

输电线路杆塔接地电阻季节变化观测及影响因素分析

结合接地电阻季节变化监测系统长时间的监测数据,统计分析了河北南网典型地区输电线路杆塔接地装置的冲击接地电阻和工频接地电阻的季节分布特征,总结了土壤温度和含水量对杆塔接地电阻的影响。并将该基础数据和指导思想推广到了一般应用情况的数值仿真,通过对各电压等级不同型式接地装置的仿真计算,归纳总结出了该地区杆塔接地电阻季节系数的变化范围。

孙翠英¹ 胡立章² 贾伯岩¹ 郑雄伟¹ 王建国³/1.国网河北省电力公司电力科学研究院 2.国网河北省电力公司信息通信分公司 3.武汉大学电气工程学院



孙翠英/工程师

关键词/Keywords

杆塔接地电阻·
季节系数·
接地装置·
监测系统·

对于地质结构已经固定的输电线路杆塔所处的土壤,季节因素明显影响其电阻率。影响土壤电阻率的两种最明显的因素是降雨和土壤温度变化,降雨导致电阻率降低,而温度降低乃至发生土壤冰冻则将导致电阻率升高。

目前国外有少量文献报道了接地电阻季节性波动现象。文献[1]考虑普通降雨和强降雨下接地电阻的影响,从表层土壤与底层土壤的导电性差异、表层土壤的冻结以及温度变化等角度对接地电阻产生影响进行过一些分析;文献[2]提供了日本山间湖畔埋设的一些接地极在少数几个月的接地电阻数据,总结了接地电阻最高值与最低值出现的月份。总体来说,接地装置的接地电阻季节变化的观测数据目前相对匮乏^[3-6]。

另外,因气候及地质条件的差别,世界各地各类型接地装置的接地电阻率随季节变化的特征差别较大^[6-7],出现峰值的月份也明显不同,接地电阻季节系数的分布范围也存在明显差别^[8-9],不同地区接地电阻季节系数的制定需因地制宜,不

可盲目引进外地数据和规律^[10-12]。

接地电阻季节变化监测系统

研究数据来自于安装在河北南网山区安大Ⅱ线31号杆塔和盐碱地于韩Ⅰ线45号杆塔上的接地电阻季节变化监测系统,该系统可获得杆塔接地电阻(工频接地电阻和冲击接地电阻)、土壤电阻率、环境温湿度、降雨量、3层土壤温度及含水量等参数的详实数据。

通过运行近半年的数据初步分析,环境温度、降水等参数对不同深度土壤电阻率的影响是由表层土壤向深层土壤逐渐进行的,同时相关影响有一定的时间滞后性,且不同气候地貌区域的影响也略有差异。

杆塔接地电阻分布特征

图1为安大Ⅱ线站4~6月工频接地电阻和冲击接地电阻分布曲线。安大Ⅱ线站4~6月输电线路杆塔工频接地电阻明显降低,其值在15~40 Ω之间变化;冲击接地电阻也明显降低,其值在10~26 Ω之间变化。

图2为于韩Ⅰ线站3~6月工频接地电阻和冲击接地电阻分布。于韩Ⅰ线站3~6月输电线路杆塔工频接地电阻略有降低,其值在8~10 Ω之间变化;冲击接地电阻值分散性很大,在0~16 Ω变化,无明显规律。

3~9月,河北地区温度升高,降雨增加,土壤含水量增大,导致输电线路杆塔工频接地电阻和冲击接地电阻降

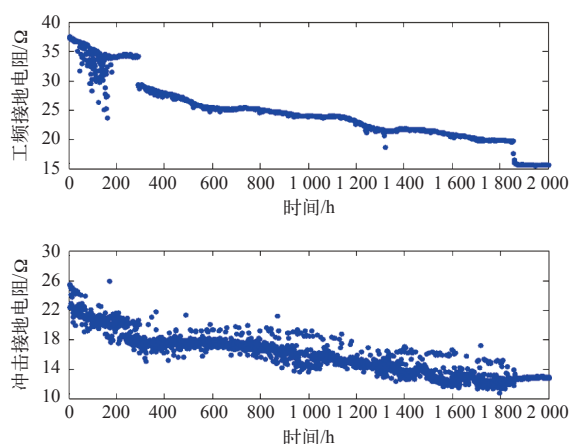


图1 安大Ⅱ线站4~6月工频接地电阻和冲击接地电阻分布曲线

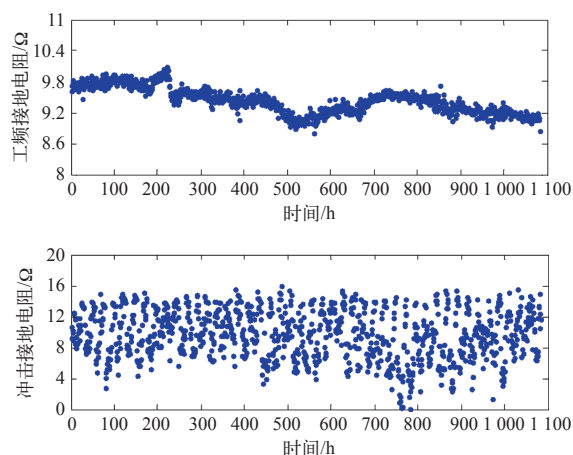


图2 于韩Ⅰ线站3~6月工频接地电阻和冲击接地电阻分布

低。10月~次年2月,气温较低,降雨少,导致输电线路杆塔工频接地电阻和冲击接地电阻增大。

土壤温湿度对杆塔接地电阻的影响

1. 土壤温度对杆塔接地电阻的影响

图3和图4分别为安大Ⅱ线站4~6月工频接地电阻和冲击接地电阻与各层土壤温度的变化曲线。图5和图6分别为于韩Ⅰ线4~6月工频接地电阻和冲击接地电阻与各层土壤温度的变化曲线。测量结果发现,杆塔工频接地电阻和冲击接地电阻随温度升高而逐渐降低。

一般而言,春季、夏季和秋季,土壤电阻率随着温度的上升而下降,冬季时由于地表的冻土层的保护作用,环境对0.6 m及以下土壤电阻率及接地电阻的影响非常小,基本保持不变。

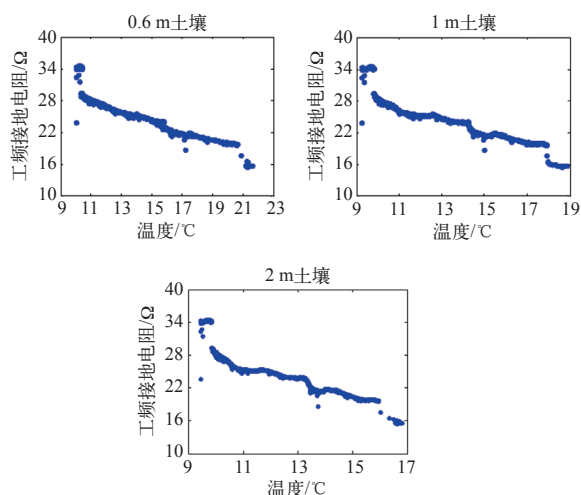


图3 安大Ⅱ线站4~6月工频接地电阻与各层土壤温度的变化曲线

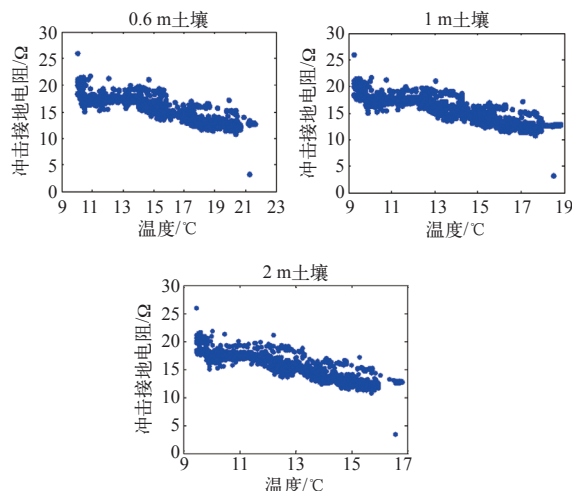


图4 安大Ⅱ线站4~6月冲击接地电阻与各层土壤温度的变化曲线

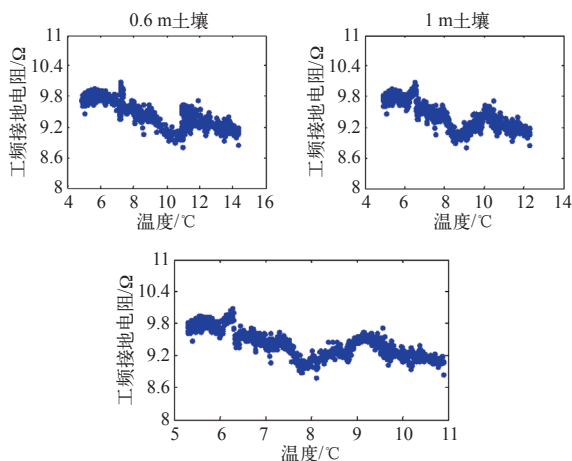


图5 于韩Ⅰ线站4~6月工频接地电阻与各层土壤温度的变化曲线

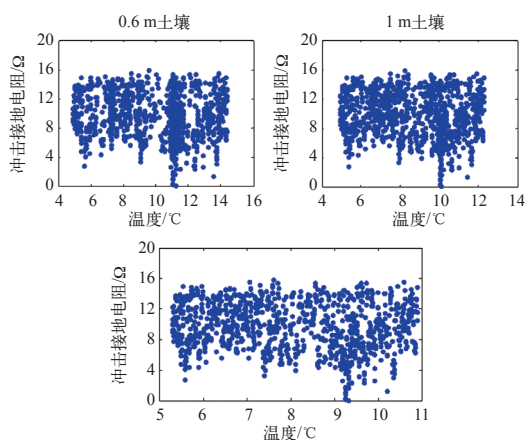


图6 于韩 I 线站4~6月冲击接地电阻与
各层土壤温度的变化曲线

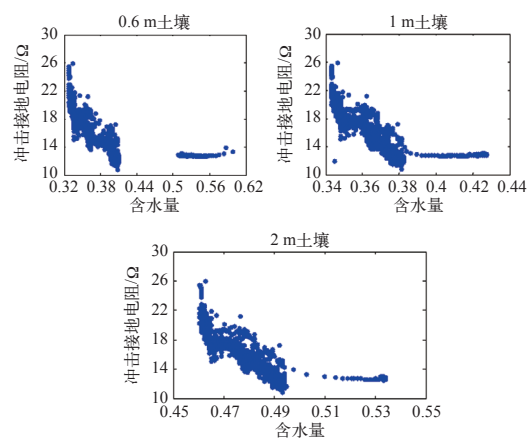


图8 安大 II 线站4~6月冲击接地电阻与
各层土壤含水量变化曲线

2. 土壤含水量对杆塔接地电阻的影响

图7和图8分别为安大 II 线站4~6月工频接地电阻和冲击接地电阻与各层土壤含水量变化曲线。可以明显看出,安大 II 线站工频接地电阻与冲击接地电阻均随土壤含水量的增加而逐渐减小,但是当含水量达到一定值时,接地电阻与冲击电阻不再减小,即存在“饱和效应”。工频接地电阻与冲击电阻不再减小时对应的0.6 m、1 m和2 m土壤含水量值分别为50%、39%和50%,即当土壤含水量分别达到该值后,土壤含水量再增加对接地电阻的影响可忽略不计。

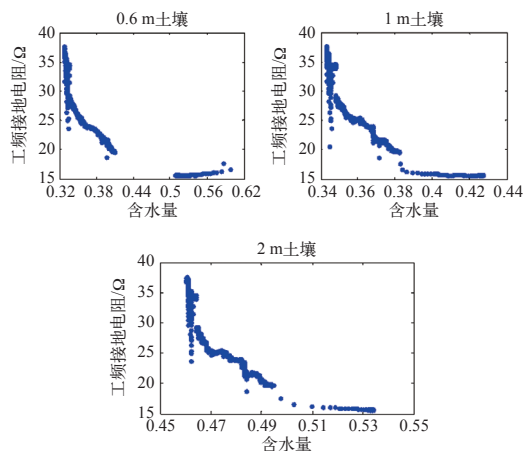


图7 安大 II 线站4~6月工频接地电阻与
各层土壤含水量变化曲线

图9为于韩 I 线站4~6月工频接地电阻与各层土壤含水量变化曲线。大体趋势上,于韩 I 线工频接地电阻随土壤含水量的增加而逐渐减小,但未见图7和图8所示安大 II 线站工频接地电阻、冲

击接地电阻与土壤含水量的“饱和效应”现象,这与于韩 I 线站土壤含水量未出现类似安大 II 线站土壤含水的饱和临界值有关。

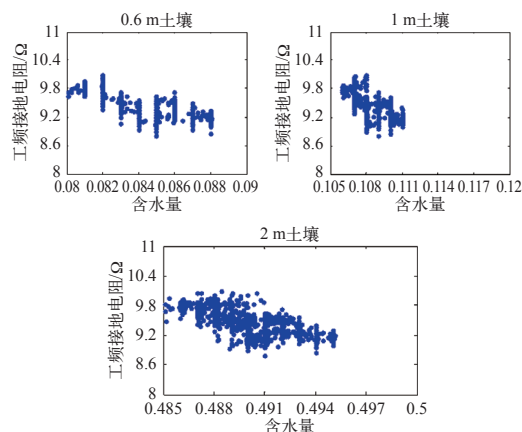


图9 于韩 I 线站4~6月工频接地电阻与
各层土壤含水量变化曲线

季节变化对输电线路杆塔接地电阻影响 仿真分析

一般输电线路杆塔接地装置埋设深度及大小有限,其接地电阻值将随土壤电阻率的季节变化而变化。如果敷设较深,则接地电阻值随季节变化程度比敷设在浅层的接地装置的接地电阻值变化小的多。不同月份,由于环境变化,造成土壤的温度和含水量发生了非常大的变化。因此不同季节测得的杆塔接地电阻也各不相同。为使杆塔的接地电阻满足设计要求,必须考虑不同季节带来的变化。

用CDEGS软件对《国家电网公司输变电工程

典型设计：110~500 kV输电线路接地装置分册》中提到的各电压等级各种型式的接地装置进行了3层土壤分层的建模仿真分析，3层土壤厚度分别为0.5 m、1.5 m和2.5 m。仿真结果考虑了各种环境

因素对土壤电阻率的影响，当土壤电阻率随着季节变换变化时，杆塔接地电阻也发生季节性变化。通过对仿真计算结果的统计分析，得出了该地区杆塔接地电阻季节系数的变化范围，如下表所示。

表 杆塔接地电阻季节变化系数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
季节变换系数	0.65~0.8	0.8~0.9	1~1.1	1.2~1.4	1.4~1.6	1.6~1.8	1.8~2.0	2.1~2.3	2.2~2.4	1.7~2.0	1.3~1.5	0.8~1

结束语

参考文献

1) 观测到4~6月安大Ⅱ线的工频接地电阻和冲击接地电阻呈现明显的季节性变化，其中工频接地电阻的变化范围为14~34 Ω，冲击接地电阻的变化范围为10~23 Ω。于韩Ⅰ线站冲击接地电阻的分散性较大，变化范围为0~16 Ω。

2) 观测站测量结果发现，杆塔工频接地电阻和冲击接地电阻均随温度升高而逐渐降低。

3) 安大Ⅱ线站工频接地电阻与冲击接地电阻均随土壤含水量的增加而逐渐减小，但是当含水量达到一定值时，接地电阻与冲击电阻不再减小，即存在“饱和效应”。如工频接地电阻与冲击电阻不再减小时对应的0.6 m、1 m和2 m土壤含水量值分别为50%、39%和50%，即当土壤含水量分别达到该值后，土壤含水量再增加对接地电阻的影响可忽略不计。

4) 110~500 kV输电线路典型杆塔接地电阻季节系数取值范围的确定，在日常杆塔接地电阻测量及验收中，可用于接地电阻测量值的季节修正，使不同季节接地电阻的测量值具有可比性。在设计阶段，由于河北南网西北部山区为雷电反击故障多发地带，此地区输电线路工程在设计阶段建议根据季节系数的取值范围，以8月、9月雷雨多发季节的接地电阻值折算到4月满足设计要求为基础来确定杆塔接地电阻的实际设计值，而东部盐碱地雷电反击故障率低，可以考虑适当放宽设计值，以提高经济性。接地电阻季节系数的应用，对于提高输电线路耐雷水平，降低输电线路雷电反击故障率具有重要意义。

[1] Gustafson R J, Pursley R, Albertson V D. Seasonal grounding resistance variations on distribution systems [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1990, 5 (2) : 1013-1018.

[2] 高桥健彦, 常玉燕. 接地电阻与季节的关系 [J]. 建筑电气, 1992 (1) : 43-46.

[3] 解广润. 电力系统接地技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.

[4] DL/T 621—1997 交流电气装置的接地 [S].

[5] 何金良, 曾嵘. 电力系统接地技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[6] 贝克曼 W V, 施文克 W, 普林兹 W. 阴极保护手册—电化学保护的理论与实践 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

[7] Kalinski R J, Kelly W E. Estimating water content of soils from electrical resistivity [J]. Geotechnical Testing Journal, 1993, 16 (3) : 131-137.

[8] 刘国华, 王振宇, 黄建平. 土的电阻率特性及其工程应用研究 [J]. 岩土工程学报, 2004, 26 (1) : 83-87.

[9] 韩立华, 刘松玉, 杜延军. 温度对污染土电阻率影响的试验研究 [J]. 岩土力学, 2007, 28 (6) : 1151-1155.

[10] 王伟峰. 接地电阻测量季节的选择 [J]. 水利电力机械, 2004, 26 (2) : 46.

[11] 何金良, 沈亚东, 孙为民, 等. 发变电站接地系统的季节系数分析 [J]. 高压电器, 2003, 39 (3) : 1-3.

[12] 孙为民, 何金良, 曾嵘, 等. 季节因素对发变电站接地系统安全性能的影响 [J]. 中国电机工程学报, 2000, 20 (1) : 16-19.

(收稿日期: 2015-07-14) EA