

县城 10 kV 配电网规划实用方法及其应用

冉郑国¹, 周星星², 吴勇¹, 王主丁²

(1. 国网重庆垫江县供电责任有限公司, 重庆 408300; 2. 重庆星能电气有限公司, 重庆 400039)

摘要: 县城配电网规划是根据规划期间的县城负荷增长及电源规划方案确定相应的最佳 10 kV 电网结构, 以满足经济、可靠的输送电力要求。县城电网规划可以使县城电网在现有基础和水平上有目标、有计划地健康发展。采用人工拟定方案, 再加上计算机辅助进行计算分析, 对重庆某县城的电网进行规划。本次规划涉及负荷预测、网架规划及投资费用的估算。实际应用表明, 该方法具有较强的实用性。

关键词: 县城配电网; 负荷预测; 电力平衡; 网架规划; 配网自动化

Abstract: In urban distribution network planning, based on the corresponding load growth and substation planning, the optimal 10 kV network structure is determined in order to meet the requirements of economic and reliable power transmission. Urban network planning can result in a healthy development of urban power grid in a planned way based on the existing infrastructure and level. A traditional planning method is used, which combines artificial schemes and computer-aided calculation and analysis. The planning for an urban power grid in Chongqing is taken for an example. The planning involves load forecasting, network planning and investment cost evaluation. The real application shows that the proposed method is very practical.

Key words: urban distribution network; load forecasting; power balance; network planning; distribution network automation

中图分类号: TM711 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2014)04-0081-05

0 引言

配电网作为发、输电与用户设备的连接环节, 其规划设计的水平直接关系到供电的可靠性和经济性。县城电网是电力系统的重要组成部分, 是促进县域经济发展、加快城乡物质文明和精神文明的基础条件。县城电网规划^[1-10]可以使县城电网在现有基础和水平上有目标、有计划地健康发展, 加大县城电网技术的科技含量, 改善县城电网现状。

电网规划方法的发展有 4 个阶段: 初级阶段、应用阶段、研究阶段和研究与应用阶段。目前, 国内电网规划采用的方法大多还处在初级阶段, 即人工拟定方案和人工计算校验。但是, 计算机自动规划也有很大的局限性, 电网规划还不能完全交由计算机实现。因此, 较常采用的实用规划方法是人工拟定方案, 再加上计算机辅助。

下面的主要工作是利用重庆星能电气有限公司的《供电网计算分析及辅助决策软件》(www.ceesi-nc.com), 对重庆 D 县城的电网进行规划。基准年为 2013 年, 规划年为 2018 年。首先, 基于已给的历

史负荷数据及其用地规划, 采用大用户加自然增长法及空间负荷预测法, 对 2014—2030 年的负荷进行预测; 接着进行电力平衡的计算; 然后, 根据电力平衡计算结果和现状网分析, 对县城电网进行网架规划和投资估算, 最后进行评估并提出建议。

1 县城配电网规划特点、思路及内容

1.1 县城配电网规划的特点

目前, 县城发展迅速, 但其电网建设往往落后于县城的规划建设; 县城的中、远期用地性质可根据其规划区域用地规划成果获得; 单个设备的容量和投资相对较小, 但整个配电系统的投资、维护和运行费用却很高; 配电网电压等级主要以 110、10、0.4 kV 为主; 在网络结构上, 一般采用闭环设计、开环运行方式, 还存在辐射型线路; 配电系统量测较少, 网络的可观性较差; 县城配电网一般不采用电缆网, 多采用架空绝缘线; 一般要求双电源供电; 配电网自动化程度低。

1.2 县城配电网规划的思路

县城配电网规划^[4-7]一般包括现状网分析、负

荷预测、电力平衡、配电网规划、投资估算、配电网自动化规划等内容,它们遵循一定的先后顺序,并存在一定的联系,如图 1 所示。

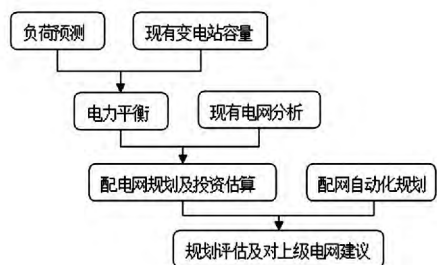


图 1 县城配电网规划思路图

1.3 县城配电网规划的内容

(1) 现状网分析。在进行县城电网规划之前,首先应分析现状电网。根据供电部门给的数据,了解现状电网的概况,并从县城电网高、中、低压的设备和运行方面进行全面分析,得出现状网存在的问题,为后续规划提供思路和侧重点。

(2) 负荷预测。电网规划的基础是负荷预测,对于县城电网规划来说,可将县城负荷分为一般负荷和点负荷,分别采用自然增长法和大用户法进行近期逐年负荷预测,采用空间负荷预测法预测饱和年和远景年负荷。最后,负荷预测的结果还可以用弹性系数进行检验。

(3) 电力平衡。负荷预测之后是电力平衡分析。根据规划期逐年的负荷预测结果、各大用户的接入方案、各发电厂的接入系统方案和区间电力交换等,得到逐年的电力平衡结果,为网架规划奠定基础。

(4) 中压配电网规划及投资估算。由现状电网结构、目标年电网负荷水平、高压变电站规划结果以及规划技术原则推荐的接线方式,初步构建目标网架,并进行线路分段和导线型号选择等。最后,进行逐年项目投资估算。

(5) 配电网自动化规划。根据国网导则相关规定要求,规划建设配电自动化系统、营销自动化系统和配电网管理信息系统。在优化城网结构、提升设备水平和科技含量的同时,以 GIS 为核心构建一体化配电管理系统(DMS),提高运营效率和管理水平。

(6) 规划评估及对上级电网建议。对于现状电网存在的问题,评估规划网架实施后对于现状电网存在问题的解决情况。对于大用户建设时序变化以

及区域结构调整所带来的负荷突变,应对上级电网提出布点时序调整或新增布点等建议,使规划网架具有较强的适应性。

2 县城配电网规划的重点

2.1 负荷预测

负荷预测是电力系统规划的基础,其准确度直接影响电网规划的质量,是预测管辖范围内用户和市场的必要手段,规划工作以电力负荷市场为导向,足见其重要程度。

负荷预测有很多方法,比如:用电单耗法、弹性系数法、空间负荷预测法、趋势外推法、类比法、自然增长率法等,对数据的处理有各自的特点。但比较常用的是大用户加自然增长法和空间负荷预测法。

下面着重介绍大用户加自然增长法、弹性系数法与空间负荷预测法。其中大用户加自然增长法适用于近期负荷预测,弹性系数法主要作为校核方法,空间负荷预测法则适用于较长时间的远景年和饱和年负荷预测。

2.1.1 大用户加自然增长法

大用户加自然增长法,是采用点负荷与自然负荷叠加的方式。根据已知历史年的一般负荷增长趋势,用自然增长法(如回归曲线法)推算出近期一般用户负荷增长情况,再加上统计出来的大用户报装负荷,叠加得出近期负荷情况。如图 2 所示。具体做法如下。

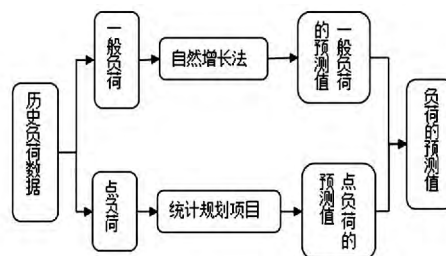


图 2 大用户加自然增长法

(1) 通过对现有、新增大用户的调查分析,结合现有大用户的改、扩建情况,对大用户供电量、供电负荷进行预测。点负荷的电量由用电单耗法求得,最大供电负荷通常给定或基于其最大负荷利用小时数求得。

(2) 根据全县除大用户外的供电量、供电负荷历史数据,采用自然增长法对一般负荷进行预测;对

预测的增长率进行校验,即确定增长率是否符合历史年电量负荷的发展规律、是否与地方国民经济发展速度相一致。

2.1.2 弹性系数法

电力弹性系数 k_t 是指用电量的年平均增长率 k_{zch} 与国内生产总值年平均增长率 k_{gzch} 的比值。通过弹性系数及国内生产总值的年平均增长率,可以计算规划年份所需用的电量,即

$$A_n = A_0(1 + k_t k_{gzch})^n$$

式中 A_n 为预测期末的需用电量; A_0 为预测期初的需用电量; k_t 为电力弹性系数; k_{gzch} 为国内生产总值的年平均增长率; n 为计算期的年数。

弹性系数法首先求出历史年的弹性系数,再考虑到电网发展趋势、产业结构特点及其调整变化等因素,适当调整历史弹性系数,作为预测期弹性系数,并结合预测期的 GDP 增长率,计算得到规划期的预测电量。本方法主要作为校核方法。

2.1.3 空间负荷预测法

空间负荷预测法^[8],也称小区负荷预测法,主要是根据政府规划部门对土地的规划方案,确定各地块用地性质、占地面积、容积率、需用系统和饱和密度,首先得到各地块的饱和负荷,再采用合适的回推曲线预测中间年负荷。该方法适用于较长时间的负荷预测与饱和年负荷预测。

2.2 电力平衡

电力平衡是根据电力负荷预测确定电网容量需求的重要步骤,是保证电网满足负荷需求的重要手段,是高压变电站规划的基础。根据电力平衡可以得到规划年内需要的变电容量,并预测规划年的容载比,校验上级电网电源规划方案。

在计算电力平衡时,遵循的一般步骤是:已知由负荷预测得到的 110 kV 公用最大负荷和 35 kV 及以下小水电、自备电厂装机容量,前者减去后者得到计算负荷,乘以容载比后得到所需变电容量,所需变电容量减去电网实际变电容量就是需新增变电容量。35 kV 电压等级的电力平衡计算类似。

2.3 网架规划

网架的主要功能是互通容量,优化潮流分配,实行快速有效的调度操作和事故处理。网架的优化设计,要保证满足负荷需求,有效提高供电可靠性、降低线损、确保供电质量。

配电网接线方式^[9,10]应根据不同供电区用户重

要程度、负荷情况以及可靠性要求确定,10 kV 一般常用有“辐射式”、“手拉手”、“单环网”几种典型网络接线。在确定 10 kV 配电网目标网架结构的基础上,进行 10 kV 网络结构完善优化改造,城区供电区从目前的辐射式供电网络逐步过渡到单联络的环网结构供电网络,甚至形成双环网。城区 10 kV 线路主干线路径径统一为 240 mm²,支干线路径径不小于 95 mm²,供电半径宜控制在 4 km 内,一般每条 10 kV 主干线宜分为 3 段,每条主干线按长度或装接容量进行分段。当线路装接容量达到上限时,一般应再新建 10 kV 线路转移负荷或对供区馈线进行重新分配。

2.4 配电网自动化

配电网自动化规划,主要是指规划建设配电自动化系统、营销自动化系统和配电网管理信息系统,在优化城网结构、提升设备装备水平和科技含量的同时,以 GIS 为核心构建一体化配电管理系统(DMS),提高配电运营效率和管理水平。

配电网自动化系统采用分层分布式体系结构,由配电主站、配电子站和配电终端三个层次组成。根据实际情况,通信子站也可采用开关站 DTU 代替,配电终端也可根据需要不经子站而直接接入主站。

这里采用 GIS 为核心平台,构建 D 县城配电网一体化的综合管理系统。整合配电自动化实时数据、营销自动化实时数据、配电规划及工程项目业务数据、配电生产管理业务数据、配电营销管理业务数据构建配电数据中心。在实现全面数据整合的基础上,开发配电规划及工程项目管理、配电生产管理、配电营销管理的关键业务,构建配电业务中心。

3 算例

截至 2013 年,D 县城有 110 kV 变电站 2 座,主变压器 4 台,主变压器容量 194.5 MVA,容载比为 3.47。其中,1 座变电站不能满足主变压器 $N-1$ 校验。针对中低压配电网,现有 10 kV 公用线路 16 条,1 条重载线路,6 条线路不能通过线路 $N-1$ 校验。

运用所提方法对该县城进行规划,根据负荷预测可知:至 2018 年,负荷 128.50 MW,至 2030 年,负荷为 577.79 MW,如表 1 所示。

表 1 D 县城总电量、负荷预测数据

项目	2014	2015	2016	2017	2018	2030
电量 /GWh	328	374	433	502	582	2571
负荷 /MW	72.46	82.60	95.71	110.90	128.50	577.79
T_{max} /h	4 527	4 527	4 527	4 527	4 527	4 450

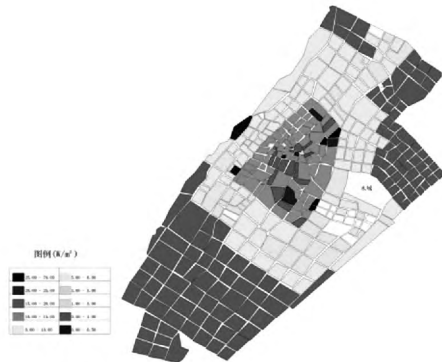


图 3 2018 年小区负荷密度图



图 4 远景(2030)年小区负荷密度图

结合负荷预测的结果,对 D 县城进行电力平衡分析可知:至 2018 年,需新建 110 kV 变电站 1 座,共有 110 kV 变电站 3 座,容量 352 MVA。至 2030 年,需新建 110 kV 变电站 5 座,共有 110 kV 变电站 7 座,容量 1 284 MVA。其中,每座变电站的容量规划都采用“具体问题具体分析”的方法,与当地供电部门协商确定变电站的位置及容量。

至 2018 年, D 县城共有公用线路 32 条,新建线路 12 条,共新建及改造电缆 0.35 km,新建及改造架空线 83.67 km,新建柱上开关 52 台,新建开闭所 2 座。至 2018 年,110 kV 电网容载比为 2.05;至 2030 年,110 kV 电网容载比为 2.04。

2014—2018 年 D 县城中压配电网总投资为 2 810.02 万元,其中,电缆投资 26.20 万元,架空投资 2 175.42 万元,开闭所投资 400 万元,柱上开关投资 208 万元。

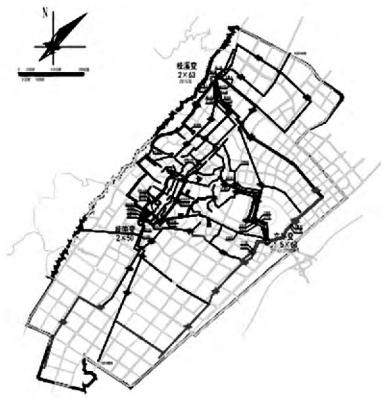


图 5 2018 年中压地理接线图

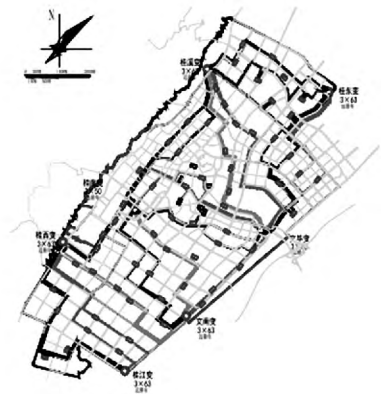


图 6 远景(2030)年中压地理接线图

最后进行规划方案评估。

供电能力评估:110 kV 电网变电容载比达到 2.04,能够满足供电要求且具有一定裕量;城区 10 kV 线路平均负载率由 58.63% 降低到 53.67%,全网基本上能实现转带负荷。

电网可靠性评估:至 2018 年,该地区中压配电网供电可靠性可达 99.934%,满足规划技术原则要求;10 kV 线路均满足 $N-1$ 校验。

线损评估:至 2018 年,全网理论综合线损率为 5.28%,满足相关要求。从评估结果可见,规划方案合理,能够满足电网发展的需要。

需注意的是,若评估结果不能满足规划要求,则需对规划方案进行修正,直至找到满意的规划方案。

4 结 论

介绍了一种实用的配电网规划方法,即人工拟定方案,再加上计算机辅助。先做现状电网分析,找出电网存在的问题及薄弱环节;进行县城负荷预测,并进行电力平衡的计算;由现状电网分析和电力平

衡的结果,进行目标网架规划,确定最佳方案。借助重庆星能电气有限公司的《供电网计算分析及辅助决策软件》,提高了规划效率,也使网架规划和分析变得很方便。

参考文献

[1] 邓昆玲,张爱军,王鹏,等. 县城电网现状及规划要点分析[J]. 内蒙古电力技术, 2012(2): 8-11.

[2] 杨志彦. 对县城电网改造的探讨[J]. 农村电气化, 2003(2): 14.

[3] 陈根永,杨丽徒,郑自强. 县级城区电网规划研究[J]. 郑州工业大学学报, 2000, 21(2): 45-47.

[4] 张仁辉. 浅谈县城电网规划[J]. 技术与市场, 2013(8): 186-187.

[5] 周培华. 对县城电网规划的建议[J]. 中农村电工, 2005(1): 22.

[6] 陈光英. 县城电网规划浅议[J]. 农村电工, 2003(3): 30.

[7] 张肖青. 对县(市)城镇电网建设与改造问题的探讨[J]. 农村电气化, 2003(10).

[8] 乐欢,王主丁,肖栋柱,等. 基于空区推论的空间负荷预测分类分区实用法[J]. 电力系统自动化, 2009(7): 81-85.

[9] 中华人民共和国国家电网公司. 配电网技术导则[Z]. 2009.

[10] 中华人民共和国国家电网公司. 城市电力网规划设计导则[Z]. 2006.

作者简介:

冉郑国(1972),主要从事电网规划及建设管理方面的研究;

周星星(1990),主要从事配电网规划在实践应用方面的研究。

(收稿日期: 2014-03-09)

(上接第52页)

[2] 曾连生. 直流输电接地极电流对电力变压器的影响[J]. 高电压技术, 2005, 31(4): 57-58.

[3] Nobuo Takasu, Tetsuo Oshi, et al. An Experimental Analysis of DC Excitation of Transformers by Geomagnetically Induced currents [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1994, 9(2): 1173-1179.

[4] 覃国茂,付海涛,肖荣. 直流偏磁对葛洲坝电站主变压器的影响及抑制措施[J]. 水利发电, 2007, 33(12): 79-81.

[5] 吴鹏,田猛,陆云才,等. 锦一苏特高压直流对江苏电网变压器直流偏磁的影响[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(1): 5-9.

[6] 余洋,韦晨,朱琳. 直流输电接地极电流对不同结构变压器影响研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(24): 71-76.

[7] 蒯狄正,万达,邹云. 直流输电地中电流对电网设备影响的分析与处理[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(2): 81-82.

[8] Annakkage U D, McLaren P G, Dirks E, et al. A current transformer model based on the Jiles-Atherton theory of ferromagnetic hysteresis [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2000, 15(1): 57-61.

[9] 郝治国,余洋,张保会,等. 高压直流输电单极大地方式运行时地表电位分布规律[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(6): 10-14.

[10] 张波,赵杰,曾嵘,等. 直流大地运行时交流系统直流电流分布的预测方法[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(13): 84-87.

[11] 朱艺颖,蒋卫平,曾昭华,等. 抑制变压器中性点直流电流的措施研究[J]. 电机工程学报, 2005, 25(13): 1-7.

[12] 尚春. HVDC地中电流对交流变压器影响的抑制措施[J]. 高电压技术, 2004, 30(11): 52-54.

[13] 马玉龙,肖湘宁,姜旭,等. 用于抑制大型电力变压器直流偏磁的接地电阻优化配置[J]. 电网技术, 2006, 30(3): 62-65.

[14] 杜忠动,董晓辉,王建武,等. 直流电位补偿法抑制变压器直流偏磁的研究[J]. 高电压技术, 2006, 32(8): 69-72.

[15] 蒯狄正,万达,邹云. 变压器中性点注入反方向抗偏磁直流的应用分析[J]. 华电电力, 2005, 33(6): 21-23.

作者简介:

王建(1986),硕士研究生,工程师,主要研究方向为高压电气设备在线监测和电气设备故障诊断;

马勤勇(1973),本科,高级工程师,主要研究方向为高压电气设备在线监测和电气设备故障诊断;

常喜强(1976),硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为电网安全运行及电网调度控制;

张媛(1987),硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为高电压与绝缘技术;

金铭(1987),本科,高级工程师,主要研究方向为高电压与绝缘技术;

范旭华(1955),女,本科,高级工程师,主要研究方向为高压电气设备在线监测和电气设备故障诊断;

刘依梅(1986),女,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为电网运行及其自动化。

(收稿日期: 2014-05-12)