

# 城市配网规划与建设若干问题探讨

万国成<sup>1</sup>, 吴日昇<sup>1</sup>, 何毅思<sup>1</sup>, 任震<sup>2</sup>

(1. 广电集团广州供电分公司, 广东 广州 510620; 2. 华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640)

**摘要:** 针对城市高速发展给城市配网规划与建设带来的一系列问题展开探讨, 给出了电源点选址及线路走廊规划与建设原则、变电站的出线方向原则、环网组成以及馈线的联络原则。以求通过对这些问题的讨论, 给城市配网的规划与建设带来一些有益的帮助。

**关键词:** 城市配网; 规划; 建设

**中图分类号:** TM715 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)20-0074-05

## 0 引言

近年来,随着国民经济的高速发展,各城市对电力的需求也一直保持着高水平的增长。2003 年以来的电荒一方面反映我国的电厂发电机组的装机容量的严重不足,另一方面,也对我国城市配电网的供给能力提出了严重的挑战,我国城市配电网建设的滞后在一些地方已经逐步显现出来,并且随着以后经济的持续发展,城市配电网建设的问题将会更加严重。配电网建设的问题必须引起政府部门以及电力企业的高度重视。本文对城市建设中电力建设优先的必要性展开论述,提出电网规划与建设的有关思路,希望能够引起政府职能部门的重视,同时也给电力企业在电网规划与建设提供一些参考。

目前,我国城市电网中大多以 220 kV 构成环网,而以 110 kV 作为主力电源点,通过 10 kV 馈电线路向用户供电,少数用户是以 220 kV 作为电源点,通过 110 kV 线路供电<sup>[1]</sup>。为了使研究的问题具有普遍性,本文所讨论的城市配网规划与建设的有关问题主要是以 110 kV 电源点的布局,以及 10 kV 馈线的出线为对象来展开研究。

## 1 我国配网的现状

长期以来,电力建设存在着重发电、轻输配电的问题,使我国城市配网建设相对落后。尽管近些年来,国家有意识地加大了配网建设改造的力度,使配网面临的问题有所改观,但由于我国配网的底子薄,配网的运行水平仍然低下。目前城市配网主要存在以下一些问题:

1) 电源布点不合理,供电半径过长,线损高。由于缺乏早期整体规划,我国一些城市配网的电源点要么布点不足、要么分布不合理,使供电半径过

长,线损过高。此外,由于电源布点不合理,有些地方出现主变负载不均衡,降低了系统运行的经济性。

2) 网络结构不合理,使运行方式安排不够灵活。由于网络结构安排不合理,使故障复电、计划检修的安排以及迎峰度夏等工作都受到限制。实际工作中经常遇到变电站移址、变电站全站需要停电时,即使在低负荷水平的情况下负荷都不能转出,需要新出线或者新增加联络线。

3) 线路故障率高,供电可靠性低下。由于很多城市都还采用架空线作为城市供电的输电线路,而架空线的故障率相对较高,因此,降低了供电可靠性;另外,由于网络结构不合理,事故转电及检修转电不方便,也降低了供电的可靠性。

4) 负荷增长飞速、电网建设用地紧张

近十多年来,我国东南及华南沿海城市的电力负荷的增长速度均保持在 12% ~ 15% 的水平,有的地方甚至超过了 20%。

以华南某市的负荷增长为例,该市 1999 年的最高负荷为 329.7 万 kW,用电负荷随着经济的高速增长年年飙升,5 年来已翻了一翻,2004 年最高负荷即使在强力错峰的情况下仍高达 637.7 万 kW,加上当日错峰错掉的三十多万接近四十万的负荷,该市今年的负荷需量实际已达 670 ~ 680 万 kW。据了解,华南及东南沿海的许多城市的负荷增长速度都与该市差不多。

随着经济的高速发展,城市的建筑越来越密集,可以利用的城市空间越来越有限,而电力负荷密度却由于城市的高层建筑的增多以及人民生活水平的改善不断增加,这使得电力供求的矛盾日益突出。

## 2 城市配网规划与建设的思路

城市配网规划与建设中问题很多<sup>[2]</sup>。首先,城

市电网规划中不确定的因素很多<sup>[3]</sup>,负荷的发展及分布状况很难准确预测;其次,城市电网规划与建设所涉及的部门和专业领域多,它除了要满足安全性与可靠性、投资成本等经济技术方面的要求外,还要与市政规划等部门协调,以满足城市发展的需要。

### 2.1 电源点选址及线路走廊安排

从减少网损、增加经济效益的角度出发,应该优先规划电源点,只有电源点规划得合理,才能减少线路建设的投入,降低网损。当前,我国有些城市因为电源点布点不足或电源点容量有限,靠其它电源点的出线来补救的现象比较普遍,这使得配网网损一直居高不下,配网运行的经济性不佳,在目前提倡科学发展观的今天,这种局面必须扭转。

对于城市电网建设,以前的观点是遵循电网规划建设适度超前的原则。现在看来,对于城市电网规划,这一观念要有所转变。对电力设施的建设,此原则基本是适用的,但对于市内变电站选址、电源点选址以及线路走廊的规划等问题上,有必要作一番新的审视。

1)客观条件要求电力企业必须提前做好电源点的选址及线路走廊的构建。城市的发展,给电力部门重新布点及新增线路走廊的空间十分有限,即使勉强安排了新的电源点以及线路走廊,也会因约束因素太多使布局不合理。况且越是到后来,在市区进行开挖铺设电缆的代价会越大,并且会对市容造成影响,从而增大了建设线路走廊的难度。目前,我国已经有城市出现电源点布点不足、电力线路走廊有限,而由于空间的限制,周围几乎无再建电源点或新出线的可能。

2)改革的深入,电力企业的职能也发生了转变,现在的电力企业与用户的用电关系变成了一种纯粹的合同关系,电力企业自身对其他行业和部门的影响也十分有限;而另一方面,电力企业虽然是企业,但却是特殊的企业,是和国计民生息息相关的企业,供电企业担负的社会责任重大,服务社会的宗旨所有供电企业必须始终坚持。因此,政府、供电企业应该共同关心、共同努力,为电力供应提供必要的环境,以保障电力的持续有效供应。

3)城市发展的特殊性决定了政府及电力企业必须把眼光放得更长远。除非遇到毁灭性的灾难,城市的发展将永远不会间断,而随着城市繁荣程度的加深以及人类需求的不断提高,考虑到前面所讨论的能源的消费与使用过程,除非将来有可以替代电能的其它形式的能源被有效地采用,否则,城市的

用电密度只会越来越大。如果不在城市发展之初很好地解决城市电网尤其是配网的规划与建设问题,将会严重制约整个城市的发展,甚至会导致城市发展基本停滞。

4)规划线路走廊时如果采用架空线,将影响市容市貌,在改电缆入地时阻力较大,而且架空线路的故障率比电缆线路高。从实际的运行经验来看,我国华南及东南沿海城市每年都要遭受强劲台风的袭击,台风所造成的馈线故障跳闸次数在一般规模较大的城市每年都要逾百起,有的甚至在300次以上,严重影响了电力供应;此外,由于城市线路空中走廊的环境恶劣,使得架空线路的故障率远高于电缆线路。综合这些因素,在我国具有一定规模的城市尤其是华南及东南沿海城市,在进行城市电网规划与建设时,10 kV线路应该优先考虑电缆。另外,从电缆故障引起的馈线事故跳闸的统计来看,绝大部分的电缆故障是由于外力破坏引起的(据统计约占80%~90%),因此,从减少电缆故障所导致的馈线跳闸的角度考虑,应尽量减少电缆直埋。对于采用排管敷设的电缆线路,在线路维护或需新放电缆时需要重新开挖,显得极为不便,且排管敷设的电缆线路比电缆沟里的电缆遭受外力破坏的可能性要大;而采用电缆沟的敷设方式其成本相对较高。综上所述,在经济条件许可的情况下,10 kV线路走廊应优先考虑电缆沟,其次是电缆排管敷设,尽量不用架空线,减少电缆直埋。

由本节前面的分析可见,合理地进行电源点及线路走廊的规划与建设已迫在眉睫,在进行城市电网规划时,电力部门、城建部门以及政府其它相关职能部门都应该高瞻远瞩,以长远的眼光来看待这个问题。

应当指出,用地功能的不同是决定负荷空间分布的重要因素。但由于在城市发展规划过程中,除了少数用地如成片的大学校区其远景负荷密度可以基本确定外,其它大部分地方的密度或由于土地本身很难成片长期明确其用户性质,或由于用户的用电需求具有不确定性,或由于同一块土地上的用户对象在一段时间内会发生变化等等原因导致了城市绝大部分区域的负荷密度具有不确定性。从实际情况来看,除了少数地区的远景负荷密度可以基本确定外,其它大部分地方的负荷密度都呈无限上涨的趋势,只有靠将来人为加以控制。有鉴于此,在进行城市配网电源点的选址时,除了类似成片的大学校园区域外,其它绝大部分地方的变电站选址可按下

面的思路进行。

由于目前有些城市的繁华区域负荷密度已超过  $40 \text{ MW} / \text{km}^2$ , 考虑到将来城市发展与控制的平衡结果, 城市的远景规划以每平方公里  $50 \text{ MW}$  的负荷密度来考虑, 如果每个  $110 \text{ kV}$  站按 3 台主变、每台主变容量为  $63 \text{ MVA}$  的远景目标来考虑, 则三台主变的总容量约为  $190 \text{ MVA}$ , 那么, 每个  $110 \text{ kV}$  变电站所覆盖的供电区域面积应该约在  $4 \text{ km}^2$  左右, 也就是每个  $110 \text{ kV}$  变电站的间隔应该大约为  $2 \text{ km}$ , 如图 1 所示。

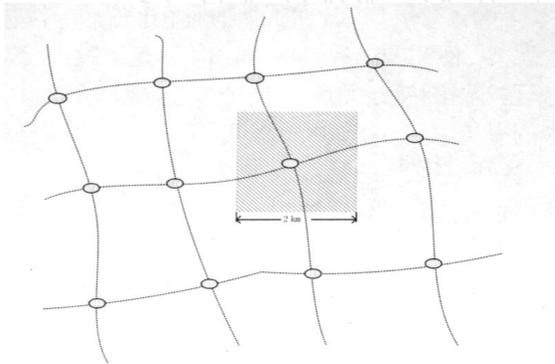


图 1  $110 \text{ kV}$  电源点及  $10 \text{ kV}$  线路走廊示意图

Fig 1  $110 \text{ kV}$  substation and  $10 \text{ kV}$  feeder way

图 1 中虚线代表电缆沟, 小圆圈代表规划中的电源布点。

变电站附近的电缆沟的建设规模应与变电站远景建设规模相适应, 按变电站的远景规划, 除了考虑  $110 \text{ kV}$  的电缆走廊外, 还应为  $10 \text{ kV}$  电缆预留足够的电缆走廊; 主要电缆走廊应与城市道路路面宽度综合考虑, 以确定电缆沟大小, 条件允许的情况下一般按 16 线电缆沟规划。这些走廊的建设最好在郊区城市化之前与市政道路建设同期进行, 避免道路重新开挖。

对图 1 中的线路走廊规划建设, 在城市郊区城市化之前, 也就是在城市化的早期就完成, 而电缆的投放则可以根据实际负荷发展的需要分阶段投放; 图 1 中电源点选点布局也应在城市化的早期就完成, 而其基建工作则可以按照电力负荷的增长分批投建。目前, 在我国一些城市, 政府城建部门要求规划的电源用地必须在规定的时间内完成基建, 但电力部门却往往由于建设资金短缺而难以做到这一点, 使得电源点用地的矛盾更突出。在这一点上, 政府相关的职能部门应该给予支持, 应该允许先将电源点的基建用地先行绿化或者由城建部门先作短期机动用地使用, 在适当的时候再进行电源点建设, 以

保证电源点用地的充足, 满足将来城市发展对电力的需求。

## 2.2 配网馈线的规划原则

为了增加配网供电可靠性、增强运行方式的灵活性, 在规划电源点出线以及网络的联络方式时, 应该统筹考虑。

### 1) 出线方向原则

规划变电站出线时, 应尽量考虑将同一变电站的不同主变的出线在区域上交叉, 即某一用电区域的馈线, 最好是来自不同主变。如果是单台主变, 应该尽量考虑将不同母线的出线在区域上交叉。这里以两台主变 8 条出线 (实际中肯定远不止 8 条) 为例, 如图 2 所示。

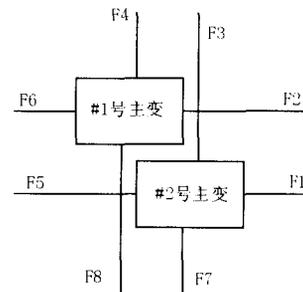


图 2 变电站出线方向示意图

Fig 2 Outlet direction of substation

图 2 中  $F_1$ 、 $F_2$  来自不同的主变, 同时出向同一片供电区域;  $F_3$  与  $F_4$ 、 $F_5$  与  $F_6$ 、 $F_7$  与  $F_8$  也是同样的道理。

按照此原则出线, 可以保证每一用电区域内都有来自不同主变的电源, 当某一主变故障或者母线失压时, 可以由本站内的另一主变供电。

### 2) 环网及联络原则

在构成环网时, 尽量与本站的馈线构成环网, 而非本站的出线构成联络, 如图 3 所示。

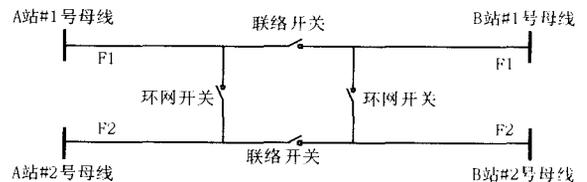


图 3 馈线联络及环网示意图一

Fig 3 Sketch map No 1 of connection and loop of feeders

这种结线方式的特点: (1) 如果出现某个站某台主变退出运行, 而本站其它主变可以承担它的全部负荷, 则可以通过母联开关将该主变的负荷转移到本站其它主变上; 而如果本站其它主变无法承担全部负荷, 则可以很方便地将多余的负荷通过联络

开关转移到对侧站上。(2)如果出现有母线退出运行,则可以通过环网开关将负荷转移到本站其它母线上;而如果带该段母线的主变无法承担全部负荷的话,可以将部分负荷通过联络开关转到对侧站上。

(3)如果仅仅是某条馈线的出线段故障,则可以视情况将该馈线的负荷通过环网开关转移到本站的其它母线上的馈线上,或者通过联络开关转到对侧站的馈线上。由此可见,这种结线模式运行方式非常灵活,可以满足不同情况下的转电的需要。

此外,图3中的接线方式如果要求在满足 $N-1$ 的情况下提高导线负载率,可以考虑将图3中环网开关的位置设置在每条馈线的二分之一负荷处,再配以分段开关,如图4所示,就可以将每条导线允许的负载率从传统的手拉手方式的50%提高到67%。

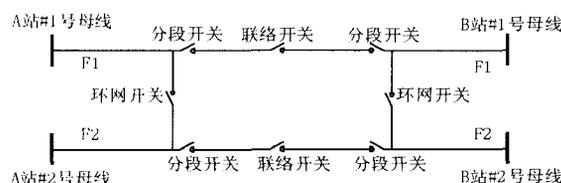


图4 馈线联络及环网示意图二

Fig 4 Sketch map No. 2 of connection and loop network of feeders

由于分段开关、环网开关等在城市配网中是必不可少的,这种结线方式在几乎不增加成本或者增加很少的成本的情况下(与现在很多结线方式相比,4条馈线仅增加了两个联络开关),使配网的可靠性得以增强、运行方式的灵活性得以加强,同时在保证可靠性的前提下使馈线允许的负载率得到了提高,因此可以说具有较明显的优点。

### 3 结论

城市电网的规划建设的好坏,对城市的发展起着重要的影响。500 kV、220 kV的电网由于变电站相对较少,且这些站绝大多数都可以分布在城市的外围,相对于110 kV变电站及线路走廊的用地而言,这些站及线路走廊用地相对容易解决。所以文中的讨论主要集中在城市配网的规划建设上。

文中所探讨的一些问题,对我国一些高速发展

的城市具有普遍意义,对于一些发展缓慢的中小城市来讲,这些问题虽然目前还不是显得很紧迫,但要引起足够的注意。

本文所讨论的电源点以及线路走廊的规划建设原则,着眼于解决我国城市配网所面临的建设空间不足的现实,希望引起有关部门尤其是政府城市建设主管部门的共鸣。

另外,文中介绍的变电站出线方向原则以及馈线联络及环网原则,对提高配网可靠性、运行方式的灵活性以及馈线的负载率等方面都会有一定的帮助。

### 参考文献:

- [1] 陈章潮,唐德光. 城市电网规划与改造 [M]. 北京:中国电力出版社, 1998  
CHEN Zhang-chao, TANG De-guang Layout and Reconstruction of Urban Power Distribution System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998
- [2] 余贻鑫,段刚. 城市电网规划的认识性质与方法 [J]. 电力系统及其自动化, 2001, 25 (2): 27-31.  
YU Yi-xin, DUAN Gang Cognitive Feature and Methods of Urban Power Distribution System Planning [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (2): 27-31.
- [3] 朱海峰,程浩忠,张焰,等. 电网灵活规划的研究进展 [J]. 电力系统及其自动化, 1999, 23 (17): 38-41, 47.  
ZHU Hai-feng, CHENG Hao-zhong, ZHANG Yan, et al A Review of Electric Power Network Flexible Planning [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (17): 38-41, 47.

收稿日期: 2005-02-22; 修回日期: 2005-03-23

作者简介:

万国成(1970-),男,博士,高级工程师,目前主要从事城市配电网运行管理与优化方面的工作; E-mail: wanguocheng@163.net

吴日昇(1964-),男,高级工程师,主要从事配网运行管理方面的工作;

何毅思(1960-),女,工程师,主要从事配网运行管理方面的工作;

任震(1938-),男,教授、博导,研究方向为电力系统可靠性、小波理论及其在电力系统中的应用、高压直流输电、谐波分析等。

### Discussions on urban distribution layout and construction

WAN Guo-cheng<sup>1</sup>, WU Ri-sheng<sup>1</sup>, HE Yi-si<sup>1</sup>, REN Zhen<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Power Supply Branch, Guangdong Group Co., Guangzhou 510620, China;

2. South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** With the high-speed developing of urban area, the urban distribution layout and construction are facing magnitude chal-

allenge It is the duty-bound responsibility for the electric power staffer and the government interrelated department to mark out and construct the urban distribution system reasonably. Selection of transformer substation situation, principle of feeder way of transformer substation and fundamentals of loop net composing and feeder's connection are given. Discussions on these issues are propitious to layout and construction of urban distribution.

**Key words:** urban distribution; layout; construction

(上接第 32 页 continued from page 32)

为有很大影响。通过检测工频电压过零点加计数器的方法,有以下不足:必须具有相应独立的测频通道,给现场应用带来不便;易受电源谐波分量和注入的 20 Hz 电源的影响。应研究在不增加硬件和降低测量精度的前提下,使用软件方法测频。

2) 录波文件的完善:录波文件中无开关量,对判断保护的動作行为会带来不便。同时,录波文件应注明是哪个 CPU 的、什么时间的录波文件。对于录波文件,应保证在发生保护和监控工控机断电的各种情况下的不丢失。

3) 告警灯的完善:在监控工控机死机和掉电的情况下,每个保护单元(CPU)的故障告警灯均会点亮,这对装置的运行和故障判断不利。

## 6 结束语

国产发变组保护投运三年来,经历了区外单相接地短路 50 多次,最严重的是经历了一次区外三相短路,保护无误动作和误发信号的情况。

发生了一次在厂变差动范围内的电缆头短路事

### Domestic large-scale microprocessor protection debugging and operation of generator transformer unit and its auxiliary transformer

LIDe-jia

(Nuclear Power Qinshan Joint Venture Co., Ltd, Haiyan 314300, China)

**Abstract:** This paper summarizes debugging and operation conditions of Qinshan secondary stage of generator-transformer unit and its auxiliary transformer microprocessor protection. Reason analysis is made and countermeasures are put forward. It is a reference for similar power plants.

**Key words:** computer based protection; generator; transformer; nuclear power

故,差动保护正确动作,60 ms 就将故障切除。事后对厂变进行了绕组变形试验、直阻试验、短路阻抗试验、绝缘试验,一切正常后投运,运行至今没有发生异常。这说明保护的速动性能减少对被保护设备的损伤。

通过运行情况的总结,证明该装置硬件稳定可靠、软件设计合理、保护配置正确妥当,能够满足大型发电机组对继电保护的要求。

### 参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京:中国电力出版社,1998  
WANG Wei-jian. Principle and Application of Electric Power Equipment Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998

收稿日期: 2005-01-24; 修回日期: 2005-04-14

作者简介:

李德佳(1964-),男,高级工程师,主要从事继电保护的调试和运行;Email: jiajiadedelili@sohu.com

(上接第 61 页 continued from page 61)

### Reliability evaluation for HVDC systems based on Bayesian network with multi-state nodes

CHEN Bi-yun, REN Zhen, LI Hong-ning

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** With flexible inference mechanisms, Bayesian networks can describe inherent relations of the system in depth. A method of reliability evaluation for HVDC systems based on Bayesian network is proposed in this paper. Multi-state nodes are used to denote the multiple states of system and elements, which can effectively deal with the special backup modes. Belief matrices are proposed to describe the linking connection of elements from different layers, which can be used to evaluate the weak points of the system. Furthermore, automatic updating function of Bayesian networks can be used to forecast the future state of the system based on the current state of elements or sub-systems. The validity of the proposed method is proved by a test system.

**Key words:** Bayesian network; HVDC system; reliability; belief matrix