

架空线路无线电干扰评价分析

谢延超

(偃师市供电有限公司, 河南 偃师 471900)

摘要: 无线电干扰是输电线路环境影响的重要评价因子之一, 由于无线电干扰源众多, 是输电线路环境评价中最不容易把握的评价量。结合工作经验, 对架空线路无线电评价的方法进行讨论和探索。对110 kV及220 kV常见塔型的输电线路无线电干扰进行了理论计算, 给出无线电干扰分布图, 为线路运行人员、环保管理人员等提供依据, 加强对输电线路电磁环境的正确认识。对输电线路无线电干扰评价应注意的问题进行分析, 得出结论: 输电线路无线电干扰的评价重点在于背景值的测量和分析, 当超过标准时, 应找出相应的无线电干扰源强度。

关键词: 输电线路; 无线电干扰; 相序布置; 对地距离; 环境评价

Research on radio interference from typical overhead transmission lines

XIE Yan-chao

(Yanshi Power Supply Company, Yanshi 471900, China)

Abstract: The radio interference is one of major elements in electromagnetic environment assessment and is not mastered easily due to a lot of radio interference resources. In the paper the assessment method of radio interference about overhead transmission lines is discussed according to the author's experience. The radio interference of the typical 110 kV and 220 kV overhead transmission lines is calculated and curved. The results could help transmission linemen and environment managers understand and treat with electromagnetic environment rightly. The problems that are given enough attention in the radio interference assessment of overhead transmission lines are discussed and analyzed. A conclusion is drawn that the measurement and analysis of the background is focused and the corresponding radio interference resource when the tested results disagree with criterion should be found.

Key words: transmission line; radio interference; lay form of wire phase; distance to the ground; environment assessment

中图分类号: TM726 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)22-0227-05

0 引言

无线电干扰是输电线路环境影响的重要评价因子之一, 由于无线电干扰源众多, 是输电线路环境评价中最不容易把握的参数量^[1]。

根据《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/T24-1998)的规定方法, 本论文对电网中常见塔型的输电线路进行无线电干扰, 进行了理论计算, 给出输电线路无线电干扰典型数据。

对于困扰环评工作者无线电干扰超标问题进行重点分析, 得出220 kV及其以下输电线路无线电干扰评价重点在于背景值的测量和分析, 当超过标准时, 应找出相应的无线电干扰源强度。

从无线电干扰理论计算来看, 只要输电线路按照《110~750 kV架空送电线路设计技术规程》来设

计和施工, 220 kV及以下输电线路产生的无线电干扰量(作为排放标准而言)远低于《高压交流架空送电线路无线电干扰限值》(GB15707-1995)的规定。而无线电干扰(作为环境质量标准而言)超标, 主要问题在于背景值较大。

1 预测方法

1.1 线路电磁环境影响评价原则

输电线路电磁环境各参数量的计算是经典的电工理论计算公式, 可以准确反映输电线路的电磁环境影响; 而与大多数环境评价因子需要进行类比测试不同, 线路模拟类比预测的类比对象很难选取, 且受类比对象的运行工况、导线对地距离、导线型号、测量环境等诸多因素的影响, 类比测量结果不能准确反映新建线路工程的电磁影响结果, 同时由于无线电干扰源大量存在, 各地差异非常大, 类比

测量对无线电干扰的评价来说是不可行的。

因此，本论文采用数学模式计算的方法来预测输电线路的无线电干扰影响。

1.2 线路无线电干扰预测方法

架空送电线路发生电晕时将会产生可听的和不可听的噪声。当电晕噪声发生在无线电通信的频率范围内，可能会产生无线电干扰。

0.5 MHz 高压交流架空送电线的无线电干扰场强的计算可以按照以下步骤进行^[2]。

1.2.1 单位长度导线等效电荷的计算

高压送电线上的等效电荷是线电荷，由于高压送电线半径 r 远小于架设高度 h ，因此等效电荷的位置可以认为是在送电导线的几何中心。

设送电线路为无限长并且平行于地面，地面可视为良导体，利用镜像法计算送电线上的等效电荷。多导线线路中导线上的等效电荷可由矩阵方程 (1) 计算：

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \cdots & \lambda_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中： U 为各导线对地电压的单列矩阵； Q 为各导线上等效电荷的单列矩阵； λ 为各导线的电位系数组成的 n 阶方阵 (n 为导线数目)。

λ 矩阵由镜像原理求得。

1.2.2 无线电干扰的计算

1) 导线的平均表面电位梯度

导线的平均表面电位梯度可由式 (2) 来计算。

$$g = \frac{Q}{\pi \epsilon_0 d n} \quad (2)$$

式中： Q 为每相导线的等效总电荷，可由式 (1) 计算求出； ϵ_0 为空气介电常数； d 为子导线直径，cm； N 为子导线分裂数。

2) 导线表面最大电位梯度

$$g_{\max} = g \left[1 + (n-1) \frac{d}{R} \right] \quad (3)$$

式中， R 为通过子导线中心的圆周直径 cm，其他参数同上。

3) 无线电干扰强度

由式 (4) 计算 0.5 MHz 高压交流架空送电线的无线电干扰场强：

$$E = 3.5 g_{\max} + 12r - 30 + 33 \lg \frac{20}{D} \quad (4)$$

式中： E 为无线电干扰强度，dB(μ V/m)； r 为导线半径，cm； D 为被干扰点距导线的距离，m。

根据式 (4) 计算出高压交流架空送电线三相导线的每相在某一点产生的无线电干扰场强，如果有一相的无线电干扰场强至少大于其余的每相值 3dB(μ V/m)，则高压交流架空送电线无线电干扰场强值即为该场强值，否则按照式 (5) 计算：

$$E = \frac{E_1 + E_2}{2} + 1.5 \quad (5)$$

式中： E 为高压交流架空送电线无线电干扰强度，dB(μ V/m)； E_1 、 E_2 为三相导线中的最大两个无线电干扰场强，dB(μ V/m)。

式 (5) 计算的是好天气时 50% 时间概率下的无线电干扰场强值，对于 80% 时间概率、具有 80% 置信度的无线电干扰场强值由该值增加 6~10 dB(μ V/m) 得到^[3]。

2 输电线路理论计算结果

本论文通过编制计算程序对输电线路的无线电干扰场强值进行了计算。

2.1 110 kV 线路电场强度计算与分析

2.1.1 110 kV 双回路输电线路电场

本论文选择较典型的 ZGu3、JGu2 进行计算，分别按同相序逆相序计算。其具体参数见表 1。

表 1 110 kV 双回路线路导线及铁塔参数选择

Tab.1 Parameters of 110 kV double circuit transmission lines

与导线有关的参数	导线型号	LGJ-300/40
	导线直径/mm	23.94
塔型	ZGu3	JGu2
上导线水平距离/m	6.0	6.8
中导线水平距离/m	7.0	7.8
下导线水平距离/m	6.0	6.8
上中线垂直距离/m	3.5	3.5
中下线垂直距离/m	3.5	3.5
导线离地距离/m	6.5	

对地距离本论文按非居民区线段，对地距离取 6 m (居民区线段，对地距离取 7 m，数值应更小，本论文不给出具体数据)。计算点对地高度：2.0 m。图 1 给出了 110 kV 同塔线路好天气时 50% 时间概率下的无线电干扰场强值及 80% 时间概率、具有 80% 置信度的无线电干扰场强值 (本文计算时增加 10 dB(μ V/m)，下同)。

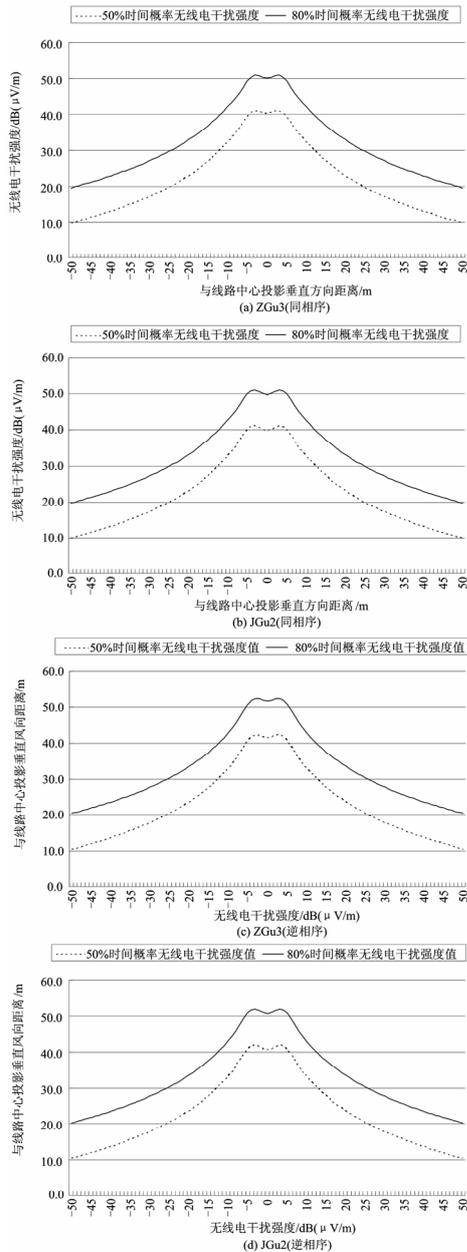


图 1 110 kV 同塔双回线变化趋势

Fig.1 The radio interference calculated data trend of 110 kV double circuit transmission line

由图 1 可以看出，当导线对地净空距离为 6 m 时，无线电干扰强度值以线路中心为中心呈马鞍形，然后随着与线路中心垂直方向距离的增加而递减。

由表 2 可以看出，如果不考虑环境背景值，均满足《高压交流架空送电线无线电干扰限值》(GB15707- 1995) 的规定，即在距边相导线投影 20 m 距离处、测试频率为 0.5 MHz 的晴天条件下 110 kV 不大于 46 dB (μV/m) 的规定^[4]。

当导线采取同相序还是逆相序布置，对于 ZGu3 和 JGu2，不同的布线方式对无线电干扰的影响不大。

表 2 预测点处理论计算值

Tab.2 The radio interferenc calculated data of the regulated point

序号	塔型	布置型式	边相导线投影 20 m 处理论值	
			50%	80%
1	ZGu3	同相序	20.5	30.5
2	ZGu3	逆相序	21.2	31.2
3	JGu2	同相序	20.8	30.8
4	JGu2	逆相序	21.2	31.2

2.1.2 110 kV 单回输电线路电场强度计算与分析

110 kV 单回路计算时选取的参数为导线直径 $r=23.94$ mm；相间距离 Z21L 砟杆 4.0 m；ZM 塔水平距离 3.518 m，垂直距离 2.5 m。对地距离及计算点对地高度同双回路^[1]。

图 2 为 110 kV 单回路输电线路无线电干扰强度（非畸变场强）的变化趋势。

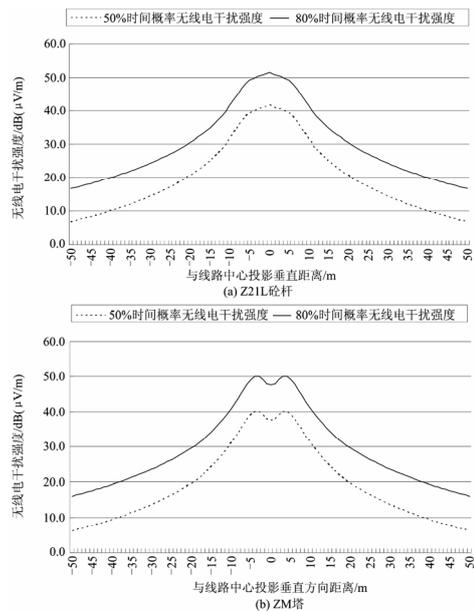


图 2 110 kV 单回线变化趋势

Fig.2 The radio interference calculated data trend of 110 kV single circuit transmission line

由图 2 及表 3 可以看出，如果不考虑背景值，均满足《高压交流架空送电线无线电干扰限值》(GB15707- 1995) 的规定。

表 3 预测点处理论计算值

Tab.3 The radio interferenc calculated data of the regulated point

序号	塔型	边相导线投影 20 m 处理论值	
		50%	80%
1	Z21L	17.7	27.7
2	ZM	18.5	28.5

2.2 220 kV 线路电场强度计算与分析

2.2.1 220 kV 同塔双回线路电场强度理论计算与分析

在计算时，本论文选用了河南电网常用的 SZ1 和 SZ2 塔型进行了计算，其参数见表 4。

表 4 220 kV 双回路线路导线及铁塔参数选择

Tab.4 Parameters of 220 kV double circuit transmission lines

与导线有关的参数	导线型号	
	LJGJ-300/40	
	导线直径/mm	23.94
塔型	SZ1	SZ2
上导线水平距离/m	9.0	10.0
中导线水平距离/m	13.0	14.0
下导线水平距离/m	10.0	11.2
上中线垂直距离/m	6.0	6.5
中下线垂直距离/m	6.0	6.5
导线离地距离/m	6.5	

导线采用常用的 2×LJGJ300/40，分裂间距为 400 mm。布置方式可分为同相序布置和逆相序布置^[1]。

对地距离分别取 6.5 m。计算点对地高度：2.0 m。

图 3 为 220 kV 同塔双回输电线路无线电干扰强度（非畸变场强）变化趋势图。

由图 3 及表 5 可以看出，如果不考虑环境背景值，均满足《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）的规定，在距边相导线投影 20m 距离处、测试频率为 0.5MHz 的晴天条件下 220 kV 不大于 53 dB（ $\mu\text{V}/\text{m}$ ）的规定。

当导线采取同相序还是逆相序布置，对于 SZ1 和 SZ2，不同的布线方式对无线电干扰的影响不大。

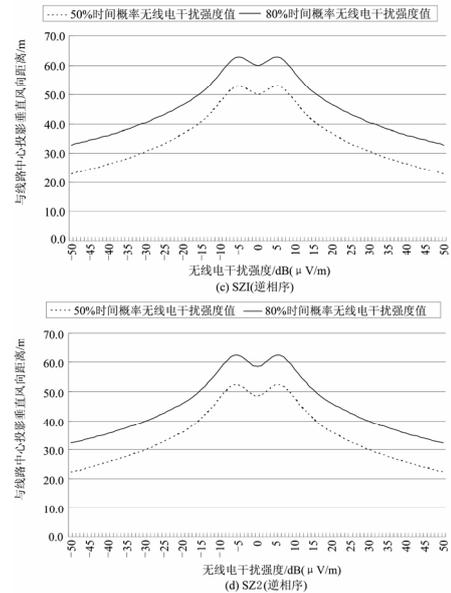
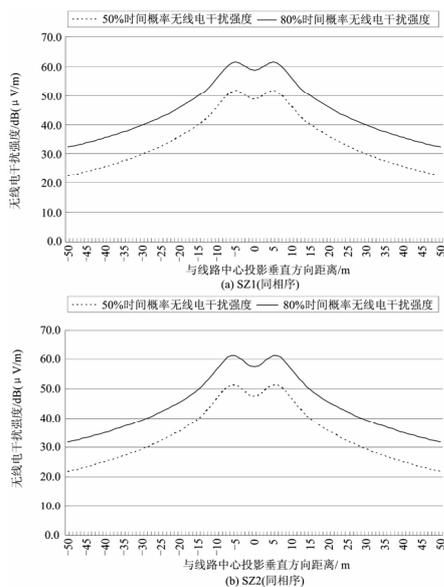


图 3 220 kV 同塔双回线路变化趋势

Fig.3 The radio interference calculated data trend of 220 kV double circuit transmission line

表 5 预测点处理论计算值

Tab.5 The radio interference calculated data of the regulated point

序号	塔型	布置型式	边相导线投影 20 m 处理论值	
			50%	80%
1	SZ1	同相序	31.6	41.6
2	SZ1	逆相序	32.3	42.3
3	SZ2	同相序	31.0	41.0
4	SZ2	逆相序	31.5	41.5

2.2.2 220 kV 单回输电线路电场强度计算与分析

在预测时，选用常见的 ZH4、LV、ZB1、ZB2 进行预测。导线采用常用的 2×LJGJ300/40，分裂间距为 400 mm^[2]。

对地距离分别取 6.5 m。计算点对地高度：2.0 m。

220 kV 单回路输电线路产生的无线电干扰强度（非畸变场强）变化趋势见图 4。

由图 4 及表 6 可以看出，如果不考虑背景值，均满足《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）的规定。

表 6 预测点处理论计算值

Tab.6 The radio interference calculated data of the regulated point

序号	塔型	边相导线投影 20 m 处理论值	
		50%	80%
1	ZH4、LV、ZB1	31.1	41.1
2	ZB2	30.3	40.3

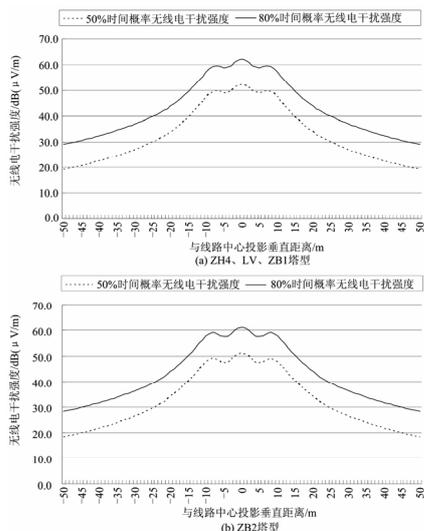


图 4 220 kV 单回线路变化趋势

Fig.4 The radio interference calculated data trend of 220 kV single circuit transmission line

3 无线电干扰值的叠加

目前相关的标准均未明确输电线路无线电干扰是作为排放量还是作为环境量进行考核,给环境评价带来很多麻烦。

如果作为排放量来考虑,完全可以参考噪声的方法进行预测,应以理论计算或者试验数据作为依据来处理。

如果作为环境质量来考核,必须考虑理论计算与环境值的叠加。目前相关标准尚未给出明确的叠加公式。

无线电干扰强度的叠加是一种能量的叠加,无线电干扰预测值可以是输电线路理论计算值与环境值的叠加,可参照公式(6)进行计算^[2]。

$$E = 20 \lg \left[\sqrt{\left(\frac{E_1}{10^{20}} \right)^2 + \left(\frac{E_2}{10^{20}} \right)^2} \right] \quad (6)$$

E 为在距边相导线投影 20 m 距离处、测试频率为 0.5 MHz 的晴天条件下无线电干扰预测值, E_1 、 E_2 分别为预测线路在该点产生的无线电干扰理论计算值和背景值,单位均为 dB(μ V/m)。

从 110 kV 及 220 kV 输电线路所产生的无线电干扰计算结果来看,不论 50% 时间概率下的无线电干扰场强值还是 80% 时间概率下无线电干扰场强值均小于标准值 10 dB(μ V/m) 以上。

而在有关能量叠加的计算中,如果频率相同,可以简化计算:如果某一无线电干扰源产生的场强比另一无线电干扰源产生的场强大于 3 dB(μ V/m)

以上,则后者可以忽略。

因此,当背景值较大时(比输电线路产生干扰大于 3 dB(μ V/m),这种现象经常发生),对于所有的 110 kV 及 220 kV 输电线路产生的无线电干扰影响均可忽略,其预测值就是背景值。所以,在进行输电线路无线电干扰的评价时,工作重点是背景值的测量和评价。

另外,无论输电线路理论计算还是测试均是按照一定时间概率来进行的,如果某一次的实测值与预测值不一致,也是可能的。

4 结论

本论文通过计算及实测数据,得出以下结论:

1) 目前常见的 110 kV 及 220 kV 输电线路,其产生的无线电干扰在规定位置均满足 GB 15707-1995。

2) 通过对无线电干扰叠加的分析,可以看出,在距边相导线投影 20 m 距离处,对于 110 kV 及 220 kV 输电线路而言,当背景值较大时,其影响往往可以忽略。

3) 输电线路无线电干扰的评价重点在于背景值的测量和分析,当超过标准时,应找出相应的无线电干扰源强度。

参考文献

- [1] 吕中宾,姚德贵,陈守聚,等.河南典型输电线路磁场分布[J].河南电力,2008(4):6-9.
Lü Zhong-bin, YAO De-gui, CHEN Shou-ju, et al. Research on electromagnetic field distribution in typical overhead transmission line of Henan province[J]. Henan Electric Power, 2008(4): 6-9.
- [2] HJ/T24-1998 500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范[S]. 1998.
HJ/T24-1998 technical regulations on environmental impact assessment of electromagnetic radiation produced by 500 kV ultrahigh voltage transmission and transfer power engineering[S]. 1998.
- [3] DL/T 691-1999 高压架空送电线路无线电干扰计算方法[S]. 1999.
DL/T 691-1999 methods of calculation of radio interference from high voltage overhead power transmission lines[S]. 1999.
- [4] GB 15707-1995 高压交流架空送电线路无线电干扰限值[S]. 1995.
GB 15707-1995 limits of radio interference from AC high voltage overhead power transmission lines[S]. 1995.

收稿日期: 2010-09-10

作者简介:

谢延超(1974-),男,本科,从事输电线路及配电工程研究。E-mail: ysgdyx@sina.com