

天津滨海新区中压配电网 20 kV 电压等级应用的研究

殷军¹, 张金禄¹, 贾巍², 赵洪刚²

(1. 天津电力滨海供电公司, 天津 300450; 2. 天津天大求实电力新技术股份有限公司, 天津 300384)

摘要: 目前, 滨海新区中压配电网主要采用 10 kV 供电。由于滨海新区是一个快速发展的区域, 负荷密度定位高, 同时有些地区采用商务区、港区或者工业区的新区开发模式, 因此具有 20 kV 电压等级试点应用的条件。对 20 kV 中压配电网电压等级的应用进行了论证, 以期利用滨海新区的发展机遇, 合理配置电压等级, 达到配电网的优化。

关键词: 天津滨海新区; 中压配电网; 电压等级; 20 kV

An investigation on the application of 20 kV voltage levels for Tianjin Binhai district medium-voltage power distribution network

YIN Jun¹, ZHANG Jin-lu¹, JIA Wei², ZHAO Hong-gang²

(1. Tianjin Binhai Power Supply Company, Tianjin 300450, China;

2. Tianjin Tianda Qiushi Electric Power High Technology Co., Ltd, Tianjin 300384, China)

Abstract: With Tianjin Binhai District brought into the national development strategies, Binhai District's network faces a historic opportunity for development. At present, Binhai District's medium-voltage power distribution network primarily uses 10kV power supply. As Binhai District is a rapid developing region, its load density is positioned higher. Meanwhile, there are some new districts, such as CBD, ports and industrial estates. So it is possible for making experiments on 20kV. This paper verifies the application of 20kV voltage level as a medium-voltage distribution, in order to use the developing opportunities of Tianjin Binhai District, rationally configure the voltage level.

Key words: Tianjin Binhai district; medium-voltage power distribution network; voltage levels; 20 kV

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)10-0049-04

0 引言

随着天津滨海新区的发展纳入国家发展战略, 经济的高速发展和大规模的城市建设将导致该区域对电力需求的大幅增长, 电网建设改造的规模和投资空前, 天津滨海电网面临历史性发展机遇。

目前, 天津滨海新区中压配电网采用 10 kV 电压等级供电。同时, 针对部分电力客户, 采用 35 kV 电压等级直接供电, 以 35/0.4 kV 的变电形式为大用户直供。

滨海新区是一个快速发展的区域, 负荷密度定位高, 同时有些地区采用商务区、港区或者工业区的新区开发模式, 因此具有 20 kV 电压等级试点应用的条件。

针对上述客观情况, 本文对滨海新区中压配电网引入 20 kV 电压等级进行了理论与实践分析, 以期合理配置电压等级, 促进滨海电网的和谐发展。

1 国内外 20 kV 电压等级的使用

根据对国外城市电网电压序列变化情况的进行分析, 可以看出, 国外城市电网电压等级的调整是一个长期的过程, 需结合城市的发展, 尤其是电网实际, 将电压等级调整与电网改造结合起来进行论证, 确定最优方案, 并分步实施。法国巴黎从 70 年代中期发展到 90 年代末期, 20 kV 配电网所占比例由 42% 上升到 98.5%。巴黎电网采用 225/20/0.4 kV 的电压系列是目前世界上电压等级最简化的系列, 其可靠性、经济性和运行灵活性的优势非常突出^[1]。此外, 20 kV 电压等级目前在日本、新加坡、英国、德国、意大利等很多国家都获得了应用。

在国内, 苏州工业园也已成功应用 20 kV 的中压配电网电压等级^[2-4]。苏州工业园负荷密度达到 30~50 MW/km², 初建时, 用电方案是外商投资所考虑的重要因素。为了适应招商引资的需要, 经调

经论证后,苏州供电公司率先在苏州工业园采用了 20 kV 电压等级供电。多年的运行实践表明,20 kV 相对 10 kV 在高负荷密度区域,具有供电能力大、电压质量高、电网损耗低等明显的优势。

2 滨海新区电压序列现状分析及存在问题

天津市滨海供电区位于天津电网的东南部,与天津市区电网紧密相联,担负着为滨海新区下辖的塘沽区、汉沽区、大港区、开发西区供电的任务,供电面积 2203 km²。滨海供电区现状属于受端电网,通过大港电厂、220 kV 网络及 500 kV 网络接受区内、区外电力。

目前,滨海区电网以 500 kV 和 220 kV 为高压送电电压等级,以 110 kV 和 35 kV 为高压配电电压等级,以 10 kV 为中压配电电压等级。滨海区电网普遍存在 220/110/35/10/0.4 kV 五级变压的现象,不但增加了电网建设投资及电网运行维护费用,而且增加了网损、降低了供电可靠性。滨海新区电网变压层次的类型如图 1 所示。

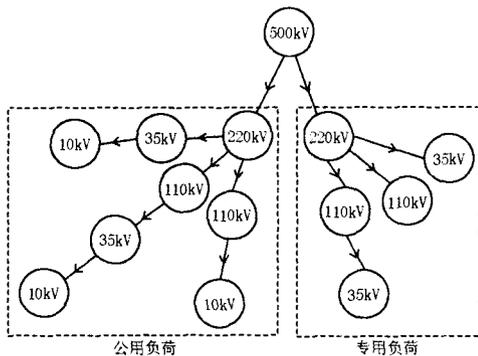


图 1 滨海新区电网现状变压层次示意图

Fig.1 PSA levels map of Binhai district status network

3 滨海新区采用 20 kV 中压配电的分析

3.1 采用 20 kV 电压等级的可能性分析

滨海新区配电网存在以下特点^[5]:

(1) 供电面积大: 滨海新区拥有海岸线 153 km, 陆域面积 2270 km², 海域面积 3000 km²。在 1993 年建成区 110.85 km² 的基础上, 重点规划建设面积 350 km², 2002 年底建成区面积已达 150 km²。

(2) 供电人口多: 至 2005 年, 滨海新区户籍人口达到 142 万人, 常住人口已达 150 万人。

(3) 用电负荷大、增长快: 滨海新区总用电量和总负荷呈逐年上升趋势, 近几年用电量、总负荷平均增长速度分别为 9%、15% 左右。预测 2010 年全区用电量为 155.18 亿度, 预测最大负荷将达到

2650 MW, 含自发电 3295 MW。到 2010 年, 负荷平均增长率为 18%。

(4) 负荷密度大: 预计滨海新区的于家堡地区饱和负荷密度将达到 128.94 MW/km², 响螺湾地区饱和负荷密度将达到 131.7 MW/km², 其它地区的负荷密度也将有较大增长。

(5) 用户可靠性要求高: 滨海新区是目前我国经济最活跃、利用国际资本最多的地区之一, 已经成为以外向型为主的经济新区。新区拥有 42 家国家和市级科研机构、39 家大型企业研发中心和 27 个博士后工作站。电力用户的性质决定了滨海新区用户的可靠性需求很高。

随着负荷密度的提高, 现有 110/35/10 kV 供电模式的不适应性将逐渐暴露, 10 kV 配电线路的路径也将成为不容忽视的问题。采用 20 kV 中压配电无疑是解决用电负荷高速增长和满足用户用电需求的最好措施之一。

3.2 采用 20 kV 电压等级的可行性分析

3.2.1 技术合理性^[6~8]

从技术参数看, 城市中压配电网电压等级升至 20 kV 比传统 10 kV 有如下几方面优势:

(1) 减少电压损失

电压降百分数 $\Delta U\%$ 为:

$$\Delta U\% = (PR + QX) / U_N^2 \times 100 \quad (1)$$

在负荷不变的条件下:

$$\Delta U_{20}\% / \Delta U_{10}\% = U_{10}^2 / U_{20}^2 = 1/4 \quad (2)$$

在电流不变的情况下:

$$\Delta U_{20}\% / \Delta U_{10}\% = 1/2 \quad (3)$$

由上可知, 电压由 10 kV 升至 20 kV 后, 在负荷不变的条件下, 压降可比 10 kV 减少 75%; 在电流不变的情况下, 压降可比 10 kV 减少 50%。

(2) 提高线路的输送功率

按照城网规划的原则, 依经济电流密度选择导线截面 A, 则输送功率为:

$$S = \sqrt{3} U_N I_j A \quad (4)$$

在不改变原有线路导线规格的情况下, 则:

$$S_{20} / S_{10} = (\sqrt{3} U_{20} I_j A) / (\sqrt{3} U_{10} I_j A) = 2 \quad (5)$$

即 20 kV 的输送容量可比 10 kV 提高 1 倍。

(3) 提高中压网络的供电范围
经济供电半径 L 的计算公式为:

$$L = (\Delta U \% U_N) / [\sqrt{3} I_j A \cos \alpha (r_0 + x_0 \tan \alpha)] \quad (6)$$

在电压损失要求一致, 负荷不变的条件下:

$$L_{20} / L_{10} = U_{20} / U_{10} = 2 \quad (7)$$

电压由10 kV升至20 kV后, 供电半径增加1倍。

(4) 降低线损

线路中功率损耗为:

$$\Delta P = I^2 R \times 10^{-3} \text{ (kW)} \quad (8)$$

$$I = P / (\sqrt{3} U_N \cos \alpha) \quad (9)$$

将式I代入 ΔP 得:

$$\Delta P = P^2 R \times 10^{-3} / (U_N^2 \cos^2 \alpha) \quad (10)$$

由此可知在负荷不变的条件下:

$$\Delta P_{20} / \Delta P_{10} = U_{10}^2 / U_{20}^2 = 1/4 \quad (11)$$

即电压由10 kV升至20 kV后, 在负荷不变的条件下, 功率损耗降低了75%。

(5) 节约有色金属

经济电流密度为常量, 在输送容量 S 不变的情况下, 导线截面只随电压 U_N 变化, 即:

$$A = S / \sqrt{3} U_N I_j \quad (12)$$

$$\text{则 } A_{20} / A_{10} = U_{20} / U_{10} = 1/2 \quad (13)$$

电压由10 kV升至20 kV后, 在输送容量不变的情况下, 有色金属消耗量可减少50%。

另外, 20 kV中压配电还能减少变压器空载损耗和减少变压器负载损耗。由以上可知, 在滨海新区采用20 kV中压配电在理论上是完全可行的。

3.2.2 技术可行性

(1) 配电变压器

35 kV及以下采用同样的绝缘材料, 10 kV或20 kV在同一容量时后者电流小, 导线截面积减少一半, 但匝数增加一倍, 所以导线用量不变, 铁心大小也差不多。但出线套管用20 kV级, 对成本增加很小, 在5%范围之内。

(2) 电力电缆

12~20 kV同为中压电缆同一个绝缘水平, 国产电缆, 例如广东电缆厂YJV22型, 规格为12/20, 绝缘厚度都是5.5 mm, 产品数据和安全载流量都一样, 成本价格也一样。

(3) 开关设备

6~24 kV同处于中压, 开关同一个绝缘水平, 进口开关(例如SM6型)的结构基本相同, 但20 kV的电气间隙稍大, 价格稍高5%左右, 对基建投资成本无大增加。

(4) 绝缘子

绝缘子电压分级比较明显, P-10T与P-20T相比20 kV绝缘子质量增加1.8倍, 价格明显增加。但绝缘子价格相对较低, 增加的总额有限。

(5) 设备供应

10~20 kV处于中压配电等级内, 设备的设计、制造技术条件基本上是一样的, 技术比较成熟, 只要有需要完全可以生产供应。

3.3 采用 20 kV 电压等级应注意的问题

1) 过电压保护

考虑到过电压保护设计技术规程的规定: 20 kV中性点非直接接地系统, 若单相接地电容电流 $I_c \geq 10$ A时, 系统中性点应装设消弧线圈。为了减少铁磁谐振过电压的发生, 在20 kV母线上监视系统绝缘用电压互感器的开口三角形绕组上应并接一个30 W的灯泡。

2) 防雷问题

规程规定, 3~20 kV进线段保护不需采用避雷线, 除木杆外, 对水泥杆和铁塔架设的3~20 kV进线段, 不采用管型避雷器。对3~20 kV进线段水泥杆或铁塔必须接地, 在目前情况下, 20 kV系统的配电装置以户内式为主, 防雷保护也应在这个前提下考虑。

3) 保证供电可靠性应注意的问题

应在110/20 kV(220/20 kV)变电所的分支线上设立开闭所或设置重合器和分段器, 对离变电所距离不同的用户分别供电, 即分层布线, 这样负荷分配更加合理, 供电可靠性增高。

4) 升压后对配电网的要求

目前滨海新区存在比SL7型产品损耗高40%以上的高能耗变压器, 已运行多年。10 kV升至20 kV后应及时淘汰或更新改造仍在使用的10 kV高能耗变压器。S9系列电力变压器是我国目前生产的低能耗产品, 是滨海新区电网改造的首选产品; 国产非晶合金铁心变压器的价格高于同容量S9型产品的1.35倍, 两种变压器购置的差价, 可在5~7年内由所降低损耗少付的电费来补偿, 按变压器实际寿命20~30年计算, 5~7年后节约的电费为净收益。除变压器外, 相应的附加设备, 也必须更换为20 kV; 20 kV配电路路线间距离, 一般不宜小于1.5 m, 相应的针式绝缘子必须更换为P-20T型。

4 结论

本文对天津滨海新区现状电压序列进行了分析, 并指出采用10 kV供电的局限性。研究可知, 在天津滨海新区或者其局部地区采用20 kV中压电

压等级,在技术上是可行的。由于目前国内 20 kV 电气设备生产能力没有完全形成,且存在与其他区域电网配合困难等问题,因此 20 kV 的大范围使用还难以在短时间内推行。电压等级的调整是一个长期的过程,而且要结合城市发展和电网建设实际。目前,滨海新区可以在有条件的区域进行 20 kV 供电方案的试点,逐步积累运行管理经验,为 20 kV 的推广使用做好准备工作。

参考文献

- [1] 范明天,张祖平,刘思革.城市电网电压等级的合理配[J].电网技术,2006,30(10):76-80.
FAN Ming-tian, ZHANG Zu-ping, LIU Si-ge. Rational Scheming of Voltage Levels in Urban Electric Networks[J]. Power System Technology, 2006, 30(10):76-80.
- [2] 姜祥生,汪洪业,姚国平.苏州工业园区 20 kV 电压等级的实践[J].供用电,2002,19(6):8-10.
JIANG Xiang-sheng, WANG Hong-ye, YAO Guo-ping. The Practice of 20 kV Voltage Level in Suzhou Industrial Park[J]. Distribution and Utilization, 2002,19(6):8-10.
- [3] 唐德光,姜祥生.苏州工业园区 20 千伏配电电压等级论证[J].供用电,1995,(1):19-22.
TANG De-guang, JIANG Xiang-sheng. The Demonstration of 20 kV Voltage Level in Suzhou Industrial Park[J]. Distribution and Utilization, 1995, (1):19-22.
- [4] 孙西骅,樊祥荣.城市中压配电网改造首选 20kV 电压等级[J].浙江电力,1996,(6):6-10.
SUN Xi-hua, FAN Xiang-rong. The First Using 20 kV Voltage Levels in City Voltage Distribution Power Network[J]. Zhejiang Power, 1996,(6):6-10.
- [5] 谭学知.大城市使用 20 kV 级配电的探讨—变电所扩容方案[J].规划与设计,2006,(4):59-61.
TAN Xue-zhi. Discussion on Using 20 kV Distribution System in Large City—a Capacity-expansion Scheme of Substations[J]. Planning and Designing, 2006, (4):59-61.
- [6] 陈瑾,李宏伟,王建兴.中压配电网采用 20kV 电压等级的可行性分析[J].云南水力发电,2006,22(5):94-97.
CHEN Jin, LI Hong-wei, WANG Jian-xing. Feasibility Analysis of Adopting 20 kV Voltage Level in Medium Voltage Power Distribution Network[J]. Yunnan Water Power, 2006, 22(5):94-97.
- [7] LeeWillis H. Power Distribution Lanning Reference Book[M]. North Carolina:ABB Power T&D Company Inc Cary, 1997.
- [8] 秦媛媛.论我国电压等级和提高中压的必要性[J].武汉交通大学学报,1999,23(11):66-69.
QIN Yuan-yuan. Verification on the Voltage Grades in China and Necessity of Rising Middle-voltage[J]. Journal of Wuhan Transportation University, 1999, 23(11):66-69.

收稿日期:2007-08-13; 修回日期:2008-03-12

作者简介:

殷军(1967-),男,高级工程师,从事电力系统继电保护、电网规划等研究工作;E-mail: jun.yin@tepco.com.cn

张金禄(1967-),男,高级工程师,从事电网规划研究工作;

费巍(1981-),男,硕士,从事配电网网络规划、配网自动化及配电网相关领域的科研工作。

(上接第 48 页 continued from page 48)

- [6] 赵渊,沈智健.基于 TCP/IP 的 IEC60870-5-104 远动规约[J].电网技术,2003,27(10):56-60.
ZHAO Yuan, SHEN Zhi-jian. Application of TCP/IP based IEC60870-5-104 Telecontrol Protocol in Power System[J]. Power System Technology, 2003, 27(10):56-60.
- [7] 张建设,马维青,郭晋洋. IEC60870-5-104 协议在远动通信中的应用[J].电力系统自动化,2003,27(11):91-93.
ZHANG Jian-she, MA Wei-qing, GUO Jin-yang. Application of IEC60870-5-104 Telecontrol Protocol to SCADA system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(11):91-93.
- [8] 鞠阳,张惠刚. IEC60870-5-104 远动规约的设计及其

应用[J].继电器,2006,34(17):55-57.

JU Yang, ZHANG Hui-gang. Design and Application of IEC60870-5-104 Telecontrol protocol[J]. Relay, 2006, 34(17):55-57.

- [9] 朱彦杰,邓昌延,李国杰,等. IEC104 协议在变电站系统的应用与测试[J].继电器,2004,32(1):43-45.

ZHU Yan-jie, DENG Chang-yan, LI Guo-jie, et al. Application and Test of IEC104 Protocol to Transformer Substation System[J]. Relay, 2004, 32(1):43-45.

收稿日期:2007-08-28

作者简介:

傅钦翠(1975-),女,硕士,讲师,电力系统及其自动化。E-mail: fuqcw@ecjtu.jx.cn