

# 宁夏地区配电网供电可靠性研究

文/国网宁夏供电公司 岳东明 王 研 全英灵  
国网宁夏电力公司 康 健  
国网宁夏电力公司经济技术研究院 屈高强

配电系统可靠性是指供电点到用户,包括配电变电所、高低压配电线路及接户线在内的整个配电系统及设备,按可接受标准及期望数量满足用户电力及电能需求能力的量度。

根据各个环节不同的特点和要求,以及构成各个环节的元件和系统的结构特性、运行特性和管理方式,研究和建立适当的可靠性指标及其计算方法;寻求提高元件和系统可靠性水平的途径;研究可靠性与经济性的协调配合;对元件和系统进行可靠性的控制、监督和综合评价。

## 研究配电网可靠性的必要性

配电系统处于电力系统的末端,是包括发电、输变电和配电在内的整个电力系统与用户联系、向用户供应电能和分配电能的重要环节。由于电力生产具有发、供、用同时性的特点,一旦配电系统设备发生故障或进行检修,就会同时造成整个系统对用户供电的中断。

配电网的可靠性主要通过可靠性指标来体现,目前大部分关于配电网可靠性的文献也侧重于对可靠

性指标的计算。

近年来,宁夏回族自治区经济得到快速发展,人民生活水平有了很大的提高,供电量保持持续高位增长,对电网的供电能力和供电质量提出了更高要求。为更好地满足客户需求,减少用户停电时间。

## 规划目标与原则

根据《配电网规划设计技术导则》和《配电网供电分区发展目标》,并结合电网现状,确定规划目标年至远期用户的供电可靠性目标达到:2020年99.828%~99.990%,2030年99.897%~99.999%。

依据目标确定范围,分别确定总体目标,对于不同供电区域确定分类目标。总体目标如下:

A类供电区域:2020年供电可靠性 $\geq 99.992\%$ ,用户年平均停电

时间 $\leq 52$  min;2030年供电可靠性 $\geq 99.999\%$ ,用户年平均停电时间 $\leq 5$  min。

B类供电区域:2020年供电可靠性 $\geq 99.981\%$ ,用户年平均停电时间 $\leq 1.7$  h;2030年供电可靠性 $\geq 99.990\%$ ,用户年平均停电时间 $\leq 52$  min。

C类供电区域:2020年供电可靠性 $\geq 99.945\%$ ,用户年平均停电时间 $\leq 4.8$  h;2030年供电可靠性 $\geq 99.965\%$ ,用户年平均停电时间 $\leq 3$  h。

D类供电区域:2020年供电可靠性 $\geq 99.88\%$ ,用户年平均停电时间 $\leq 10.5$  h;2030年供电可靠性 $\geq 99.897\%$ ,用户年平均停电时间 $\leq 9$  h。

供电可靠性规划目标如下表所示。

供电可靠性提升策略包括电网结构、设备水平、配电自动化和运

表1 宁夏电网供电可靠性规划目标

| 编号 | 类型    | 2020年目标        |            | 供电可靠性目标(导则规定值) |            |
|----|-------|----------------|------------|----------------|------------|
|    |       | 供电可靠性(RS-3, %) | 用户平均停电时间/h | 供电可靠性(RS-3, %) | 用户平均停电时间/h |
| 1  | 市辖供电区 | 99.987         | 1.14       | —              | —          |
| 2  | 县级供电区 | 99.915         | 7.45       | —              | —          |
| 3  | 合计    | 99.938         | 5.43       | —              | —          |

行管理四个方面,本项目在分析现状供电可靠性薄弱环节的基础上,提出宁夏电网供电可靠性提升的7项措施集合,其中重点措施4项。如图1所示。

## 供电可靠性分析

供电可靠性水平是配电网网架结构、设备状况、技术水平和运行情况的综合体现,下面对网架、设备、技术、管理四个方面开展分析。

### 1. 网架结构

2016年,宁夏中压配电网线路环网化率71.75%,其中市辖供电区环网化率为86.64%,县级供电区环网化率为60.88%。

10 kV线路网架结构相对薄弱,尤其县级供电区存在大量单辐射线路,故障情况下负荷转供率较低。

### 2. 设备状况

1) 配电网点多,面广数量大,由于线路通道不畅、违法建筑、树线矛盾、交叉跨越、外力破坏、自然灾害影响等,在运行中有可能发生不同类型的故障,从而影响系统稳定运行与对用户的正常供电。

2) 配电网设备水平较低,线路绝缘化水平和电缆化水平低。

3) 断路器数量少,保护设备简陋,尤其是农网一般只设有跌落式熔断器,线路往往一处故障引起全线路停电。

4) 老旧设备所占比重较大。

### 3. 技术水平

#### (1) 配电自动化

截止2016年底,宁夏电力公司已基本实现城网、县城网配电自动化覆盖率达100%、农配网自动化覆盖率达32.7%。随着配电自动化设备的大范围覆盖,将有效支持宁夏电力公司配网规划建设

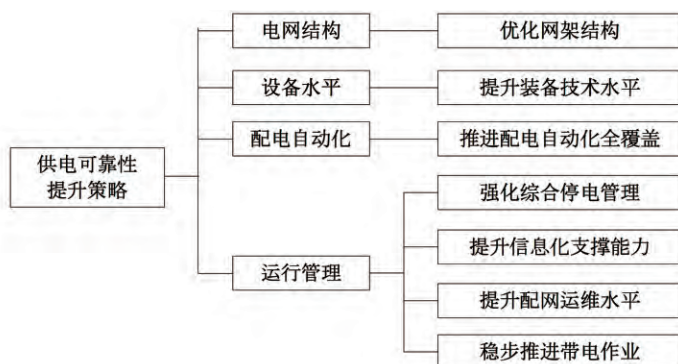


图1 宁夏电网供电可靠性提升措施策略

设、配网抢修指挥、设备技改大修、配网优化运行等业务。

### (2) 带电作业

宁夏电力公司配电网已开展带电接火、带电拆火、带电消缺以及带电更换刀开关、带电修补导线以及带电更换避雷器等带电作业业务。2016年,全省通过开展配网带电作业,减少配网用户平均停电时间2.66 h/户。

### (3) 转电操作

公司配电网转供电工作应优先考虑采用不停电转供电方案。因预安排工作或故障导致客户停电时,在具备转供电能力的条件下按照“能转必转,能转多少就转多少”的原则实施转供电。故障停电的转供电工作应遵循“先转后修”的原则在隔离故障点后实施转供电。

## 典型区域现状配电网可靠性分析

### 1. 可靠性计算方法

由于配电网网架结构复杂多样,元件数目和种类众多,因此配电网的可靠性评估是一个非常烦琐的问题,但针对这个问题已经有许多方法被提出。这些可靠性评估方法的前提条件和适用的配电网各异:有些只针对简单辐射状的配电网,而有些则适用于含有复杂分支线路或者含有弱环

网的配电网;有些认为配电网元件传输功率不受限制,在理想条件下考虑配电网的故障重构,有些则考虑了转供元件最大传输容量的限制;有些在可靠性计算时将故障率作为常数对待,有些则考虑了元件的非恒定故障率;有些只针对传统的单电源配电网,有些则考虑了分布式电源的接入。此外,各种方法在计算时间与计算精度上也各有优缺点。

本文采用故障后果分析法进行典型接线的供电可靠性评估。故障模式后果分析法是中压配电网可靠性评估的基本方法,适用于开环运行和闭环运行的配电网。故障模式后果分析法通过分析所有可能的故障事件及其对系统造成的后果,建立故障模式后果分析表,通过该表计算负荷点和系统可靠性指标。其具体步骤如下:

a) 枚举单个设施故障,计入设施故障后断路器跳闸、故障隔离、恢复供电过程,确定故障对各负荷点的停电影响,进一步确定各负荷点的故障停电率和故障停电时间。

b) 将所有设施单独故障后各负荷点的故障停电率和故障停电时间列表,形成故障模式后果分析表。记故障后会造负荷点LP停电的设施集为N,设施集中第i个设施的故障停运率和故障修复

时间分别为 $\lambda_i$ 、 $r_i$ 。该负荷点的故障停电率和故障停电时间期望值分别为 $\lambda_{LPF}$ 、 $u_{LPF}$ 。则有

$$\lambda_{LPF} = \sum_{i \in N} \lambda_i \quad (1)$$

$$u_{LPF} = \sum_{i \in N} (\lambda_i r_i) \quad (2)$$

c) 根据负荷点故障停电率期望值和故障停电时间期望值计算该负荷点的其他可靠性指标。

d) 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。

注2: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. 配电网可靠性成本效益分析

可靠性成本/效益分析可用可靠性边际成本与边际效益概念来说明。定义可靠性边际成本为:增加一个单位可靠性水平而需增加的投资成本。可靠性边际效益定义为:因增加了一个单位可靠性水平而获得的效益或因此而减少的缺电成本,故也可称为边际

缺电成本。在图2所示的可靠性成本/效益分析曲线中: $C_U$ 为可靠性边际成本曲线; $C_C$ 为可靠性边际效益曲线或边际缺电成本曲线; $C_T$ 为边际供电总成本曲线。当可靠性边际成本与可靠性边际效益相等时,边际供电总成本最低,此时所对应的可靠性水平 $R_m$ 为最佳可靠性水平。

当电网建设投资费用的增加小于缺电成本的减少时,可靠性水平的提高只需较少的投资费用,投资增加能够获得收益(即图中E点左边的A段和C段);当投资费用的边际增加完全被停电损失成本的边际减少所抵消,供电总成本达到最小(即图中的E点);当电网建设投资费用的增加大于缺电成本的减少时,系统可靠性水平的提高需要大量增加投资费用,投资增加已不能获得收益(即图中E点右边的B段和D段)。

在同一区域中,不同的可靠性优化措施在提高单位可靠率方面的投资是不同的,产生的效益也不同。因此,首先将每类措施对可靠性的影响转化为对可靠性参数的改变(如永久故障率、故障修复时间、切换时间等),然后将这种改

变应用到可靠性评估模型当中,进行预测性评估,从而可以得到该措施单独实施后的可靠性改善效果。这时产生的边际效益可称为“平均边际效益”,所需的成本称为“平均边际成本”,其比值就是效益/成本敏感度,其值越高表明该措施敏感度越高,实施效果可能会越好。可靠性优化的不同措施组分解曲线如图3所示。

## 结束语

供电可靠性提升措施是一个综合体系,虽然各类措施投资敏感性不同,但各类措施对电网供电可靠性提升均具有重要作用。本规划对宁夏电网供电可靠性提升措施进行分解,并重点测算网架结构、设备水平、配电自动化的投资敏感性。在可靠性规划的基础上,进一步加强可靠性管理水平。

1) 把供电可靠性治理工作作为企业工作的重点,定期召开治理分析会,制订可靠性治理工作计划,保证供电可靠性年初有计划,季度有分析,年末有总结。

2) 认真学习贯彻新规程,培训可靠性治理人员,为分析可靠性指标、计划检修、故障停电和重复性停电等问题打好基础。

3) 加强基础资料治理和完善。为编制运行方式、计划检修和制定有关生产治理措施提供详实、准确的依据,同时也为电网可靠性评估提供计算依据。

4) 各部门互相协作,广泛参与到配电治理、新增用户送电方案审批、停电计划会签和审批、计划外停电的批准、城网改造等工作中去。

5) 进一步加强低压用户供电可靠性管理力度,并通过低压网架优化、调电操作等技术手段,提高终端用户的供电可靠性水平。EA

