

· 运行分析 ·

配电网故障抢修质量与效率评价体系研究

施萱轩¹, 孟军², 梁浩¹, 秦韶杨¹

(1. 国网南京供电公司, 江苏 南京 210019; 2. 东南大学电气工程学院, 江苏 南京 210096)

摘要:故障抢修工作是配电网运行的重要环节,提升抢修工作的质量和效率对于提高配电网供电可靠性和服务质量具有重要意义,但目前对于故障抢修工作的评价存在着一定的困难。本文以故障抢修为切入点,从时间、空间和故障类型3个维度对95598故障报修工单进行调研统计。在此基础上,确定能准确反映配电网故障抢修质量与效率的评价指标,采用打分的方式对各指标进行直观对比评价,并采用层次分析法和熵权法确定其权重,加权求和得到综合得分,从而建立一套明确且实用的配电网故障抢修质量与效率评价体系。最后,以南京市为例,对其各区域的配电网故障抢修质量与效率进行评价,挖掘抢修工作的薄弱点,提升配电网运行管理和优质服务水平。

关键词:配电网;故障抢修;层次分析法;熵权法;评价体系

中图分类号:TM73

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2018)05-0143-05

0 引言

配电网与用户直接相连,是构成整个电力网络的重要环节,连接的设备众多,网络拓扑结构复杂,容易造成用户停电事故的发生^[1-2]。高效的配电网故障抢修是电力企业安全生产的重要保证。随着经济社会的发展,用户对供电质量的要求也越来越高,快速高效地完成故障抢修工作至关重要。

目前,国内外对于配电网故障的研究主要集中在故障选线与分析^[3-4]、故障诊断与定位^[5-8]、故障快速恢复^[9-13]、抢修流程与路径优化^[14-15]和抢修资源的合理分配^[16-19]等方面。供电公司对于故障抢修工作质量与效率的评价措施较为简单,缺乏确定的评价体系,不利于发现故障抢修工作的薄弱点。本文基于95598故障报修工单信息,提炼并确定了准确反映配网故障抢修质量与效率的评价指标,建立了配电网故障抢修质量与效率评价体系。为了直观比较抢修工作的质量与效率,采用专家知识优化决策算法对各指标打分并考虑相关因素进行适当修正;采用层次分析法和熵权法确定各指标的权重,加权求和得到综合得分,根据综合得分对各责任单位配电网故障抢修工作的质量与效率进行评价,从而挖掘抢修工作的薄弱点,为实现配网精益化管理和优质服务打好基础。

1 配电网故障抢修质量与效率评价体系

本文以南京市为例,从时间、空间和故障类型3个维度对配电网故障抢修工作进行统计与分析。将故障抢修区域划分为江宁、浦口、六合、高淳、溧

水和市区6个部分,统计2017年7月南京市95598故障报修工单信息。根据统计情况,将工单类型分为计量设备故障、低压设备故障、客户内部故障、低压电缆线路故障、低压架空线路故障、架空线路故障、电缆线路故障、变压器故障、客户误报9类。

1.1 评价指标

评价指标须要准确反映配电网故障抢修质量和效率,且数据容易获得。本文选取客户满意度、到达现场时长、处理时长、故障下降率、超长时长工单比例和重复报修工单比例作为评价指标,分别用 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 和 x_6 表示,其中用户满意度、到达现场时长和处理时长为客观评价指标,故障下降率、超长时长工单比例和重复报修工单比例为主观评价指标。

1.1.1 客观评价指标

(1) 客户满意度:95598故障报修工单将客户满意度评价分为非常满意、满意、一般满意、不评价和不满意5个等级。

(2) 到达现场时长:从接到故障派单至到达故障现场的车程时间。

(3) 处理时长:从到达故障现场至故障处理完成所用的时间。

1.1.2 主观评价指标

(1) 故障下降率:同一抢修区域当月的故障数量与往年同期相比的下降比例。

(2) 超长时间工单比例:将处理时长超过该类型故障平均处理时长2倍的工单定义为超长时长工单,除以该类型故障总工单数量得到超长时长工单比例,按故障类型打分并取平均值得到该指标的每月得分。

(3) 重复报修工单比例:将一个月内同一地点同一故障报修超过 2 次的工单定义为重复报修工单,除以总的工单数量得到重复报修工单比例。

在确定评价指标之后,可以构建配电网故障抢修质量与效率评价体系,体系框图如图 1 所示。

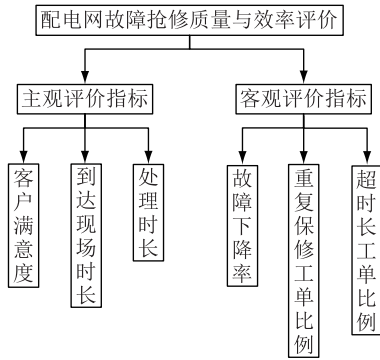


图 1 配电网故障抢修质量与效率评价体系

Fig.1 The quality and efficiency evaluation system of distribution network fault repair

1.2 评价指标打分方法

为了直观比较抢修工作质量与效率,本文对每个评价指标进行赋分(满分为 10 分)。根据实际情况和专家经验,将各评价指标分为 5 个等级,从高到低得分分别为 10 分、9 分、8 分、7 分和 6 分。对于客观评价指标,每个故障工单都有 1 个得分,取平均值之后得到每个月的指标得分;另外,由于不同故障类型的处理时长不同,因此处理时长和超长时间工单比例指标需要分故障类型打分再取平均值。

2 评价指标权重的确定

得到各单项指标的得分之后,需要确定各指标的权重,加权求和即得到配电网故障抢修质量与效率评价综合得分。本文的权重分为主观权重和客观权重,分别对应主观评价指标和客观评价指标。

2.1 主观权重的确定

本文的主观权重采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)获得。AHP 是将评价相关的元素分解成目标、准则等层次,并以此为基础,进行定性和定量分析评估^[20]。层次分析法步骤如下:

(1) 构造判断比较矩阵。设评价指标集为 $\{U_1, U_2, \dots, U_n\}$,采用 1—9 标度法对各个状态量指标重要程度进行相互比较,如表 1 所示。

比较各指标因素的重要性,建立判断比较矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

表 1 判断矩阵标度及其含义

Tab.1 Judgment matrix scale and its meaning

标度	含义
1	二者同样重要
3	前者相比后者稍微重要
5	前者相比后者明显重要
7	前者相比后者非常重要
9	前者相比后者极端重要
2,4,6,8	表示相邻判断的中间值
倒数	反比较

(2) 计算状态量指标重要程度排序。记判断比较矩阵的最大特征值为 λ_{max} ,求出 λ_{max} 对应的特征向量,归一化后得到主观权重向量 α 。

(3) 一致性检验。为避免该权重计算方法中主观性带来的片面,还要对结果进行一致性检验:

$$C_R = C_I / R_I \quad (2)$$

$$C_I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

式中: C_R 为判断比较矩阵的随机一致性比率; C_I 为一般一致性指标; R_I 为随机平均一致性指标,取值如表 2 所示。

表 2 平均随机一致性指标

Tab.2 Average random consistency index

n	R _I	n	R _I
1	0	5	1.12
2	0	6	1.24
3	0.52	7	1.36
4	0.89		

2.2 客观权重的确定

本文的客观权重采用熵值熵权法计算得到。熵值法根据各状态量指标信息量的大小来确定指标权重,某状态量指标历史数据的差异越大,所包含的信息量就越大,熵值就越小,对应的权重就越大^[21]。

采用熵值法计算权重的一般步骤如下:

(1) 构建样本矩阵。假定指标数据矩阵为 X_{mn} , m 为待评组数, n 为评估指标数量:

$$X_{mn} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

(2) 计算指标值 x_{ij} 在指标 j 下的比值 $p(x_{ij})$:

$$p(x_{ij}) = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (5)$$

(3) 计算指标 j 的熵值 e_j :

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p(x_{ij}) \ln[p(x_{ij})] \quad (6)$$

式中: $k = 1/\ln(m)$, 其中 $k > 1, 0 \leq e_j \leq 1$ 。

(4) 计算指标 j 的差异性系数 g_j :

$$g_j = 1 - e_j \quad (0 \leq e_j \leq 1) \quad (7)$$

(5) 归一化后得到权重 β_j :

$$\beta_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (8)$$

3 配电网故障抢修质量与效率综合得分计算

设客户满意度、到达现场时长、处理时长、故障下降率、超长时长工单比例和重复报修工单比例得分分别为 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 和 x_6 , 在得到各单项指标的得分之后须根据配电网实际情况进行适当修正, 使其更加合理。修正规则如下:

(1) 客户满意度。考虑到供电公司对服务质量的重视和不同意工单数量极少的情况, 出现一个不满意评价工单, 该指标得分减去 0.5。

$$x'_1 = x_1 - 0.5l \quad (9)$$

式中: l 为不满意工单数量。

(2) 处理时长。评价区域内负载率越大、设备投运年限越长, 设备使用频次和老化越快, 抢修过程就越复杂, 处理时长就越长。在对故障处理时长进行打分时需要考虑相关设备的投运年限和负载率的影响(本文以变压器作为主要考虑对象), 进行适当正向修正, 以准确反映抢修难度, 则该项指标的最终得分为:

$$x'_2 = \rho\gamma x_2 \quad (10)$$

式中: ρ 和 γ 分别为变压器的投运年限和负载率的修正系数, 其值由专家凭经验确定。

(3) 到达现场时长。到达现场时长主要受到抢修区域面积和交通状况的影响。评价区域面积越大、交通状况越拥堵, 到达故障现场时间一般就会越长, 须进行适当修正。该项指标的最终得分为:

$$x'_3 = \mu\varphi x_3 \quad (11)$$

式中: μ 和 φ 分别为抢修区域面积和交通拥堵延时指数的修正系数, 其值分别由专家经验和“高德地图”发布的《中国主要城市交通分析报告》确定。

(4) 超长时长工单比例。在对超长时长工单比例进行打分时须考虑相关设备的投运年限和负载

率的影响(本文以变压器作为主要考虑对象), 类似于“处理时长”指标进行修正, 该项指标的最终得分为:

$$x'_5 = \rho\gamma x_5 \quad (12)$$

综上, 配电网故障抢修质量与效率综合得分 S 的计算公式为:

$$S = (1 - \delta)(\alpha_1 x'_1 + \alpha_2 x'_2 + \alpha_3 x'_3) + \delta(\beta_1 x_4 + \beta_2 x'_5 + \beta_3 x_6) \quad (13)$$

式中: δ 为主观权重偏好系数, 其取值区间为 $(0, 1)$; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 为层次分析法求得的主观权重, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 为熵权法求得的客观权重。

在得到综合得分之后, 须考虑各抢修区域的配网自动化率和配电网供电区域等级进行修正, 修正后的综合得分为:

$$S' = \varepsilon\tau S \quad (14)$$

式中: ε 和 τ 分别为配网自动化率和配电网供电区域等级的修正系数, 其值由专家凭经验确定。

4 算例分析

4.1 各评价指标得分计算

本文以南京市 2017 年 7 月份 95598 故障报修工单为例进行配电网故障抢修质量与效率评价。结合专家经验, 各指标的修正系数取值如表 3 所示。

表 3 各指标的修正系数值

Tab.3 Correction coefficient of each index

区域	ρ	γ	μ	φ	ε	τ
江宁	0.93	0.91	1.00	0.94	0.91	0.96
浦口	0.96	0.89	0.93	0.96	0.90	0.97
六合	0.94	0.89	0.98	0.95	0.89	0.97
高淳	0.92	0.86	0.90	0.91	1.00	0.91
溧水	0.93	0.85	0.95	0.92	0.98	0.92
市区	1.00	1.00	0.80	1.00	0.88	1.00

根据本文提出的打分方法和修正系数得到各抢修区域配电网故障抢修质量与效率评价指标得分如表 4 所示。

表 4 故障抢修质量与效率各评价指标得分

Tab.4 Scores of evaluation indexes of the quality and efficiency of fault repair

区域	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
江宁	8.09	8.02	8.28	6.77	6.58	6.77
浦口	8.10	7.93	8.03	6.84	7.14	6.84
六合	7.79	8.32	8.14	6.69	6.52	6.84
高淳	8.21	8.15	8.01	7.12	7.37	6.33
溧水	8.16	7.95	8.14	7.11	6.99	7.11
市区	7.91	8.37	7.99	7.00	7.20	7.00

4.2 各评价指标权重计算

4.2.1 主观权重

结合专家经验,构建判断比较矩阵如下:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 2 \\ 2 & 1 & 3 \\ 1/2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

根据判断比较矩阵计算得到主观权重向量 α 为[0.296 9,0.539 6,0.163 5]。

经检验,一般一致性指标 $C_1 = 0.004 6$,随机一致性比率 $C_R = 0.008 8 < 0.1$,满足一致性要求。因此,结果通过一致性检验。

4.2.2 客观权重

根据 2017 年 7 月份南京市 95598 故障报修工单信息构建样本矩阵,经计算得到客观权重向量 β 为[0.401 0,0.311 9,0.287 1]。

4.3 评价指标综合得分计算

得到主观权重和客观权重之后,根据表 4 各评价指标的得分,利用公式(13)计算得到配电网故障抢修质量与效率综合得分(主观权重偏好系数 δ 取值为 0.4)。在此基础上,考虑各抢修区域的配网自动化率和配电网供电区域等级对综合得分进行修正,最终结果如表 5 所示。

表 5 各区域故障抢修质量与效率综合得分
Tab.5 Comprehensive score of quality and efficiency of fault repair in each area

抢修区域	S'	抢修区域	S'
江宁	7.17	高淳	7.68
浦口	7.26	溧水	7.56
六合	7.03	市区	7.45

由表 5 可知,配电网故障抢修质量与效率综合得分从高到底的区域分别为高淳、溧水、市区、浦口、江宁和六合。由于高淳和溧水的负荷较低,电网故障数量远小于市区,故障抢修质量与效率评价得分较高;市区的故障数量虽多,但由于其负荷等级高,是故障抢修工作的重点区域,受供电公司高度重视,因此其故障抢修质量与效率评价得分也较高。

5 结语

本文综合考虑主、客观两方面建立了配电网故障抢修质量与效率的评价体系。选定客户满意度、到达现场时长、处理时长、故障下降率、超长时长工单比例和重复报修工单比例作为故障抢修质量与效率的评价指标;采用专家知识优化决策算法对各指标打分并考虑相关因素进行适当修正;采用层次分析法和熵权法确定各指标的权重,加权求和得到

各抢修区域的故障抢修质量与效率的综合得分。通过配电网故障抢修质量与效率的评价体系可以直观比较并评价各责任单位故障抢修工作的质量与效率,从而挖掘抢修工作的薄弱点,提高故障抢修效率,缩短故障处理时间,提升配电网运行管理水平。

本文虽然建立了配电网故障抢修质量与效率评价体系,但在评价指标的选取上还有待于改进,需要进一步挖掘更多能准确反映抢修质量与效率的评价指标,进一步完善抢修质量与效率评价体系。

参考文献:

- [1] 杨丽君,吕雪姣,李丹,等.含分布式电源的配电网多故障抢修与恢复协调优化策略[J].电力系统自动化,2016,40(20):13-18.
YANG Lijun,LYU Xuejiao,LI Dan,et al. Coordinated optimization strategy of multi-fault repair and recovery for distribution network with distributed generators[J]. Automation of Electric Power Systems,2016,40(20):13-18.
- [2] 张晶伟,张粒子,黄弦超.基于遗传拓扑混合算法的配电网多故障抢修策略[J].电力系统自动化,2008,32(22):32-35.
ZHANG Jingwei,ZHANG Lizi,HUANG Xianchao. A multi-fault-trush repair strategy for distribution network based on genetic-topology algorithm[J]. Automation of Electric Power Systems,2008,32(22):32-35.
- [3] 沈新来,杨智.基于故障全信息的自适应模糊融合选线技术[J].电力工程技术,2017,36(6):90-95.
SHEN Xinglai,YANG Zhi. A self-adapted fault line selection method based on complete data fusion theory[J]. Electric Power Engineering Technology,2017,36(6):90-95.
- [4] 刘国静,李娟,谈健,等.基于两层规划的电力系统 N-K 故障分析方法[J].电力工程技术,2018,37(1):40-44.
LIU Guojing,LI Juan,TAN Jian,et al. N-K fault analysis method for power systems based on two-level programming[J]. Electric Power Engineering Technology,2018,37(1):40-44.
- [5] 谭丹,杨洪耕,曲广龙.基于故障距离分布函数的配电网故障定位[J].电网技术,2012,33(10):119-124.
TAN Dan,YANG Honggeng,QU Guanglong. Fault location for distribution network based on fault distance distribution function[J]. Power System Technology,2012,33(10):119-124.
- [6] 张远来,易文韬,樊启俊,等.基于调度运行管理系统的配电网故障研判方案[J].电力系统自动化,2015,36(1):220-225.
ZHANG Yuanlai,YI Wentao,FAN Qijun,et al. Distribution network fault analysis scheme based on dispatching operation management system[J]. Automation of Electric Power Systems,2015,36(1):220-225.
- [7] 郑涛,潘玉美,郭昆亚,等.基于免疫算法的配电网故障定位方法研究[J].电力系统保护与控制,2014,42(1):77-83.
ZHENG Tao,PAN Yumei,GUO Kunya,et al. Fault location of

- distribution network based on immune algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(1): 77-83.
- [8] 李超文,何正友,张海平,等. 基于二进制粒子群算法的辐射状配电网故障定位[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(7): 35-39.
- LI Chaowen, HE Zhengyou, ZHANG Haiping, et al. Fault location for radialized distribution networks based on BPSO algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(7): 35-39.
- [9] 刘建,徐精求,程红丽. 紧急状态下配电网大面积断电快速恢复方法[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(12): 132-138.
- LIU Jian, XU Jingqiu, CHENG Hongli. Algorithms on fast restoration of large area breakdown of distribution systems under emergence states[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(12): 132-138.
- [10] 徐玉琴,张丽王,增平,等. 基于多智能体遗传算法并考虑分布式电源的配电网大面积断电供电恢复方法[J]. 电工技术学报, 2010, 25(4): 135-141.
- XU Yuqin, ZHANG Liwang, ZENG Ping, et al. Algorithm of service restoration for large area blackout in distribution network with distributed generators[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(4): 135-141.
- [11] 巩伟峥,房鑫炎. 基于混合编码方式的配电网故障恢复算法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(6): 104-108.
- GONG Weizheng, FANG Xinyan. Research of distribution system service restoration algorithm based on hybrid encoding[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(6): 104-108.
- [12] 张永棠,罗海波. 基于SDN的智能电网故障恢复策略[J]. 广东电力, 2017, 30(8): 74-79.
- ZHANG Yongtang, LUO Haibo. Fault recovery strategy for smart grid based on SDN[J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(8): 74-79.
- [13] 杨丽君,刘建超,卢志刚,等. 基于多Agent演化算法的多目标配电网故障恢复[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(4): 54-58.
- YANG Lijun, LIU Jianchao, LU Zhigang, et al. Fault restoration of multi-objective distribution system based on multi-agent evolutionary algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(4): 54-58.
- [14] 叶品勇,都洪基,沈曦. Dijkstra算法在最佳抢修路径计算中的应用[J]. 继电器, 2006, 34(12): 39-41.
- YE Pinyong, DU Hongji, SHEN Xi. Application of the Dijkstra algorithm in the best repairing path[J]. Relay, 2006, 34(12): 39-41.
- [15] 吴强,滕欢,凯富. 基于GPRS/CPS/GIS的电力抢修实时调度系统构建[J]. 继电器, 2005, 33(17): 70-73.
- WU Qiang, TENG Huan, KAI Fu. Structure of electrical repairs real-time scheduling system based on GPRS /GPS /GIS[J]. Relay, 2005, 33(17): 70-73.
- [15] 陈广宇,柳慧琴,邱文祥,等. 基于适应度的配电网多故障抢修任务分配策略[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(11): 67-73.
- CHEN Guangyu, LIU Huiqin, QIU Wenxiang, et al. Fitness-based task allocation strategy for multi-fault repair of distribution system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(11): 67-73.
- [17] 杨丽君,张晶,程慧琳,等. 基于最优效用的配电网多故障抢修任务分配策略[J]. 电工技术学报, 2014, 29(6): 263-270.
- YANG Lijun, ZHANG Jing, CHENG Huilin, et al. A task allocation strategy of multi-fault rush repair for distribution network based on optimum utility[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(6): 263-270.
- [18] 李珊,欧世峰,李克文,等. 配电网故障应急资源自适应优化分配策略[J]. 广东电力, 2017, 30(11): 38-44.
- LI Shan, OU Shifeng, LI Kewen, et al. Adaptive optimal allocation strategy for emergency resources of the distribution network failure[J]. Guangdong Electric, 2017, 30(11): 38-44.
- [19] 孟军,施萱轩,陈中,等. 配电网故障抢修驻点选址与抢修任务分配优化策略[J]. 广东电力, 2018, 31(3): 121-127.
- MENG Jun, SHI Xuanxuan, CHEN Zhong, et al. Optimization strategy for site selections for fault repair stagnation points of power distribution network and repair task allocations[J]. Guangdong Electric Power, 2018, 31(3): 121-127.
- [20] SAATY T L. The analytic hierarchy process[M]. New York: McGraw-Hill, 1980: 437-521.
- [21] 王富喜,毛爱华,李赫龙,等. 基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J]. 地理科学, 2013, 11: 1323-1329.
- WANG Fuxi, MAO Aihua, LI Helong, et al. Quality measurement and regional difference of urbanization in shandong province based on the entropy method[J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, 11: 1323-1329.

作者简介:



施萱轩

施萱轩(1986—),男,工程师,从事电力系统运营及监测工作(E-mail: xuanxuanwudi2009@sina.com);

孟军(1993—),男,硕士研究生,研究方向为主动配电网(E-mail: 1558564785@qq.com);

梁浩(1979—),男,高级工程师,从事电力系统运营及监测工作。

(下转第154页)

Operating Characteristic for a Typical Hybrid HVDC Transmission System

XU Peng¹, ZHAO Chengyong², CAO Yarong³

- (1. State Grid Jiangsu Electric Power Company Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China;
2. State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources, North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 3. State Grid Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210012, China)

Abstract: Hybrid HVDC can take full advantage of the thyristor converter and voltage source converter, and it has a good development prospects. In order to analysis the control strategy and operating characteristic of hybrid DC grid, a four terminal bipolar's hybrid grid structure is established, whose rectifier side is modular multilevel converter and inverter side is thyristor converter, the mathematical model is derived and corresponding control strategy is designed. The start-up process and operating characteristic of hybrid DC grid are simulated and analyzed in PSCAD/EMTDC, which demonstrates the effectiveness of the proposed control strategy.

Key words: hybrid HVDC; control strategy; start-up process; operating characteristic

(编辑 胡昊明)

(上接第 147 页)

Quality and Efficiency Evaluation System of Distribution Network Fault Repair

SHI Xuanxuan¹, MENG Jun², LIANG Hao¹, QIN Shaoyang¹

- (1. State Grid Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210019, China;
2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The fault repair work of distribution network is an important part of distribution network operation. The quality and efficiency of repair work are of great significance to the improvement of the power supply reliability and service quality of distribution network. However, there are some difficulties in the evaluation of fault repair work at present. This paper takes fault repair as the entry point, and investigates and analyzes 95598 fault repair work orders from 3 dimensions of time, space and fault type; on this basis, the evaluation indexes that can accurately reflect the quality and efficiency of fault repair of distribution network are determined, the indexes are compared and evaluated by the way of scoring, and the weights are determined by using the analytic hierarchy process and entropy method, and the comprehensive score is obtained by weighted sum, thus a set of clear and practical evaluation system for the quality and efficiency of fault repair of distribution network is established. Finally, taking Nanjing as an example to evaluate the quality and efficiency of distribution network fault repair in each area, and the weak points of repair work are excavated by comparison and evaluation, and the operation management level and the high quality service level of distribution network are improved.

Key words: distribution network; fault repair; analytic hierarchy process; entropy method; evaluation system

(编辑 胡昊明)