

# 四川某 220 kV 同塔四回线路电磁环境影响 分析及其防护对策

南方<sup>1</sup>, 张亚军<sup>1</sup>, 姜南希<sup>2</sup>

(1. 四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610016; 2. 四川电力科学研究院, 四川 成都 610072)

**摘要:** 电磁环境影响是制约电网建设和发展的一个重要因素。结合实际工程, 利用送电电气设计软件包, 对四川地区某 220 kV 同塔四回线路电磁环境进行研究, 分析了导线对地高度、相序布置等因素对工频电磁场和无线电干扰的影响, 并与国家环境影响评价标准相比较, 提出了减小其电磁环境影响的措施。

**关键词:** 电磁环境; 同塔四回线路; 影响分析

**Abstract:** The impact of electromagnetic environment is an important factor which restricts the construction and development of power grid. Combined with the actual transmission project and using the software package of electrical design, the electromagnetic environment of a 220 kV quadruple-circuit transmission line on the same tower in Sichuan is studied. The impacts of conductor height and the configuration of phase sequence on power-frequency electromagnetic environment and radio interference are analyzed. After compared with the national environmental impact assessment standard, the measures for reducing the impact of electromagnetic environment are proposed.

**Key words:** electromagnetic environment; quadruple-circuit transmission line on the same tower; impact analysis

中图分类号: TM863 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)01-0081-03

## 0 引言

随着四川经济的高速发展, 城市电网加快改造建设, 日益匮乏的土地资源成为制约架空线路建设的主要因素, 尤其在经济发达的成都平原, 线路走廊与地方用地、城市规划的矛盾更显突出, 而同塔多回线路是提高线路走廊的输送容量, 是解决该矛盾的重要途径<sup>[1-2]</sup>。由四川电力设计咨询有限责任公司设计的成都地区某输电线路, 因靠近城市经济中心, 部分地段线路走廊非常紧张, 拟按同塔四回线路设计。

近年来, 由于对输变电工程电磁环境影响存在误解, 担心输变电设施有“电磁辐射”, 部分居民阻挠城区输变电工程的建设, 严重影响了成都地区的电网安全运行水平。由于该同塔四回线路途经区域多为居民密集区, 因此, 该线路的电磁环境影响将直接影响其建设可行性。下面将采用送电电气设计软件包, 对该线路的工频电磁场、无线电干扰进行模拟计算, 研究讨论同塔四回线路的电磁环境影响, 并提出相关防护措施。

## 1 计算模型

根据本工程的沿线情况, 经综合技术经济比较, 选定本工程铁塔采用国家电网公司 110~500 kV 输电线路通用设计 2/2GT1 子模块和 2F2 子模块。典型铁塔如图 1 所示。典型导线相序排列方式见表 1。选择导线型号为 JL/G1A-630/45-45/7, 分裂间距为 600 mm, 输送电流按照经济电流运行方式 (756 A)。其中, 导线对地高度按《110 kV~750 kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010), 在居民区对地最低距离为 7.5 m。模拟计算了在不同导线高度、相序布置等参数变化<sup>[3]</sup>对电磁环境的影响。

## 2 电磁环境影响评价标准

输电线路在运行期间的主要环境影响因子为工频电磁场和无线电干扰。目前, 中国高压输变电工程的相关环境标准尚未制定。依据国家环保部制定的《500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评

价技术规范》(HJ/T 24 - 1998), 推荐以 4 kV/m 作为居民区工频电场强度评价标准; 推荐以国际辐射保护协会(IRPA)关于公众全天辐射时的工频限值 100  $\mu$ T 作为工频磁感应强度评价标准。

表1 典型相序排列方式

同相序	逆相序	异相序 1	异相序 2	异相序 3	异相序 4
A1 A2	A1 C2	A1 A2	A1 A2	A1 C2	A1 A2
B1 B2	B1 B2	B1 C2	B1 B2	B1 B2	B1 B2
C1 C2	C1 A2	C1 B2	C1 C2	C1 A2	C1 C2
A3 A4	A3 C4	A3 A4	A3 A4	A3 A4	A3 C4
B3 B4	B3 B4	B3 B4	B3 C4	B3 B4	B3 B4
C3 C4	C3 A4	C3 C4	C3 B4	C3 C4	C3 A4

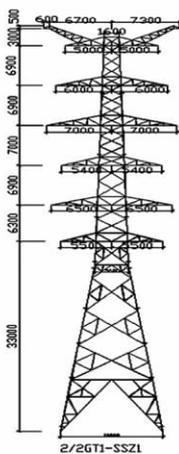


图1 典型铁塔型式

高压输电线路的无线电干扰限值执行《高压交流架空送电线路无线电干扰限值》(GB 15707 - 1995)规定,在距线路边导线投影 20 m、测试频率为 0.5 MHz、好天气条件下的无线电干扰限值如表 2 所示。

表2 无线电干扰限值

电压等级/kV	110	220 ~ 330	500
无线电干扰限值/dB( $\mu$ V $\cdot$ m <sup>-1</sup> )	46	53	55

### 3 电磁环境影响因素分析

#### 3.1 相序影响

本线路所经区域为居民活动较为密集区,根据《110 kV ~ 750 kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545 - 2010),导线最低对地高度为 7.5 m。在导线高度为 7.5 m 时,不同导线排列方式下,地面上方 1.5 m 处的工频电场强度、工频磁感应强度和距线

路边导线投影 20 m、频率为 0.5 MHz、好天气条件下的无线电干扰值见表 3、图 2 ~ 图 4。

表3 各相序电磁环境比较

相序名称	最大电场强度 / (kV $\cdot$ m <sup>-1</sup> )	最大磁感应强度 / $\mu$ T	无线电干扰 / dB( $\mu$ V $\cdot$ m <sup>-1</sup> )
同相序	6.694	27.9	32.81
逆相序	5.311	28.4	34.49
异相序 1	6.623	26.4	32.78
异相序 2	5.962	27.6	33.14
异相序 3	6.568	24.1	32.64
异相序 4	5.419	28.0	33.16

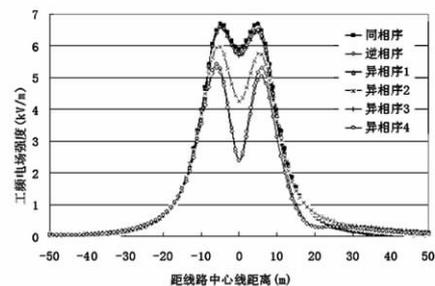


图2 各相序下工频电场强度变化趋势

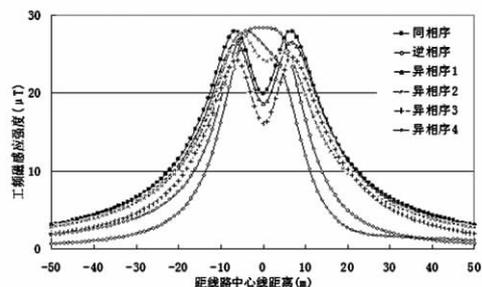


图3 各相序下工频磁感应强度变化趋势

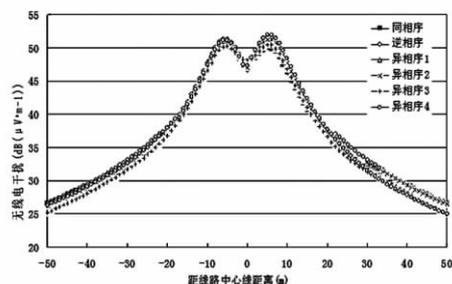


图4 各相序下无线电干扰变化趋势

从表 3、图 2 及图 3 可知,导线的排列方式对电磁环境影响有较大的影响。以该同塔四回输电线路为例,导线相序布置形式对工频电场强度的影响较为明显,在同样铁塔尺寸和导线高度下,逆相序排列比同相序排列工频电场强度低 26%,其余相序排列时的工频电场强度介于两者之间,因此改变相序布

置方式可减小工频电场强度。

从表3、图2及图3可知,在不同相序条件下,工频磁场强度最大值为28.4 μT,仅占国家标准限值的28.4%,与100 μT的标准限值相比仍有较大裕度。因此工频磁场不是输电线路建设的电磁环境制约因素。

从图4可知,在各种相序条件下,距线路边导线投影20 m、频率为0.5 MHz、好天气条件下的无线电干扰值最大为34.49 dB(μV·m<sup>-1</sup>),小于国家标准限值53 dB(μV·m<sup>-1</sup>),且不同导线相序布置对无线电干扰影响不大,因此无线电干扰不是输电线路建设的电磁环境制约因素。

### 3.2 导线对地高度影响

导线对地高度对各相序电磁环境的影响如图5~图7所示。

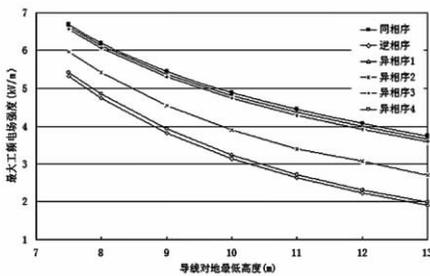


图5 导线对地高度对最大工频电场强度的影响

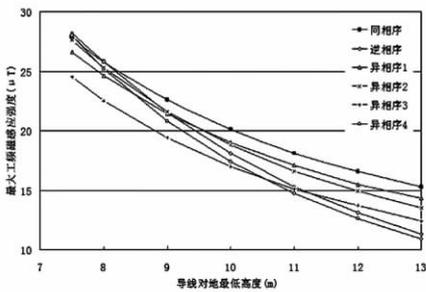


图6 导线对地高度对最大工频磁感应强度的影响

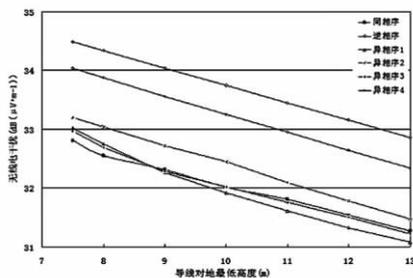


图7 导线对地高度对无线电干扰的影响

从图5可以看出,随着导线对地高度的提升,输电线路产生的工频电场强度逐渐减小。导线采用同相序排列时,导线从7.5 m分别提高到8 m、10

m、12 m,工频电场强度分别减小了7.5%、27.2%、39.2%,为满足4 kV/m的工频电场强度的评价标准,需将导线对地最低高度提升到12.5 m。导线采用逆相序排列时,导线从7.5 m分别提高到8 m、10 m、12 m,工频电场强度分别减小了10.8%、41%、58.1%,为满足4 kV/m的工频电场强度的评价标准,只需将导线对地最低高度提升到9 m。因此,通过抬高导线对地高度,可以有效减小工频电场强度,但是导线越高,建设成本越大,且当导线增至一定高度时,再靠抬高导线高度减小电场强度,效果不明显,经济投入将增大。因此减小同塔四回线路工频电场强度,可通过提升导线高度,改变相序排列来配合使用,达到技术、经济的最佳效果。

从图6可以看出,随着导线对地高度的提升,该同塔四回线路产生的工频磁感应强度呈变小趋势。导线从7.5 m分别提高到8 m、10 m、12 m,工频磁感应强度分别减小约8%、28%、41%,在各种情况下,工频磁感应强度的最大值与100 μT的标准限值相比仍有较大裕度。

从图7可以看出,随着导线对地高度的提升,线路边导线投影20 m、频率为0.5 MHz、好天气条件下的无线电干扰值呈变小趋势。导线对地最低高度从7.5 m提升至13 m时,线路边导线投影20 m、频率为0.5 MHz、好天气条件下的无线电干扰值减小1.4~1.9 dB(μV·m<sup>-1</sup>)。在各种排列方式下,该同塔四回线路产生的无线电干扰均远小于相应的评价标准限值。

## 4 结 论

(1) 不同相序排列方式对同塔四回线路的工频电场强度有较大影响。

(2) 工频磁感应强度、无线电干扰不是影响同塔四回线路设计的主要因素。

(3) 在同样铁塔尺寸和高度下,逆相序排列比同相序排列工频电场强度低26%,采用逆相序排列方式是减小同塔四回线路电磁环境影响的有效途径。

(4) 同塔四回线路设计中,可通过抬高铁塔高度、改变相序排列方式,实现工程技术、经济的合理性。

(下转第94页)

系曲线是一个模型试验数据,与实际存在较大差别,当功率反馈切至开度反馈模式时,即使有功给定保持不变,由于转换成开度给定值存在误差,造成了机组实际有功功率输出值发生较大的波动。

在开度反馈方式下,当时水头为 167.43 m,外部功给为 546.21 MW,经协联曲线计算后的开度给定为 79.76%,远比当时功率反馈下的实际开度 68.13% 大,由于导叶开限为 79.34%,因此切换为开度反馈方式后,调速器导叶开度由 68.13% 上升至导叶开限 79.34% 为止,造成了 5 号机组负荷异常上升。

### 2.5 分析结论

综合以上分析,可以得出 5 号机调速器在电网异常时负荷异常上升的原因如下。

(1) 电网冲击对 5 号机调速器残压测频元件造成影响,导致残压频率突变,频率差超过 0.5 Hz 引起调速器反馈方式由功率反馈切换为开度反馈。

(2) 调速器切换为开度反馈方式后,其功率给定值需转换为当前水头下开度/功率协联曲线模型对应的开度给定值,大于切换前的实际开度,从而导致负荷异常上升。

## 3 处理措施

分析电网冲击造成调速器负荷异常上升的原因,主要有:①电网冲击的影响,电网发生线路跳闸、雷电干扰等各种冲击因素无法消除,其影响不可避免。②机组调速器全水头开度/功率协联曲线模型数据不准确,由于该模型数据是试验数据,且水轮机出力、水头、导叶开度是一个非常复杂的非线性关系,无法得到准确的定量数据模型,因此校核开度/功率协联曲线模型具有很大的难度,操作性不强。根据实际经验,专业人员采取了切实可行的措施,主

要有以下 3 点。

(1) 完善调速器功率反馈切开度反馈逻辑:当机组频率偏差超过 0.5 Hz 且持续一段时间,方可切换为开度反馈模式。当增加延时判断条件后,就避免了电网冲击造成测频回路瞬时突变对调速器的干扰,增加了调速器稳定可靠性。

(2) 加强监视、勤调整导叶开限。特别在高水头下,调整导叶开限略大于机组额定功率对应的导叶开度,防止调速器负荷异常上升造成机组超出力运行的异常状况。

(3) 对 5 号机调速器残压测频板件及通道进行校验,检查残压测频抗干扰性并更换测频板件。

采取以上措施后,电网多次发生线路跳闸、重合闸动作、电压波动等异常,二滩电厂水轮机调速器未再发生负荷异常上升事件。实际运行表明,针对调速器负荷异常上升采取的措施简单可行,有效地避免电网冲击对水轮机调速器的影响。

### 参考文献

- [1] 魏守平. 现代水轮机调节技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [2] 陈飞翔, 蒲瑜. 二滩水电厂调速器负荷波动分析与对策[J]. 水电站机电技术, 2005, 28(1): 5-6.
- [3] 吴建荣, 王秀梅. 二滩水电站 5 号机组负荷波动原因分析及处理[J]. 四川电力技术, 2012, 35(1): 22-23, 67.
- [4] 魏守平, 王雅军, 罗萍. 数字式水轮机调速器的功率调节[J]. 水电自动化与大坝监测, 2003, 27(4): 20-22.

作者简介:

唐杰阳(1981),男,主要从事流域水电站运行管理工作。

(收稿日期:2012-10-09)

(上接第 83 页)

### 参考文献

- [1] 邬雄,丁燕生. 我国 500 kV 电网的电磁环境状况和策略[J]. 高电压技术, 2008, 34(11): 2408-2411.
- [2] 《输变电设施的电磁、磁场及其环境影响》编写组. 输变电设施的电磁、磁场及其环境影响[M]. 北京: 中国

电力出版社, 2007: 99-109.

- [3] 王广周, 张嵩阳, 闫东, 等. 500 kV 超高压输电线路电磁环境影响因素分析及其防护对策[J]. 高压电器, 2010, 46(8): 93-100.
- [4] 谢连科. 110 kV 同塔双回交流输电线路工频电磁场分布规律研究[J]. 山东电力技术, 2009(4): 3-5.

(收稿日期:2012-10-09)