

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.03.007

基于网格的城市配电网优化规划方法研究

李健¹, 马彬¹, 张植华¹, 林毓¹, 杨小芳²

(1. 深圳供电局有限公司, 深圳 518033; 2. 深圳新能电力开发设计院有限公司, 深圳 518052)

摘要: 科学合理的配电网规划对提高其供电可靠性和供电企业的效率及服务水平至关重要。以满足负荷近期增长需求为目标的配电网建设容易导致网架混乱, 增加其运行调度困难, 降低设备运维效率。通过建立配电网网格化的方法体系, 在构建网格分层模型及其划分方法的基础上, 提出了网格的分类建设标准和建设需求评估指标等技术标准体系, 为以网格承载配电网规划、建设、运行调度、设备运维和营销管理等多个环节, 实现多环节的闭环整体优化奠定基础。基于 LH 区供电局工程实践的分析表明了该方法体系的正确性。

关键词: 配电网; 规划; 网格

中图分类号: TM715

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)03-0038-05

Research on a Grid-based Optimal Planning Method for Urban Distribution System

LI Jian¹, MA Bin¹, ZHANG Zhihua¹, LINYu¹, YANG Xiaofang²

(1. Shenzhen Power Supply Co., Ltd., Shenzhen 518033, China;

2. Shenzhen New Energy Electric Power Development and Design Institute Co., Ltd., Shenzhen 518052, China)

Abstract: A rational planning scheme is critical for reliability of system and efficiency of utility. The ideas of planning based on short-term demand are considered to be the main reason of chaos network structure, difficult operation and low maintaining efficiency. In this paper, a grid-based planning method is proposed. Based on the established hierarchical model and division method of grids, the classification standards and constructions demand evaluation indexes are proposed. Therefore, planning, construction, operation, maintenance and marketing can be performed based on grids and the closed-loop optimization of multi-links can be achieved. A engineering practices of distribution system planning in the LH district indicated the correctness of the method proposed in this paper.

Key words: distribution system; planning; grid-based

科学合理的配电网规划不仅对其可靠性和经济性有关键影响, 而且有助于理顺配网运行调度、设备运维管理和营销等多个业务环节, 提升供电企业的效率和服务水平。

长期以来, 我国配电网的建设以满足负荷的近期增长需求为目标, 缺乏面向远景的、持续和一贯的规划思路和技术路线, 导致中压配电网供电区重叠、分界模糊, 线路接线混乱、无序联络、交叉迂回和联络复杂等问题突出, 不仅致使配网故障处理、运行调度复杂困难, 而且降低了其设备运维管理和营销服务等业务效率。

国内外对配电网的优化规划开展了广泛的研究, 其大部分的研究集中于网架规划的数学模型及其求解算法。在数学模型方面, 主要有单目标规划模型^[1]、多目标规划模型^[2-3]、柔性规划模型^[4]和多阶段规划模型^[5]等; 在优化算法方面, 数学优化方法^[6]、启发式方法^[7]和人工智能算法^[8-10]均得到广泛关注。

然而, 尽管网架优化是配网规划的关键环节, 但其仅是配电网规划建设中的局部问题。实际上, 配电网建设涉及了规划、设计、运行调度、设备运维和营销管理等众多环节, 必须结合供电企业的实际情况, 从配电网建设的各个环节出发, 研究配电网建设和运营模式及其支撑技术体系, 实现其各环节的闭环整体优化。

网格化的配电网规划理念^[11-12], 是将复杂的

收稿日期: 2015-05-01

作者简介: 李健(1976), 女, 陕西西安人, 工程师, 学士, 主要从事配网规划、基建项目管理的工作(e-mail)168584631@qq.com。

配电网划分为多个相对独立的局部区域,以期解决上述问题。为此,本文建立了配电网网格化的方法体系,在构建网格分层模型及其划分方法的基础上,提出了网格的分类建设标准和建设需求评估指标等技术标准体系,为以网格承载配电网规划、建设、运行调度、设备运维和营销管理等多个环节,实现多环节的闭环整体优化奠定基础。本文以某国际化大城市供电局的配网网格化工程实践为例,对所建立的网格化方法体系进行验证分析。

1 配电网的网格化

1.1 分层模型

配电网网格化,是指按网架现状、负荷分布、地理分界等实际情况,将复杂的配电网划分为多个相对独立的网格,并采用若干组标准接线对每一个网格直接、独立供电。从高压变电站、中压配电网和低压用户等3个层级,相应地将配电网进行网格化:

1)结合低压台区对用户进行网格化,利于对用户、设备的运维管理。

2)以低压台区网格为基础,根据网架结构现状、负荷分布和城市规划,以若干组标准接线模式的供电容量为约束,对中压配电网进行网格化,加强配电网规划与城市和地区规划的衔接,形成自下而上的配电网规划机制。

3)在电源层面进行网格化以形成多个电源网格,并与中压配电网网格建立对应关系,从而体现中压配电网发展对其变电站容量、出线数量和出线间隔的需求,加强输电网规划与配电网规划之间的协调。

由此,可将配电网划分为L1、L2和L3的3层网格模型,如图1所示。

1)L1层网格:由3~4个电源点供电范围组成的网格,网格内的电源点仅为该网格供电。

2)L2层网格:以总负荷不超过3组标准接线为原则,综合考虑网架结构现状和市政建设所划分的片区网格;每个L2级网格由若干组标准接线直接、独立供电,且每个L2级网格地理上由若干个街区组成,且各个街区的负荷发展特性应相对接近,如负荷饱和、负荷快速发展和负荷不确定等。

3)L3层网格:在L2层网格中,根据配变供电范围所划分的低压台区,或由若干个低压台区组成

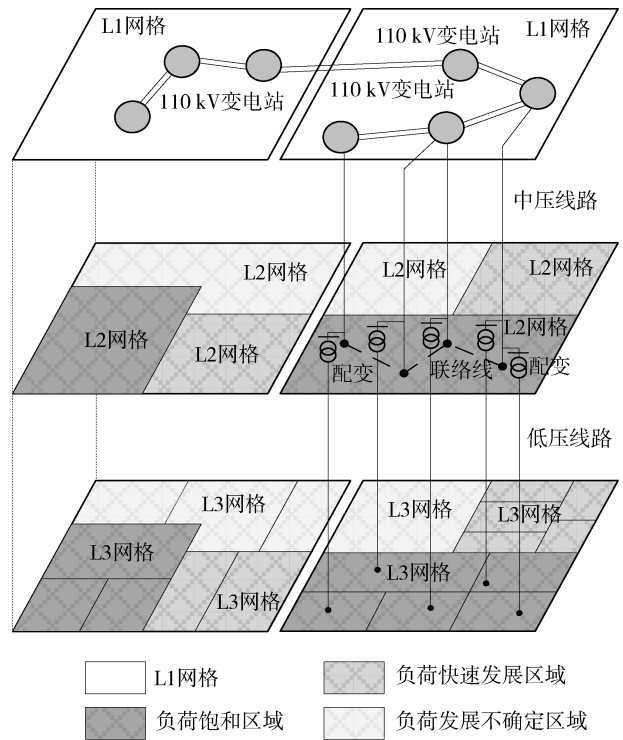


图1 网格分层模型示意图

Fig. 1 Hierarchical Model of Grids in Distribution System

的台区。其将网格化落实到低压台区,方便对用户和设备的运维管理。

1.2 划分方法

对于上述3层网格体系,遵循自下而上、上下结合的划分思路,具体包括:

1)根据业扩报装和配网项目等形成的配变台区,划分L3网格。

2)根据L3网格的负荷,以及其它地块的负荷预测,综合考虑现状网架结构、地理分界,按区域总负荷不超过3组标准接线容量为原则,将若干个L3网格组成一个L2网格,初步形成L2层网格的划分方案。

L2网格的划分应根据各区控制性详规,按照单一功能最小化的原则(地块为单位)进行,并按照负荷饱和区、负荷发展区、负荷不确定区三类区域统计各区网格数。

3)由L2层网格的初步划分方案,结合城市功能分区、变电站主要供电范围、110 kV电网容量负荷平衡范围,绘制L1层网格。L1层网格用于根据高压配电网的电源布点规划校核L2层网格划分的合理性,或根据L2层网格建设需要,提出电源建设调整需求(新增容量需求、新增间隔需求)。

4)在固定了L1层网格的基础上,根据网格划分指标体系,对L2层网格的划分方案进行综合评价,由此进一步优化L2网格。

具体划分流程如图2所示。

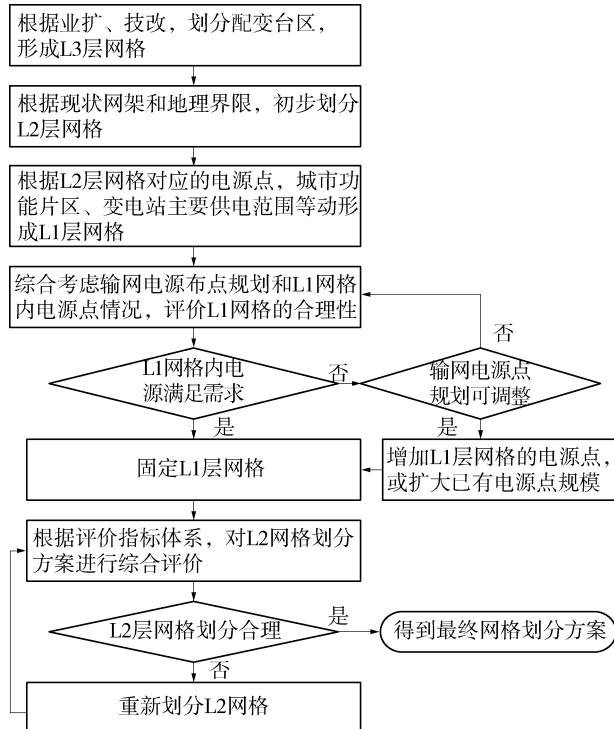


图2 分层网格划分流程

Fig. 2 Technological Process in Grid Division

2 基于网格的配电网规划

以网格载体开展配电网规划工作,并将网格化方法贯穿于规划工作各个关键环节,如图3所示。

图3中,关键环节包括五个方面。

2.1 负荷预测

结合网格的层级划分,开展自下而上的近期负荷预测。

1) L3层网格

根据的工业、商业和居民用户的典型负荷曲线,以及L3层网格中各个配变对应的工业、商业和居民用户的数量,分析该L3层网格的等值负荷曲线。

根据历史数据,分析L3层网格的负荷增长曲线,预测其负荷增长率。

2) L2层网格

由各个L3层网格的等值负荷曲线,结合L2层新增大用户的类型和报装容量,可得到L2层网格

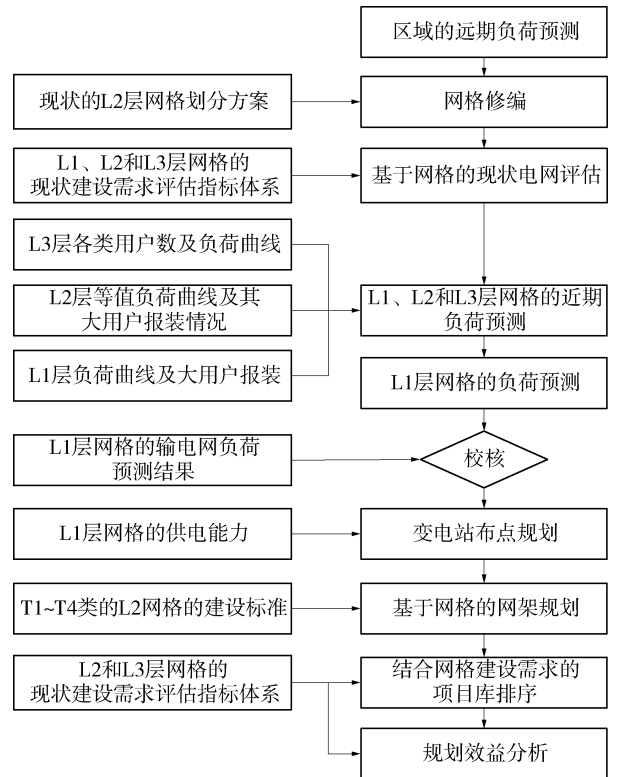


图3 基于网格的配网规划流程

Fig. 3 Process of Grid-Based Distribution System Planning

的负荷曲线及预测负荷。

3) L1层网格

由各个L2层网格的等值负荷曲线,可得到L1层网格的负荷曲线及预测负荷;与输电网规划中对L1层网格的负荷预测结果互相检验,得到L1的最终负荷预测结果。

2.2 变电站布点

以L1层网格的供电能力作为变电站布点辅助决策的定量指标。对于供电能力较弱的L1网格,结合其实际情况,考虑新建变电站间隔或新建高压变电站;对于目前存在跨区供电的L1网格,通过线路改接等措施优化变电站出线。

2.3 网架规划

根据L2层网格的负荷分布预测结果和对应的L1层内变电站选址方案,依据该L2网格的建设标准分类规划远景的目标网架。通过改造现状网架结构或从变电站10kV母线配电线路,制定由变电站到L2网格的供电方案。

以远景年网架为目标,以现状网络为基础,根据中间年负荷预测的结果进行中间年的网络规划,重点解决现状网络存在的问题,尽量考虑中间年网

络到远景年目标网架的过渡问题。

此外, 针对现状供电容量紧张的 L2 层网格, 结合其上层的 L1 层网格电源容量和周边 L2 网格的负荷情况, 通过建设 L2 层网格间的联络, 加强中压配电网对高压电网的支撑能力, 提高 L1 层网格的整体供电能力。与之类似, 通过建设 L3 层网格间的联络, 可提高低压配电网的供电可靠性, 提高设备利用率。

2.4 规划项目库优先级排序

根据规划项目所在网格的建设需求、预期投资和网格的重要系数, 对规划报告中涉及的全部建设项目进行优先级排序, 提高配网建设投资效率。

2.5 规划效益分析

基于网格的建设需求评估指标体系, 定量评价规划前后的网格建设需求程度, 并结合规划项目投资, 计算单位投资的改善程度, 以此评估规划的预期效益。

3 实例分析

3.1 概况

自 2009 年始, 深圳供电局在负荷较成熟的 LH 区分片逐步推进实施网格化改造。根据负荷和道路分布, 将 LH 区配电网划分为 132 个网格, 并以网格为单元管理其站、线、变、户信息。2009 年至 2013 年, LH 区网格化改造共投资 4.08 亿元, 平均每个网格改造费用为 368 万元, 平均每条线路改造费用为 99 万元。

3.2 实施效果

1) 配电网供电能力

与 2009 年相比, LH 区配电网的网架结构得到全面改善, 如表 1 所示。由表 1 可见, 通过网格化改造, LH 区配电网的供电能力和配网资源利用率得到显著提升。

表 1 网格化改造成效

Table 1 Comparison Between Before and After Planning

评价指标	网格化改造前	网格化改造后
配电线路可转供率	67%	94%
站间线路联络率	42%	95%
线路平均负载率	38%	45%
重载线路数	35 条	2 条

2) 平均故障停电时间

通过网格化改造, 配电网线路接线标准化程度提高, 极大地降低了转电操作难度。同时, 每个网格由变电站出线直接供电, 供电范围集中、清晰, 线路节点少, 使故障定位时间显著缩短。

图 4 给出了 2011 年以来 LH 区中压线路故障时非故障区域用户的平均故障停电时间, 其表明了该片区线路设备隔离操作时间持续下降, 非故障区域用户平均故障停电时间大幅减少。

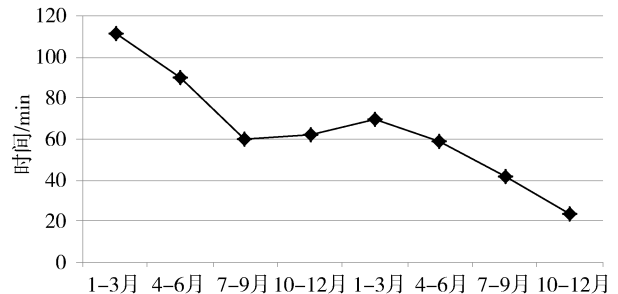


图 4 2011—2012 年 LH 区平均故障停电时间

Fig. 4 AITC of LH District During 2011 to 2012

3) 设备运维

在网格化改造后, 网格成为配网设备运维的主要载体。通过设置网格管理员, 负责网格内的设备巡视且将停电事件责任落实到个人, 巡视过程中发现设备缺陷的效率明显提升。

缺陷单形成后, 综合班设备管理组的缺陷管理员会依据设备运行风险等级安排消缺计划, 无法通过消缺手段处理的, 消缺管理员会将清单呈递给项目管理员针对缺陷表象申报修理或改造项目。

可见, 网格化不仅可以确保每一个缺陷都可以被处理(即消缺率 100%), 而且可以减少每一个缺陷的消缺等待时间(即消缺率提升)。网格在消缺工作中发挥的责任提醒功能非常重要。

4 结论

本文所建立的配电网网格化方法体系, 涵盖了网格分层模型及其划分方法、网格分类建设标准和建设需求评估指标等方面。基于 LH 区网格化改造的工程实践表明, 该配电网网格化方法体系大幅提高了配电网的供电能力和供电可靠性, 并有效地提高了企业效率和服务水平, 为以网格承载配电网规划、建设、运行调度、设备运维和营销管理等多个环节, 实现多环节的闭环整体优化奠定基础。

参考文献:

- [1] 章文俊. 基于接线模式的配电网络优化规划 [D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [2] RAMIREZ-ROSADO I J, BERNAL-AGUSTIN J L. Reliability and Costs Optimization for Distribution Networks Expansion Using an Evolutionary Algorithm [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2001, 1(16): 111-118.
- [3] 孔涛, 程浩忠, 许童羽. 基于组件式 GIS 网络分析与多目标遗传算法的城市中压配电网规划 [J]. 中国电机工程学报, 2008, 19(28): 49-55.
KONG Tao, CHENG Haozhong, XU Tongyu. Urban Medium-Voltage Distribution Network Planning Based on ComGIS Network Analysis and Multi-objective Genetic Algorithm [J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 19(28): 49-55.
- [4] 鞠平, 李靖霞. 配电网模糊优化规划(I): 模型与方法 [J]. 电力系统自动化, 2007, 14(26): 45-48.
JU Ping, LI Jingxia. Optimized Fuzzy Planning of Distribution Power Network(I): Model and Methodology [J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 14(26): 45-48.
- [5] IMAN Ziari, GERARD Ledwich, ARINDAM Ghosh, et al. Integrated Distribution Systems Planning to Improve Reliability Under Load Growth [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2011, 3(22): 1-9.
- [6] GONEN T, FOOTE B L. Distribution System Planning Using Mixed Integer Programming [J]. IEEE Proceedings C: Generation, Transmission and Distribution, 1981, 2(128): 70-79.
- [7] 刘健, 杨文字, 余健明. 一种基于改进最小生成树算法的配电网架优化规划 [J]. 中国电机工程学报, 2004, 10(24): 103-108.
LIU Jian, YANG Wenyu, YU Jianming. An Improved Minimum-cost Spanning Tree Based Optimal Planning of Distribution Networks [J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 10(24): 103-108.
- [8] 伍力, 吴捷, 钟丹虹. 多目标优化改进遗传算法在电网规划中的应用 [J]. 电力系统自动化, 2000, 12(24): 45-48.
WU Li, WU Jie, ZHONG Danhong. Application of an Improved Genetic Algorithm in Multi-objective Power Network Optimization Planning [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 12(24): 45-48.
- [9] FERREIRA L A F, CARVALHO P M S, BARRUNCHO L M F. An Evolutionary Approach to Operational Planning and Expansion Planning of Large Scale Distributed Systems [C] // Transmission and Distribution Conference, New Orleans: IEEE, 1999: 345-349.
- [10] 陈章潮, 顾洁, 孙纯军. 改进的混合模拟退火-遗传算法应用于电网规划 [J]. 电力系统自动化, 1999, 23(10): 28-31, 40.
CHEN Zhangchao, GU Jie, SUN Chunjun. Application of the Mix Genetic-Simulated Annealing Algorithm in Electric Network Planning [J]. Automation of Electric Power System, 1999, 23(10): 28-31, 40.
- [11] 王大雷. 网格分析法在城乡配电网规划中的应用与研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [12] 吴文武. 城市配电网网格化管理探讨 [J]. 技术与市场, 2012, 20(2): 95-96.
WU Wenwu. The Study of Gridding Management for City Distribution Networks [J]. Technology and Market, 2012, 20(2): 95-96.
- (责任编辑 黄肇和)
-
- (上接第 28 页 Continued from Page 28)
- [6] ISO 20340, Paints and Varnishes — Performance Requirements for Protective Paint Systems for Offshore and Related Structures [S].
- [7] NB/T 31006—2011, 海上风电场钢结构防腐蚀技术标准 [S].
- [8] 徐克文, 李君, 赵昌华. 海上风电防腐系统的选择与运用 [C]//全国电力系统腐蚀控制及检测技术交流会论文集. 中国腐蚀与防护学会, 长沙, 2009: 222-228.
- [9] SMITH C, SIEWERT T, MISHRA B, et al. Coatings for Corrosion Protection: Offshore Oil and Gas Operation Facilities, Marine Pipeline and Ship Structures [R]. Mississippi, 2004.
- [10] KNUDSEN Ole. Coating Failure Incidents on the Norwegian Continental Shelf Since the Introduction of NORSOK M-501-Corrosion Conference & EXPO [C]. NACE, 2013: 2500.
- [11] KNUDSEN Ole. Zinc-rich Primers—Test Performance and Electrochemical Properties [J]. Progress in Organic Coatings, 2005, 54(3): 224-229.
- [12] 苏雅丽, 蔡云露, 方大庆. 一种不含有有机树脂的无机硅酸锌车间底漆: 中国, ZL 201010604970. 4 [P]. 2010-12-25.
- [13] 于海涛, 陈凯峰, 赵建南. 一种具有优异耐候性的舰船用可复涂有机硅丙烯酸面漆: 中国, ZL201010252307. 2 [P]. 2010-08-06.
- [14] 方大庆, 温正明, 高波. 一种具有坚韧性的环氧重防腐涂料制备方法: 中国, 104530921A [P]. 2015-04-22.
- [15] 张贤慧, 李陈鄂, 方大庆. 一种海洋潮差/浪溅区用环氧玻璃鳞片涂料的制备方法: 中国, 201510047560. 7 [P]. 2015-01-29.
- [16] 张贤慧, 方大庆, 高波, 等. 海洋钢结构用环氧玻璃鳞片涂料的开发 [J]. 材料开发与应用, 2015(1): 15-19.
ZHANG X H, FANG D Q, GAO B, et al. Development of Epoxy Glass Flakes Coatings for Off-shore Steel Structures [J]. Development and Application of Materials, 2015(1): 15-19.
- [17] 张贤慧, 方大庆, 赖国伟, 等. PCCP 管用无溶剂环氧煤沥青重防腐涂料 [C]//第一届中国(石家庄)国际特种功能涂层技术论坛论文集. 河北省防腐保温协会, 石家庄: 2014.
- [18] NORSOK Standard M-503, Cathodic Protection [S].
- (责任编辑 郑文棠)