

750 kV、1000 kV特高压交流线路与短波无线电收信台防护间距取值研究

郑旺, 王盈祥, 梁明, 魏德军

中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 四川 成都

收稿日期: 2022年2月25日; 录用日期: 2022年3月9日; 发布日期: 2022年4月13日

摘要

现行相关标准对500 kV及以下交流线路与短波收信台的防护间距已有明确规定, 特高压交流线路尚无标准可依, 其取值问题在工程建设中经常遇到并急需解决。根据特高压交流线路的无线电干扰水平、短波收信台的电磁兼容能力、相关科研成果及工程经验, 经计算、分析, 提出了750 kV、1000 kV特高压交流线路与短波收信台的防护间距值, 为特高压交流线路对短波收信台干扰影响的防护设计及修订相关标准提供了技术支撑。

关键词

特高压, 交流线路, 短波收信台, 防护间距

Research on the Value of Protection Distance between 750 kV and 1000 kV UHV AC Lines and Short-Wave Radio Receiver

Wang Zheng, Yingxiang Wang, Ming Liang, Dejun Wei

Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Chengdu Sichuan

Received: Feb. 25th, 2022; accepted: Mar. 9th, 2022; published: Apr. 13th, 2022

Abstract

The current relevant standards have clearly stipulated the protection distance between 500 kV and below AC lines and short-wave receiver. But there is no standard for UHV AC lines, and their

problem of protection distance is often encountered in engineering construction and urgently need to be resolved. According to the radio interference level of the UHV AC line, the electromagnetic compatibility capability of the short-wave receiver station, relevant scientific research achievements and engineering experience, after calculation and analysis, the protection distance between the 750 kV and 1000 kV UHV AC line and the short-wave receiver station was proposed. It has provided technical support for the protection design of UHV AC line interference to short-wave receiver interference and the revision of relevant standards.

Keywords

UHV, AC Line, Short-Wave Receiver, Protection Distance

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着 750 kV、1000 kV 特高压交流架空输电线路不断建设, 相关无线电设施越来越多, 特高压交流线路对短波收信台的干扰影响问题时有发生。关于输电线路与短波收信台的防护间距, 目前国内相关标准仅对 110 kV~500 kV 交流线路有明确规定, 对 750 kV、1000 kV 特高压交流线路尚无标准可依。

本文根据 750 kV、1000 kV 特高压交流线路的无线电干扰特性、干扰水平、无线电背景噪声水平, 结合短波收信台的工作特性、电磁兼容能力、防护要求、相关科研成果及工程经验, 经计算、分析, 提出了 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的防护间距值, 以满足特高压电网建设及短波收信台正常工作需要, 为 750 kV、1000 kV 特高压交流线路对短波收信台干扰影响的防护设计及修订相关标准提供了技术支撑。

本文提出的 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的防护间距值已被《交流架空输电线路对无线电台影响防护设计规范》DL/T 5040-2017 电力行业标准采纳。

2. 特高压交流线路的无线电干扰

2.1. 无线电干扰特性

750 kV、1000 kV 特高压交流线路的无线电干扰主要由导线、绝缘子、金具表面电晕放电及绝缘子、金具火花放电等引起, 其中导线表面电晕起主要作用。

导线表面电晕与表面电场强度、光洁度、结构、运行时间、空气密度及雨、雪、雾、水汽、尘埃等情况有关。导线表面场强越高、光洁度越低、结构越松散、运行时间越短、海拔越高、空气越潮湿, 电晕越严重, 无线电干扰越大。

导线表面电晕产生的无线电干扰频率主要集中在中、短波频段, 火花放电产生的无线电干扰频率主要在超短波频段; 无线电干扰电平随频率增加而降低, 在 30 MHz 以上频段基本与背景噪声处于同一水平。

另外, 无线电干扰电平还与距离、短波收信台工作频率、置信度等因素有关。距离越远、频率越高、置信度越低, 无线电干扰越小。

2.2. 无线电干扰水平

1) 无线电干扰限值

750 kV、1000 kV 特高压交流线路的距边导线投影外 20 m 处、离地 2 m 高、频率为 0.5 MHz、80% 时间、80% 置信度的无线电干扰限值均为 58 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) [1] [2] [3]，好天气下不应大于 55 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) [3]。

2) 无线电干扰计算值

750 kV、1000 kV 特高压交流线路不同导线组合距边导线投影外 20 m 处、离地 2 m 高、频率为 0.5 MHz、80% 时间、80% 置信度的无线电干扰计算值见下表 1。

Table 1. Calculated value of radio interference [dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)]

表 1. 无线电干扰计算值[dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)]

750 kV 线路		1000 kV 线路	
导线组合	无线电干扰	导线组合	无线电干扰
6 × JL/G1A-400/50	47.23	8 × JL/G1A -630/45	53.46
6 × JL/G1A-500/45	45.15	8 × JL/G1A -710/50	52.79
6 × JL/G1A-630/45	42.83	8 × LGJ-800/55	52.31

3) 无线电干扰实测值

最近几年，国内对 750 kV、1000 kV 特高压交流线路的无线电干扰进行了长期观测，折算到距边导线投影外 20 m 处、离地 2 m 高、频率为 0.5 MHz、80% 时间、80% 置信度的实测结果见下表 2。

Table 2. Measured value of radio interference [4] [dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)]

表 2. 无线电干扰实测值[4] [dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)]

项目	无线电干扰	备注
750 kV 交流架空输电线路	52.3	导线：6 × 400
1000 kV 线路 1	53.8	导线：8 × 630
1000 kV 线路 2(同塔双回)	52.7	导线：8 × 630

4) 无线电干扰水平分析

根据计算、实测结果，750 kV、1000 kV 特高压交流线路的无线电干扰计算值和实测值均低于限值约 4 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 以上。

随着大截面导线的应用、加工工艺的改进、施工及运维水平的提高，特高压交流线路的无线电干扰将会进一步降低。

3. 短波收信台工作特性及电磁兼容要求

短波收信台的工作频率一般在 1.5 MHz~30 MHz 频段内，通常分为三级，各级允许的背景噪声增量见下表 3。

Table 3. Allowable background noise increment for shortwave receivers [5] [6] [dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)]

表 3. 短波收信台允许背景噪声增量[5] [6] [dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)]

序号	允许背景噪声增量
1	0.5
2	1.0
3	1.5

4. 防护间距计算值

1) 直接计算

交流线路与短波收信台的防护间距计算方法主要有控制背景噪声计算法和最低可用信号电平保护计算法等，其中控制背景噪声计算法的主要影响因素是短波收信台的允许背景噪声增量，不涉及其它特性参数，易于工程计算，故本文采用控制背景噪声计算法进行计算。

控制背景噪声计算法的计算公式如下式(1) [6]:

$$D_p = 10^{-\left[\frac{E_{01} + \Delta E_f + \Delta E_w - N_{01} - 10 \lg(10^{0.1 \Delta N_{01}} - 1)}{20} \right] + 0.85} \tag{1}$$

式中： D_p 为防护间距(m)； E_{01} 为特高压交流线路边相导线对地投影外侧 20 m、离地 2 m 高处、频率为 0.5 MHz 的无线电干扰基准电平(即好天气、平均值) [dB (μ V/m)]； ΔE_f 为特高压交流线路无线电干扰的频率修正值[dB (μ V/m)]； ΔE_w 为特高压交流线路无线电干扰的雨天增量[dB (μ V/m)]； N_{01} 为交流线路架设前的无线电背景噪声[dB (μ V/m)]； ΔN_{01} 为短波收信台允许背景噪声增量[dB (μ V/m)]。

根据式(1)， E_{01} 按限值 58 dB (μ V/m)折算到基准值考虑，工作频率为 1.5 MHz 时，750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的防护间距直接计算值见下表 4。

Table 4. Directly calculated value of protection distance (m)
表 4. 直接计算的防护间距值(m)

短波无线电收信台	一级	二级	三级
防护间距	2601	1786	1415

当 E_{01} 减小、 N_{01} 增大时，750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的防护间距计算值见下表 5。

Table 5. Directly calculated value of protection distance for different E_{01} and N_{01} (m)
表 5. 不同 E_{01} 和 N_{01} 时直接计算的防护间距值(m)

短波无线电收信台	一级	二级	三级
E_{01} 减小 1 dB (μ V/m)或 N_{01} 增大 1 dB (μ V/m)或 E_{01} 减小与 N_{01} 增大之和为 1 dB (μ V/m)	2318	1600	1260
E_{01} 减小 2 dB (μ V/m)或 N_{01} 增大 2 dB (μ V/m)或 E_{01} 减小与 N_{01} 增大之和为 2 dB (μ V/m)	2060	1420	1120
E_{01} 减小 3 dB (μ V/m)或 N_{01} 增大 3 dB (μ V/m)或 E_{01} 减小与 N_{01} 增大之和为 3 dB (μ V/m)	1840	1260	1000
E_{01} 减小 4 dB (μ V/m)或 N_{01} 增大 4 dB (μ V/m)或 E_{01} 减小与 N_{01} 增大之和为 4 dB (μ V/m)	1640	1120	890
E_{01} 减小与 N_{01} 增大之和为 5 dB (μ V/m)	1469	1009	799

2) 类推计算

以现行 500 kV 交流线路与短波收信台的防护间距为基础，类推 750 kV、1000 kV 交流线路的防护间距。

根据国家标准，500 kV 交流线路与短波收信台的防护间距见下表 6:

Table 6. Protection distance between 500 kV AC line and short-wave receiver [5] (m)
表 6. 500 kV 交流线路与短波收信台防护间距[5] (m)

短波无线电收信台	一级	二级	三级
防护间距	2000	1100	700

500 kV 交流线路的 E_{01} 按 55 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 折算到基准值考虑, 短波收信台工作频率按 1.5 MHz 考虑, ΔE_W 按大值取 15 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$), 由此类推 750 kV、1000 kV 特高压交流线路 E_{01} 按 58 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 折算到基准值考虑时的防护间距计算值见下表 7。

Table 7. Analogously calculated value of protection distance (m)

表 7. 类比计算的防护间距值(m)

短波无线电收信台	一级	二级	三级
防护间距	2548	1550	990

5. 防护间距的取值

1) 取值原则

以防护间距计算公式直接计算值及类推计算值为基础, 参照相关科研成果、实际工程应用情况, 确定防护间距值。

2) 取值分析

我国大部分地区、大部分时间的 N_{01} 均大于 12 dB($\mu\text{V}/\text{m}$) [7], 750 kV、1000 kV 交流线路的无线电干扰设计计算值和实测值也小于限值 4 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 以上, 可见 E_{01} 减小值与 N_{01} 增大值之和按 4 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 考虑时, 按式(1)直接计算的防护间距是可行的。

500 kV 交流线路与短波收信台的防护间距各相关部门认可, 长期工程实践表明可行、可靠, 且有国标规定, 因此利用 500 kV 交流线路的防护间距类推 750 kV、1000 kV 交流线路的防护间距是可行、可靠的。

中国电科院研究、总参 58 所、华北电力大学等科研单位关于特高压交流线路对无线电设施影响进行了相关研究, 研究成果建议 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与一级、二级、三级短波收信台防护间距分别为 2200 m、1600 m、1200 m [8]。

淮南 - 上海等 1000 kV 特高压交流线路工程建设中与短波收信台的防护间距采用了科研成果建议值。

根据防护间距直接计算值、类推计算值, 参照科研成果、以往工程应用等情况, 并与 500 kV 交流线路的防护间距相协调, 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的防护间距建议主要参照 500 kV 交流线路的防护间距类推取值, 取值结果见下表 8。

Table 8. Recommended value of protection distance (m)

表 8. 防护间距建议值(m)

短波收信台	一级	二级	三级
防护间距建议值	2600	1600	1000
类推计算值	2548	1550	990
备注			
直接计算值	1640	1120	890
科技成果及以往工程应用值	2200	1600	1200

6. 结论

- 1) 750 kV、1000 kV 特高压交流线路的无线电干扰计算值和实测值均低于限值约 4 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 以上。
- 2) 根据 750 kV、1000 kV 特高压交流线路的无线电干扰特性及水平、无线电背景噪声水平、短波收

信台工作特性、电磁兼容能力、防护要求、相关科研成果、以往工程经验, 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的防护间距主要参照 500 kV 交流线路的防护间距经类推取值较合适。

3) 经计算、分析、比较, 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与一级、二级、三级短波收信台的防护间距建议分别取 2600 m、1600 m、1000 m。

4) 实际工程中, 当 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的距离的确难以满足防护间距值时, 可根据具体情况, 通过计算或测试评估实际影响情况并协商处理。

其它说明: 本文提出的 750 kV、1000 kV 特高压交流线路与短波收信台的防护间距建议值已被 2017 年 12 月 1 日实施的电力行业标准《交流架空输电线路对无线电台影响防护设计规范》DL/T5040-2017 采纳。

基金项目

国家能源局行业标准制(修)订项目(20130043)。

参考文献

- [1] 中国电力工程顾问集团公司, 等. GB 50545-2010. 110 kV~750 kV 架空输电线路设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- [2] 中国电力工程顾问集团公司, 等. GB 50665-2011. 1000 kV 架空输电线路设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [3] 中国电力科学研究院, 等. GB/T 15707-2017. 高压交流架空输电线路无线电干扰限值[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [4] 刘兴发. 750 kV、1000 kV 交流架空输电线路无线电干扰水平测试分析[R]. 武汉: 中国电力科学研究, 2015: 8+20+24.
- [5] 工业和信息化部电信研究院, 等. GB 13614-2012. 短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [6] 西南电力设计院, 等. DL/T 5040-2006. 输电线路对无线电台影响防护设计规程[S]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [7] 魏德军. 无线电背景噪声取值分析[R]. 成都: 中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 2015.
- [8] 中国电力科学研究院, 等. 1000 kV 交流特高压输电线路与短波无线电测向、收信台(站)防护距离的研究[R]. 北京: 中国电力科学研究, 总参 58 所, 华北电力大学, 2008.