

城市高压电网中的紧凑型输电线路技术

苏恒博¹, 李 阳²

(1. 四川电力设计咨询有限公司, 四川 成都 610016; 2. 成都电业局, 四川 成都 610021)

摘 要:随着土地资源越来越紧张, 架空输电线路走廊的选择已受到较大的制约, 紧凑型输电技术能够提高线路的自然输送功率, 减小线路走廊。为在城市高压电网中进一步推广和应用紧凑型线路, 简要论述了紧凑型输电线路的输电能力、紧凑化技术、绝缘配合等问题。

关键词:紧凑型输电线路; 自然功率; 线路走廊; 紧凑化技术; 绝缘配合

Abstract: With more and more seriously lacks of land resources, the selection of overhead transmission line corridor has been greatly restricted. The compact transmission technology can increase the natural transmission power of the lines and reduce line corridors. For further promotion and application of compact lines in the urban HV power grid, the transmission capacity, compact technique and insulation coordination of compact transmission lines are briefly discussed.

Key words: compact transmission line; natural power; line corridor; compact technique; insulation coordination

中图分类号: TM726 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2010)06-0058-02

随着中国城市化规模的扩大和发展和人口增加, 用电需求的不断增长需要, 目前, 中国电网输电能力不足的问题十分突出, 而在输电线路扩容改造中, 尤其是在经济发达人口稠密地区, 可供线路走廊用地日趋紧张, 因此提高单位线路走廊宽度输电能力的要求日益迫切。紧凑型线路在不提高输电电压等级和不增加线路回数条件下, 提高线路输送能力和节约线路走廊占地, 大幅度提高单位走廊宽度的利用率。

1 紧凑型线路输电能力分析

高压输电线路的输送功率一般按线路自然功率确定, 并用经济电流密度和发热等技术条件加以校验, 对长距离输电线路, 输送功率还决定于系统稳定条件。输电线路传输的自然功率计算公式如下。

$$P_A = U_A^2 / Z_A$$

P_A 为输电线路的自然功率; U_A 为线路额定电压; Z_A 为线路波阻抗。

其中, 线路波阻抗的计算公式为 $Z_A = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$

L_0 为单位线路长度电抗; C_0 为线路单位长度电容。

紧凑型输电线路技术与常规线路技术相比, 其特点是采用多分裂导线、大分裂间距、压缩相间距离、优

化导线排列, 使电荷在导线表面分布均匀, 表面场强趋于一致。随着导线相间距离减小, 线路电感随之减小, 而线路的电容随之增加, 所以线路波阻抗减小, 提高了线路输送容量。

压缩相间距离, 增加子导线的分裂间距固然可以使自然功率增加, 但也会导致导线表面场强增加, 无线电干扰及电晕损耗增加。对此, 通常采取增加导线截面的办法解决, 在导线总截面与常规线路基本相同的前提下, 增加分裂导线根数, 减小子导线截面。

以中国第一条 500 kV 紧凑型输电线路 (北京昌平至房山) 为例, 500 kV 常规线路的每相导线为 $4 \times \text{LGJ}-400/35$, 紧凑型输电线路导线的总面积考虑与之相同, 紧凑型输电线路按等边倒三角形布置, 相间中心距离为 6.7 m, 较常规水平排列的 24.6 m 压缩了 17.9 m; 每相采用 6 根 $\text{LGJ}-240/30$ 钢芯铝绞线, 六分裂导线的分裂间距为 37.5 cm, 即分裂圆直径为 75 cm, 分裂导线组成的六边形的底边为水平方向。对于 500 kV 紧凑型线路, 其对地距离为 10 m, 超过 4 kV/m 高电场区的宽度约 16 m, 较常规线路的 48 m 减少了 32 m。自然功率为 1 340 MW, 较常规线路的 1 000 MW 提高了 34%。

2 架空输电线路的紧凑化技术研究

紧凑型输电线路的目的是在保证安全运行和经

济的前提下,使线路导线所占走廊的空间及宽度最小,使铁塔的体积及质量最小,从而节省线路的总体占地面积。

紧凑型输电技术是通过导线优化排列,将三相导线置于同一塔窗内,相间只有空气间隙而没有接地构件,从而在根本上压缩了相间距离。三相导线间无接地构件,达到提高自然输送功率。

紧凑型输电线路的三相导线在空间上按等边倒三角形布置,使任意两相之间的距离都压缩到同一长度,从而使得三相导线的几何均距(GMD)就等于相间距离。这是三相导线最紧凑的布置形式。

三相导线全部采用 V 形绝缘子串悬挂,使导线在塔窗中的位置固定,不因风力或电动力而摆动。考虑到安全因素,3 个 V 形串各自独立,2 个上相 V 型串夹角均约 90° ,下相 V 形串夹角约 140° 。但对于某些垂直档距较大的铁塔,下相导线垂直荷载较大,夹角为 140° 的 V 形绝缘子,即使采用 300 kN 大吨位的绝缘子,其张力仍然不能满足要求。需再增加一个垂直绝缘子串,专门用来承担导线的垂直荷载。此时夹角 140° 的 V 形串只起到防止导线摆动的作用。由于垂直串中间的连接金具处于三相导线中间,金具上产生的悬浮电位对塔窗内电场分布的影响,尤其是对相间操作冲击绝缘强度的影响问题,是超高压线路中从未遇到过的。通过专题研究和相关试验证明,只要连接金具尺寸不大,即使不在此处加设屏蔽环,其影响极小。

在大档距中间位置的水平两相之间加装相间绝缘间隔棒。这是中国特有的一项紧凑化技术。档距分别超过 830 m 和 800 m 时,则需要档距中央安装水平方向的相间间隔棒,在任何非水平方向上的上下两相导线间均无需装设间隔棒。

3 紧凑型输电线路的绝缘配合

紧凑型线路的绝缘配合原则与常规线路是一致的,线路绝缘包括绝缘子和空气间隙。此外,由于相间距离大大缩小,相间空气间隙、相间绝缘间隔棒的参数亦需根据相间操作过电压水平及保护装置特性进行设计、校核,以使线路操作过电压闪络概率控制在可以接受的水平之内。考虑到安全可靠,对于与紧凑型压缩相间距离关系不大的一些设备及参数的实

际选择,仍然按常规线路同样选取,如绝缘子串长仍然按常规 28 片 160 kN 绝缘子的长度 4 340 mm 选取,铁塔窗内相对地间隙长度仍按常规的 3.7 m 选取。

由于三相导线布置在同一塔窗内,使相间绝缘距离比常规线路减少了 5 m 以上,因此引起了空间电场分布的巨大变化,导致相对地的绝缘水平和相对相的绝缘水平之间产生特殊的关系。通过进行大量的操作冲击电压试验,得到了一些非常重要的放电规律。首先,在考虑相间操作冲击绝缘水平时,随着相间总电压中正、负极性操作冲击电压所占的比例不同,即相应的电位系数 $\alpha = U - / (U + + U -)$ 由 0 过渡到 1,会出现由正极性单相对地放电过渡到相间放电,再由相间放电过渡到负极性单相对地放电。当第三相接地时,若 $\alpha = 0.5$,放电主要表现为相间放电;当 $\alpha = 0.4$ 时,放电主要表现为相对地放电。其次,正极性的相对地操作冲击绝缘水平,受另外两相所加的反极性电压影响会有所下降,最严重情况约下降 10%。

4 结 语

高电压紧凑型输电线路自然功率较常规线路高,有利于电网稳定运行,对长距离输电可增加 30% 左右的输送功率,压缩线路走廊宽度,减少走廊占地,有利生态环保;线路地面电场强度超过 4 kV/m 的宽度仅为 16 m,比常规线路 48 m 减小 23 m,降低了电磁污染。在经济发达人口稠密、线路走廊资源的日益紧张、环保压力的不断加大的大都市,紧凑型输电线路在线路走廊宽度和自然传输功率方面所具有的优势,是当前城市电网建设与国家可持续发展战略方针相协调的新技术之一,有着积极的经济效益和社会意义。

参考文献

- [1] 马志坚,傅春衡. 500 kV 紧凑型输电线路技术应用研究[J]. 电网技术, 2005, 10(26): 26-29.
- [2] 于幼文,金永纯,高毅,等. 我国 500 kV 紧凑型输电线路的研究与应用[J]. 电力设备, 2004, 5(6): 9-12.
- [3] 刘亚芳,袁亦超,王惠仁,等. 500 kV 紧凑型输电技术的研究[J]. 电网技术, 1999, 23(2): 55-58.

(收稿日期: 2010-10-13)