

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.05.013

110 kV 变电站中 GIS 双层出线方案研究

郭金龙¹, 肖强晖¹, 陈杰²

(1. 湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007; 2. 益阳电力勘测设计院有限公司, 湖南 益阳 413000)

摘要: 针对某 110 kV 变电站配电装置的出线规模, 提出了不同于常规出线的双层出线方案。在双层出线与终端塔的配合形式中, 提出了 2 种方案: 方案一, 采用 2 个双回路塔出线布置方案; 方案二, 采用 1 个四回路塔出线布置方案。研究表明: 1) 在出线方案满足带电距离的条件下, 双层出线方案相比于常规出线方案极大地减少了占地面积, 缩减了主母线长度; 2) 方案一和方案二针对于不同的出线走廊, 各有优势, 可依据实际情况选取。

关键词: 双层出线; 带电距离; 占地面积

中图分类号: TM712

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)05-0062-05

Research on GIS Double Outlet Schemes of 110 kV Substation

Guo Jinlong¹, Xiao Qianghui¹, Chen Jie²

(1. School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Yiyang Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd., Yiyang Hunan 413000, China)

Abstract: According to the size of a 110 kV substation distribution equipment outlet, put forward a double outlet scheme different from conventional outlet. In the configuration of double outlet and terminal tower, presented two schemes. Scheme one applied two double loop tower outlet arrangement scheme; Scheme two applied a four loop tower outlet arrangement scheme. The research results show that: 1) Under the condition of meeting the charged distance in the outlet scheme, the double outlet scheme greatly reduces the floor space area comparing with conventional outlet, and reduces the length of the main bus; 2) For different outlet corridors of Scheme one and Scheme two, each has advantages and can be selected on the basis of actual situation.

Keywords: double layer outlet; charged distance; floor space

0 引言

随着经济的快速发展, 新建变电站除了满足人们对电力的日常需求量外, 还应尽可能少的占用建筑面积。在变电站的设计当中, 常规出线设计主要是针对单层构架的结构形式。而在经济发达、人口密集的地区, 工程师可以通过对纵向空间的利

用, 采用双层构架来达到减少占地面积的目的。

针对常规 110 kV 变电站出线规模, 从经济性、技术合理性和工程实用性等多方面进行研究比较, 提出了一种合理的出线改造方案, 并将其应用到变电站设计当中。本变电站工程 110 kV 出线规模为: 终期出线 4 回, 本期出线 1 回。因此, 本课题组提出双

收稿日期: 2015-07-18

作者简介: 郭金龙 (1989-), 男, 湖南益阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力网络自动化技术及应用,

E-mail: 355942653@qq.com

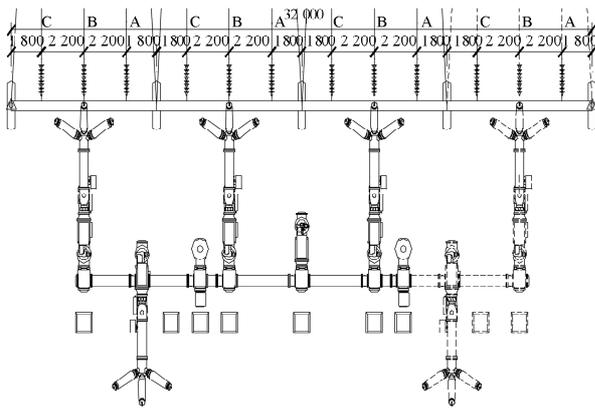
通信作者: 陈杰 (1983-), 男, 湖南益阳人, 益阳电力勘测设计院有限公司助理工程师, 主要研究方向为变电站一次设计,

E-mail: 18673791023@163.com

层出线方式, 这样既减少了110 kV 配电装置的横向占地面积, 以节约土地资源, 又减少了气体绝缘全封闭式组合电器 (gas insulated swithgear, GIS) 设备母线长度, 以降低工程造价。

1 常规出线方案

常见的110 kV GIS出线套管门型构架出线方式有2种: 一种是采用“一”字型排列 (见图1), 另一种是两两出线方式 (见图2)。“一”字型排列出线方式套管相间距离1.55 m, 出线门型构架宽度8.0 m, 导线相间距离2.20 m, 边导线与构架柱中心线1.8 m。两两出线方式则取消2个8.0 m相邻间隔之间的“人”字型构架, 将2个出线间隔的宽度优化为15.0 m (见图2)。常规出线方式的优点是结构简单、施工方便、技术成熟, 缺点是纵向空间利用不足, 配电装置横向占地面积大。



注: 图中数据单位为 mm, 下同。

图1 门型构架出一回线 (避雷器内置)

Fig. 1 The portal frame outlet (lightning protector built-in)

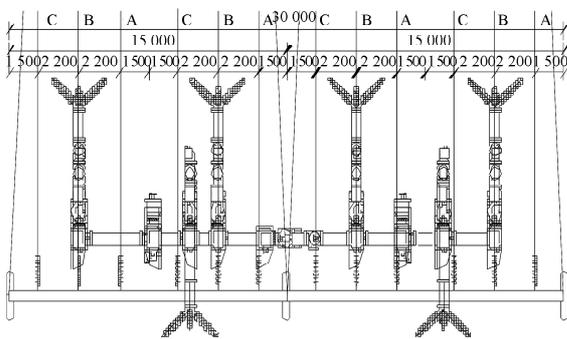


图2 门型构架出两回线 (避雷器内置)

Fig. 2 The portal frame double outlets (lightning protector built-in)

2 双层出线方案

2.1 双层出线设计

双层出线既可用于户外 GIS 配电装置, 也可用于

双列布置的空气绝缘敞开式开关设备 AIS (air insulated swithgear) 配电装置。双列布置可以实现在一个间隔宽度内出线2回, 从而减少配电装置占地面积。根据工程建设规模, 110 kV 出线采用户外双层出线方式, 其俯视图如图3所示。110 kV 双层出线断面图如图4所示。

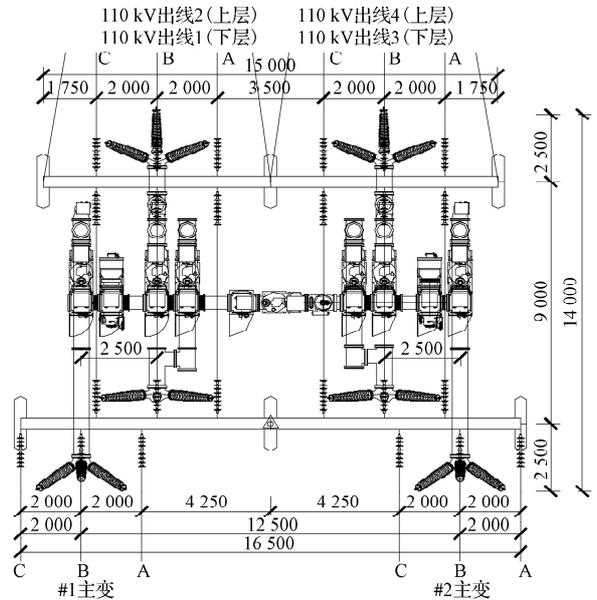


图3 110 kV 双层出线电气平面布置图 (避雷器内置)

Fig. 3 The electrical plan of 110 kV double outlet (lightning protector built-in)

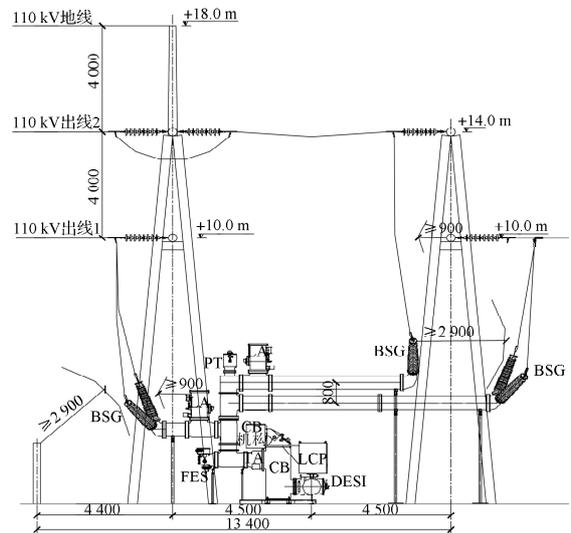


图4 110 kV 双层出线断面图

Fig. 4 The sectional diagram for 110 kV double outlet

110 kV 配电装置占地面积由出线横向宽度、主变进线门架宽度以及 GIS 纵向尺寸决定。本方案 110 kV 配电装置宽度仅为 16.5 m, 相比于常规方案的 30.0, 32.0 m, 有极大地减少。考虑到设备间安全尺寸以及出线与线路终端塔的配合, 根据线路电气专业校验,

出线档推荐双层出线层间距为 4.00 m, 避雷线与上层出线间距为 4.00 m (如图 4 所示), 单间隔宽度采用 7.50 m (避雷器内置), 相间距为 2.00 m。在满足带电距离的同时, 双层出线减少了配电装置占地面积, 经济效益明显。

2.2 电气距离校验

双层出线间隔的电气距离校验不同于常规户外 GIS 出线间隔, 其间隔内存在一档架空软导线^[1], 同时出线构架包含跳线, 因此站内间隔宽度的确定, 一方面要考虑间隔上层架空软导线的电气距离, 另一方面要考虑当边相跳线发生最大摇摆时, 不能对架架构放电^[2]。

结合图 3 和图 4, 上层出线的 GIS 套管采用爪型垂直方式布置, 相间距为 1.55 m, 其与相邻的主变间隔中心为 2.50 m。如该出线间隔母线中心高度与主变进线间隔一致, 则边相出线套管对相邻主变间隔母线套筒外壳的距离不能满足 0.90 m 的电气距离要求。因此, 将上层出线间隔 GIS 母线套管升高 0.8 m, 经过校验, 出线间隔内各项电气距离均能够满足要求^[3]。

2.3 与常规出线对比

经对比研究表明: 在满足带电距离的前提下, 采用“一”字型排列出线方式, 主母线长度为 24 m; 经双层出线方案改造后, 主母线长度缩减为 14 m, 缩短了 10 m, 节省工程造价 15 万元 (按单相 1.5 万元/m 计算)。占地面积和征地费用 (按 225 元/m² 计算) 方面的对比如表 1 所示。

表 1 常规出线与双层出线的对比

Table 1 Conventional outlet comparing with double outlet

项目	变电站占地面积/m ²	征地费用/万元
双层出线方案	1 462.00 (34 m × 43 m)	32.89
常规出现方案	4 580.05 (69.5 m × 65.9 m)	103.05
节省用量	3 118.05	70.16

通过上述对比可见, 双层出线在主母线造价、占地面积、征地费用等方面相比常规出线具有明显的优势, 经济效益和社会效益显著。

3 出线与终端塔的配合方案

对于双层出线布置方案, 四回路以水平形式分布在矩形 4 个角出线^[4], 其构架宽度由原来的 32.0 m 缩小到 15.0 m, 此种出线方式与常规终端塔的配合难以实现。因此本文提出双层出线与终端塔的 2 种配合方案。方案一, 2 个双回路共塔出线布置方案; 方案二, 1 个四回路共塔出线布置方案。

3.1 2 个双回路塔出线布置方案

1) 方案设计

2 个双回路塔出线布置方案中, 每个双回路出线段 2 基塔均采用耐张塔, 第 1 基为终端塔, 第 2 基为转角塔。终端塔布置在距离出线构架 30 ~ 50 m 范围内。挂线方式 (以 1Y 作为出线构架下层出线, 2Y 作为出线构架上层出线为例, 详见图 5) 为:

①门架上层出线 2Y, A2 相对终端塔右侧中相, 终端塔右侧中相相对第 2 基转角塔右侧下相。

②门架上层 B2 相对终端塔右侧上相, 终端塔右侧上相相对第 2 基转角塔右侧中相。

③门架上层 C2 相对终端塔左侧上相, 终端塔左侧上相相对第 2 基转角塔右侧上相。

④门架下层出线 1Y, A1 相对终端塔右侧下相, 终端塔右侧下相相对第 2 基转角塔左侧下相。

⑤门架下层 B1 相对终端塔左侧下相, 终端塔左侧下相相对第 2 基转角塔左侧中相。

⑥门架下层 C1 相对终端塔左侧中相, 终端塔左侧中相相对第 2 基转角塔左侧上相。

最终形成上层 ABC 对应线路右侧下中上, 下层 ABC 对应线路左侧下中上。

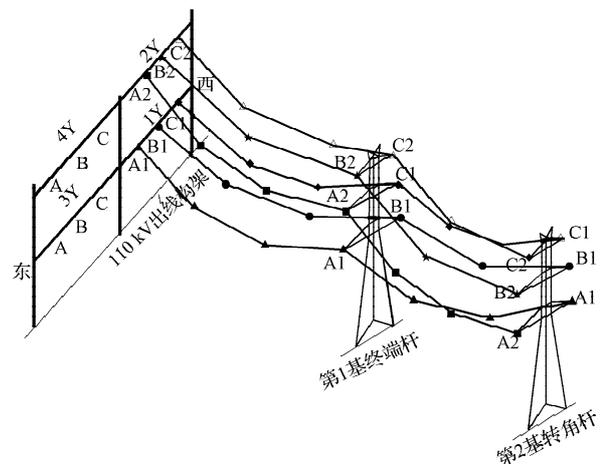


图 5 方案一的挂线方式图

Fig. 5 The wiring scheme of Scheme one

2) 电气距离校验

出线塔型选用 1D9-SDJC 终端塔, 该终端塔的使用条件为基本风速 23.5 m/s, 覆冰 15 mm, 导线 1 × JL/G1A-300/40 兼 1 × JL/G1A-240/40。导线为双回路垂直排列, 横担最大宽度 8.7 m, 单侧横担最长 4.35 m, 上、中横担垂直间距 4.30 m, 中、下横担垂直间距 3.90 m, 地线横担与上导线横担垂直间距 4.30 m。由于同层间隔出线边线为 3.50 m, 中心距仅为 7.50 m, 因此, 无法同时布置 2 个终端塔。且按 Q/GDW 179—2008《110 ~ 750 kV 架空输电线路设计规范》要求, 110 kV 电力线路边导线在路径受限制地区为 5.0 m, 在路径狭窄地带, 两线路杆塔位置交错排列时, 导线在最

大风偏情况下与相邻线路杆塔最小距离不小于3.0 m。考虑下一档线间距离,2个终端塔各自沿门架平行方向向外移3.1 m,为了满足2终端塔最长横担相隔5.00 m要求。

对1 000 m以下档距,水平线间距离宜按照式(1)计算^[5],即

$$D = kL + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{f}, \quad (1)$$

式中: k 为悬垂绝缘子串数;

D 为导线水平线间距离,m;

L 为绝缘子串长度,m;

U 系统标称电压,kV;

f 为导线最大弧垂,m。

本文按出线间隔和两终端塔均相距50.00 m、两终端塔长横担相距5.00 m、导线采用JL/G1A-300/40钢芯铝绞线(最大应力5.0 MPa)来计算线间距离。导线垂直排列的垂直线间距离,宜采用式(1)计算结果的75%,即

$$D = 0.75 \times \left(0.4L + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{f} \right) = 1.95 \text{ m}。 \quad (2)$$

出线间隔和终端塔的线间距离均满足规程不小于1.95 m的要求,出线档地线与导线在档距中央的导地线间距也满足规程不小于 $0.012L+1$ 的要求。

3.2 1个四回路塔出线布置方案

1) 方案设计

1个四回路塔出线布置方案中,导线按6层方式布置。塔型参考国网通用设计2011版1H3模块中1H3-SSDJC1终端塔,该终端塔使用条件为基本风速27 m/s,覆冰10 mm,导线 $2 \times \text{JL/G1A-240/40}$ 兼 $1 \times \text{JL/G1A-400/35}$ 、 $1 \times \text{JL/G1A-300/40}$ 。由于本工程位于15 mm覆冰区,为满足规程上下层相邻导线间或地线与相邻导线间的最小水平偏移值,将地线支架、第5层横担长5.10 m修改为5.60 m,第2,4,6横担长4.60 m修改为4.85 m。终端塔布置在距离出线构架30~50 m范围内。挂线方式(以1Y作为出线构架下层出线,2Y作为出线构架上层出线为例,详见图6)为:

①门架上层。门架上层A2对终端塔左侧第4层(从下至上,下同),门架上层B2对终端塔左侧第6层,门架上层C2对终端塔左侧第5层。

②门架下层。门架下层A1对终端塔左侧第1层,门架下层B1对终端塔左侧第2层,门架下层C1对终端塔左侧第3层。

最终形成上层出线2Y对终端塔左侧上层,下层出线1Y对终端塔左侧下层。

2) 电气距离校验

终端塔按图6布置,其尺寸按 $0 \sim 40^\circ$ 终端方式,若遇大于 40° 转角,则横担长度需相应加大。一基四回路终端塔布置中,四回路终端塔与变电站间隔正对布置,挂线采用上层间隔出线对应终端塔上排三层挂点、下层间隔出线对应终端塔下排三层挂点,与常规双回路出线一致。导地线可采用相同弧垂架线,按出线间隔和两终端塔均相距50.00 m、两终端塔长横担相距5.00 m、导线采用JL/G1A-300/40钢芯铝绞线(最大应力5.0 MPa)计算线间距离。线间距离计算式同式(2),地线与导线间距 $D=0.012L+1=1.60$ m。四回路终端塔较门架高26.4 m,导线和地线上仰不超过 45° ,导线间最小距离 $4.0/\sqrt{2}=2.82$ m,地线间最小距离 $4.0/\sqrt{2}=2.82$ m,因此,出线间隔和终端塔的线间距离均满足规程不小于1.95 m的要求,出线档地线与导线在档距中央的导地线间距也满足规程不小于 $0.012L+1$ 的要求。

四回路终端分成2个双回路时,下层回路的地线与上层回路导线可采用相同弧垂架线,下层回路的导线应力适当放松,导地线间距满足规程不小于 $0.012L+1$ 的要求。

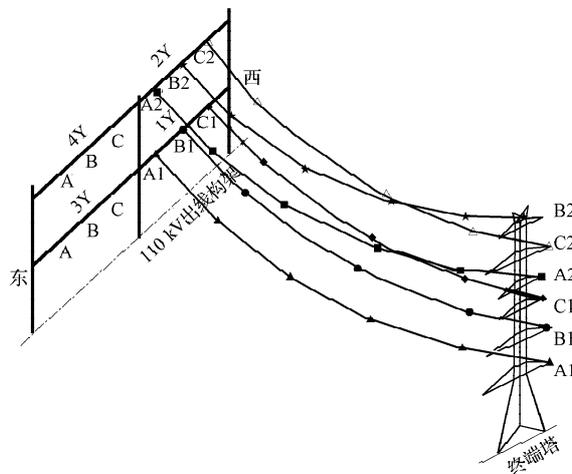


图6 方案二的挂线方式图

Fig. 6 The wiring scheme of Scheme two

3.3 配合方案对比

经校验,2种双层出线与终端塔的配合方案完全能满足各种带电距离的要求。在不同的出线走廊情况下,可选用不同的配合方案。将方案一与方案二从3个方面进行比较,具体分析结果如下:

1) 扩建方面。方案一在今后扩建110 kV出线时,只需要另外再立1个双回路终端塔即可,不需要将本期已建成的110 kV线路停电。而方案二在扩建时,必须将本期已建成的110 kV线路停电,从而导致变电站停电,给变电站的运行及扩建带来不便。

2) 钢材用量方面。方案一的钢材用量为14.6 kg,

相比方案二的 47.9 kg, 节省了钢材用量 33.3 kg。

3) 出线走廊面积方面。相同的四回路出线, 方案二四回路共塔出线占地面积只有方案一的 1/2。

总的来说, 在出现走廊满足条件的情况下, 方案二更有优势。

3.4 双层出线适用范围及注意事项

双层出线由传统的 GIS 出线间隔改进而来, 它适用于绝大多数户外 GIS、户外 AIS 变电站, 但仍有以下几个问题在使用时应注意:

1) 具体使用时, 应结合站址具体情况对安全距离以及构架受力进行核算。

2) 在实际应用中, 对于这种出线形式, 变电各专业要加强与线路专业的配合, 满足线路专业距离要求。

3) 双层出线的 2 种方案均可用于 220, 110 kV 配电装置, 但由于主变进线间隔与双层出线存在冲突, 因此双层出线方式宜用于出线回路数较多 (大于 6 回) 以及主变台数比较多的变电站。

4 结论

本文针对某 110 kV 变电站配电装置的出线规模, 提出了双层出线方案。

1) 在满足带电距离的条件下, 相比常规出线方案, 双层出线方案极大地缩减了变电站的占地面积和主母线长度。在经济发达、人口密集的地区, 该方案具有广阔的应用前景。

2) 在双层出线与终端塔的 2 种配合方案中, 在出线走廊不宽裕的情况下, 宜选用方案二, 但投入成本较方案一高; 在出线走廊宽裕的条件下, 宜选用方案一。方案一在远期扩建和工程造价等方面都要优于方案二。

综合而言, 文中提出的双层出线方案一在经济

效益和社会效益等方面具有明显优势, 充分体现了建设资源节约型变电站的要求。

参考文献:

- [1] 肖劲鹏. 户外GIS立式出线及双层出线间隔优化分析[J]. 机电信息, 2011(24): 24-25.
Xiao Jinpeng. Analysis on the Interval Optimization of Outdoor GIS Vertical Outlet and Double Outlet[J]. Mechanical and Electrical Information, 2011(24): 24-25.
- [2] 张瑞永, 陶青松, 窦飞, 等. 220 kV 变电站双层架构典型出线方式研究[J]. 电力科学与工程, 2012, 28(5): 6-11.
Zhang Ruiyong, Tao Qingsong, Dou Fei, et al. Research on the Outgoing Line Schemes of 220 kV Substation with Double Layer Framework[J]. Electric Power Science and Engineering, 2012, 28(5): 6-11.
- [3] 龚宇清, 梁宇川, 龚永光. 架空送电线路导线电气距离的公式计算方法[J]. 电力建设, 2009, 30(7): 24-27.
Gong Yuqing, Liang Yuchuan, Gong Yongguang. A Formula Method for Conductor Electric Clearance of Overhead Transmission Line[J]. Electric Power Construction, 2009, 30(7): 24-27.
- [4] 宋金根. 变电所进线档导线换位相间距离探讨[J]. 电力建设, 1998, 14(11): 37-39.
Song Jingen. Investigation on Inter-Phases Distance of Shift-Phases of Conductors for Lead-in Span in Substations[J]. Electric Power Construction, 1998, 14(11): 37-39.
- [5] 中国电力企业联合会. GB 50545—2010 110 kV ~750 kV 架空输电线路设计规范[S]. 北京: 人民出版社, 2010: 23.
China Federation of Electric Power Enterprises. GB 50545—2010 Code for Design of 110 kV ~750 kV Overhead Transmission Line[S]. Beijing: People's Publishing House, 2010: 23.

(责任编辑: 邓彬)