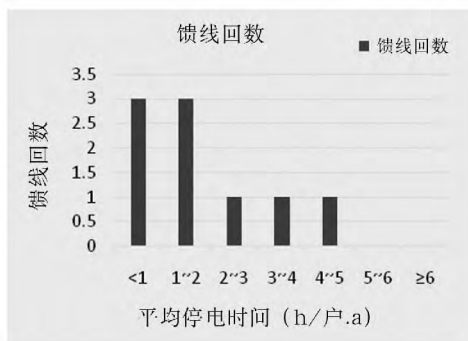


图2 北部新区示范区馈线平均停电持续时间分布图

表4 中压馈线供电可用率

馈线名称	平均停电持续时间 SAIDI/(h·(户·a) ⁻¹)	平均供电可用率 ASAI/%
林火线	0.771 3	99.983 6
林加线	1.930 2	99.980 0
林坡线	0.719 0	99.972 0
林王线	1.565 3	99.964 5
骑锦一线	2.340 5	99.957 2
骑锦二线	0.998 6	99.986 8
骑财一线	4.075 2	99.995 7
骑财二线	1.567 1	99.983 7
骑高线	3.042 8	99.972 7

从表4可看出,平均供电可用率在99.95%以上的有9条馈线,占到总数的100%,其中有4回线路供电可用率低于99.98%,由此可见,北部新区示

范区线路仍有改造的需要。

2.4 可靠性薄弱环节分析

根据评估结果可以找出可靠性较低的线路、环节、设备等,准确定位到薄弱环节,从而快速找到影响可靠性的原因并进行改造。

2.4.1 配电网系统薄弱环节

1) 从网架结构分析,北部新区示范区配电网中采用单联络线的馈线共有2回,分别为林坡线、骑高线,可用率分别为99.97%和99.972 7%。通过分析发现,骑高线实现了配电自动化,林坡线尚无,且林坡线路供电距离较长,故可用率低于骑高线。应在后期改造中进行相应的切改,缩减供电距离,实现配电自动化。

2) 从可靠性指标方面分析,林坡613线整体可靠性最低,只有99.972 3%,主要是因为其现阶段线路长度较长,负荷较重。从接线模式上看,其为单辐射线路,在部分故障情况下将无法带线路负荷,且该线路较长,因此故障率较大,达0.520 005次/a,随着负荷的增长,线路供电可用率降低很快,故该线路的供电可靠性问题应尽快改善。基于以上分析,建议在后期电网改造中进行线路的切改,缩短供电距离。

2.4.2 重要用户薄弱环节

北部新区示范区重要用户有4个,分别为救援指挥中心、两江新区管委会、渝富总部、渝高新科技。其中救援指挥中心可靠性最低,这主要是因为其供电线路林王线可靠性相对较低,为99.964 5%,从而影响到救援指挥中心配电变压器的供电可靠性,其次,从林王线的结构可以看出,救援指挥中心所在的同舟佳心开闭所为单电源,导致其供电可靠性较低。鉴于以上问题,建议在后期改造中,对同舟佳心开闭所进行双电源改造,从而提高救援指挥中心供电可靠性。

2.4.3 技术管理薄弱环节

1) 配电网自动化程度低,北部新区示范区林坡线自动化工作仅限于设计规划,因此大量的事故查找、转电操作均需通过人工进行。比如故障指示器安装较少导致故障点查找较为困难。

2) 网架结构不合理,部分重要客户所在开闭所仍未实现双电源,导致供电可靠性相对较低,应持续优化网络架构。

3 改善措施及其效果分析

根据北部新区配电网薄弱环节分析结果,从网络结构、设备配置、运维管理等方面提出了可行的可靠性改善措施。

3.1 设备或线路改造

北部新区示范区虽然负荷发展很快,但建设时间不长,可靠性基本达到A类区域标准,不宜进行大规模改造。影响系统平均供电可靠性最大的林坡线613目前属于架空和电缆混合的线路,且该线路路径太长,牵连设备较多因此故障率高。针对林坡线的改造方式有两步:1)装设配电自动化;2)切改线路,具体来说就是将线路的一部分切换至骑龙变电站,在北环立交电缆分支箱中的1路供电开关打开,另外连接财富南楼开闭所内的691出线作为供电电源。将林坡线613分成2部分,一部分由柏林站供电,一部分有骑龙站供电。采用上述改造方法的效果见表5。

表5 林坡线改造效果对比

改造方法	指 标		
	平均停电 持续时间 SAIDI $/(h \cdot (户 \cdot a)^{-1})$	停电频率 $/(次 \cdot a^{-1})$	平均供电 可用率 ASAI/%
	改造前	1.948 9	1.245 6
第1步	1.112 9	1.245 6	99.984 2
第2步	1.115 6	1.021 5	99.987 0

3.2 管理措施

从综合管理计划停电和提升运维管理水平方面采取系列措施,可有效降低停电时间。主要措施有:1)推广带电作业,在预安排停电比例较大的情况下,提高不停电作业水平可以大大提高用户供电可靠性;2)加强综合停电管理,按照工程建设和生产运行相结合、大修技改和预试定检相协调、主网检修和配网检修相结合、局内工作和外部工作(公路、市政迁改等)相结合的原则进行综合停电管理计划的制定,加强预安排停电管理;3)提高配电自动化水平,对于负荷增长趋于稳定、一次网络比较成熟的地

区,以及网架结构很薄弱、暂时无法改造的地区,可采用配电网自动化系统,隔离故障区段,缩小故障停电范围,加快故障恢复时间。

4 结 语

利用配电网计算分析软件对重庆市北部新区配电网进行可靠性分析和薄弱环节辨识,并根据评估结果提出了配电自动化、切线改造以及为重要用户加装双电源等方法,对提高区域内供电可靠性具有重要的指导意义。最后对所提出的配电网改造方法的实施效果进行了定量评估。在评估过程中完全使用国网统推的GIS系统直接导入,没有任何人为加工,避免了人工干预导致数据误差和数据不一致的问题,同时也大大减轻了规划人员的工作量,所得结果与现场情况一致。证明了《中压配电网可靠性评估导则》提出的宜采用信息系统导入数据的可行性和必要性。

参考文献

- [1] 国家电网公司组. 电力可靠性理论基础[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012: 57-58.
- [2] 万凌云, 吴高林, 宋伟. 高可靠性配电网关键技术及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015: 4-5.
- [3] 万凌云, 王主丁, 伏进, 等. 中压配电网可靠性评估技术规范研究[J]. 电网技术, 2015, 39(4): 1096-1100.
- [4] 王成山, 罗凤章. 配电系统综合评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 128-166.
- [5] 中国电力企业联合会电力可靠性管理中心. 电力可靠性管理代码[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013: 115-118.
- [6] 国家电网公司组. 供电系统用户供电可靠性工作指南[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012: 103-105.

作者简介:

万凌云(1983), 硕士、高级工程师, 主要研究方向为电力可靠性、电能质量。

(收稿日期: 2016-01-16)

欢迎订阅《四川电力技术》