

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802429

新疆输电线路在线监测设备供电可靠性研究*

何常根

(国网新疆电力有限公司 乌鲁木齐 830063)

摘要: 新疆输电线路在线监测装置在极寒环境下无法正常工作,为输电线路运维带来了一定的困难。为此提出了OPGW感应取能的实施方案,基于EMTP仿真平台建立了500 kV交流输电线路模型,仿真计算了地线感应电压和感应电流,并提出了双重保温方式。研究表明:地线感应电压和感应电流与档距、负荷功率正相关,基本不受土壤电阻率的影响;在档距为300 m,负荷功率为500 MW,地线取能装置的输出功率为137.8 W,完全满足输电线路在线监测装置的供电需求;在-45℃的长期极寒温度条件下,采用硅质纳米多孔保温层和红外线辐射膜加热的双重保温方式,仍能保证不低于-30℃的理想温度条件;供电电源采用保温措施后,在线监测装置平均无故障率由85.9%提高到99.6%,可靠性明显增加。研究结果为极寒地区输电线路在线监测装置提供了稳定供电的设计思路。

关键词: 极低温;地线取能;供电可靠性;保温性能

中图分类号: TM76 **文献标识码:** B **国家标准学科分类代码:** 510.4010

Research on reliability of power system for transmission
line online monitoring device

He Changgen

(State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Urumqi 830063, China)

Abstract: The on-line monitoring device of transmission line in Xinjiang Province cannot work normally in the extremely cold environment, which brings some difficulties to the operation and maintenance of transmission line. In this paper, the implementation scheme of power tapping from OPGW was put forward. Based on EMTP simulation platform, 500 kV ac transmission line model was established, which simulated the induced voltage and current, and the dual insulation mode is proposed. The results prove that the induced voltage and current of ground wire are positively correlated with the spacing and load power, and are basically unaffected by the soil resistivity; when the span is 300 m and the load power is 500 MW, the output power of the ground wire energy-collecting device is 137.8 W, fully meeting the power supply demand of on-line monitoring device in the transmission line; under the condition of long-term extremely cold temperature -45℃, by using nano porous silica insulation membrane and infrared radiation heating, it still can ensure ideal temperature conditions, which is not less than -30℃; after the insulation measures are adopted for the power supply, the mean rate of no failure in online monitoring device is increased from 85.9 to 99.6%, and the reliability is significantly increased. The research results provide a design idea of stable power supply for on-line monitoring devices in extremely cold regions.

Keywords: extremely cold environment; power tapping from OPGW; stable power supply; thermal insulation properties

0 引言

新疆地区具有典型的强风、沙尘暴和大温差等极端气象环境,年平均大风日超过100天,强沙尘暴频发,且昼夜温差达40℃之多,对输电线路在线监测设备的稳定运行带来了难以想象的困难和挑战。

输电线路在线监测装置一般通过专用市电、太阳能电池、风力发电机等实现供电,但由于其经济性、电能质量和装置尺寸等因素限制,因此,传统的供电技术不足以满足输电线路在线监测装置可靠运行的需求^[1-4]。地线感应取能不受外界环境的限制,同时经济性较好,可有效解决电源供电可靠性问题。而电源在低温恶劣环境下长时间运行会出

收稿日期:2018-11

* 基金项目:新疆电力公司科技项目(5230DK17000H)资助

现内耗增大、储能效率大幅下降等问题,从而影响系统的供电效率^[5]。本文着重从地线取能设计以及电源抗低温设计两个方面来实现输电线路在线监测装置的可靠性研究。

1 地线取能机理

1.1 基本原理

无论是PT取能还是CT取能,地线耦合取电电源系统主要由隔离模块、稳压模块、限流模块等组成,如图1所示。

隔离模块通过隔离变压器或者取电线圈实现多组电压的输出,稳压模块基于电力电子技术实现电压整流、滤波、稳压、防雷等作用,限流模块进行限流保护,保证蓄电池充电电流在允许范围之内。

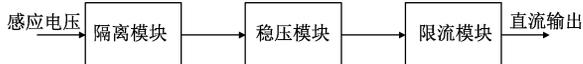


图1 在线取能电源基本原理

1.2 安装方式

结合新疆输电线路的特征,兼顾取能效率和安装方便,一般采用带光纤复合架空地线(optical fiber composite overhead ground wire, OPGW)的单点接地地线,地线取能结构如图2所示。其中,两根地线、张力塔1、直线塔2和短接线形成闭环,从而为取电系统提供感应电动势和环路电流^[5-8]。

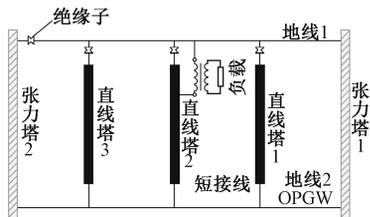


图2 地线取能结构示意图^[5]

当输电线路稳定运行时,取能装置感应产生在线监测装置需要的功率,并经过稳压、限流作用,输出稳定的电压。

2 仿真计算

2.1 感应电压计算

采用EMTP电磁仿真平台,建立500 kV架空输电线路模型^[9-10],其中光纤复合地线采用单点接地方式,相间距离13 m,对地高度18 m,地线间水平距离11 m,对地高度28 m。三相电源有效值为525 kV,功率因素 $\cos\varphi$ 为0.95;接地电阻按 $1\,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 计算。研究不同档距和负荷条件下的地线感应电压,绘制曲线如图3所示。

由图3可知,感应电压与档距、负荷功率正相关。随着负荷功率或者档距的增加,感应电压值也会增加。

在档距、负荷功率一定的情况下,取不同的土壤电阻率,分别仿真计算其感应电压值,汇总数据如表1所示。

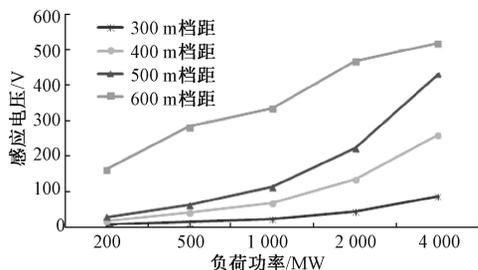


图3 不同负荷功率和档距下感应电压变化

表1 不同土壤电阻率对应的感应电压

土壤电阻率/ $\Omega\cdot\text{m}$	感应电压/V
100	20.9
500	21.9
1 000	22.4
2 000	22.6

由表1可知,随着土壤电阻率增加,感应电压基本无变化,所以计算感应电压时,可忽略土壤电阻率的影响。

2.2 感应电流计算

地线感应电流一般与负荷功率、接地电阻有关^[11],为此,改变负荷功率和接地电阻值的大小,分别仿真计算其感应电流值,绘制柱状图如图4。

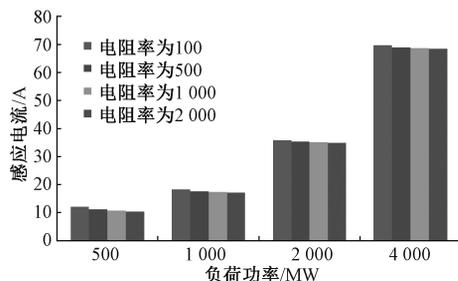


图4 感应电流随电阻率和负荷功率变化的曲线

由图4可知,感应电流与负荷功率正相关,与土壤电阻率基本不相关,所以负荷功率为感应电流变化的主要影响因素。

2.3 功率计算

为了验证地线取能的可行性,为此,需要研究地线感应取能的功率值。当档距为300 m时,汇总仿真计算后的输出功率如表2所示。

表2 不同负荷下地线供电功率

负荷功率/MW	输出功率/W
500	137.8
1 000	369.4
2 000	1 574.6
4 000	6 003.5

由表 2 可知,随着负荷功率值的增加,输出功率值也相应增加。在档距为 300 m,负荷功率仅为 500 MW 时,地线取能装置输出功率已达到 137.8 W,输电线路在线监测装置消耗功率量级一般在几十瓦,所以该取能方式完全满足监测装置的供电需求。

3 极低温试验

新疆昼夜温差大,尤其极低温会对地线感应电源造成损害,为此,需对其进行保温防护,具体步骤如下:

1) 将电源放置于高低温试验箱内,降温至 $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 4 h 后,对试验进行低温启动,并记录测试值;

2) 关闭电源,温度继续降至 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$,当高低温箱内部温度平衡后,并记录测试值;

3) 开启电源,在 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下保持 4 h 后,再进行测试,记录测试值;

保温采用 3 种方式进行,如表 3 所示。

表 3 不同保温方式配置

保温方式	隔热材料	加热装置
A 方案	无	无
B 方案	硅质纳米多孔保温层	无
C 方案	硅质纳米多孔保温层	红外线辐射膜加热

实验中对 3 个不同保温方式的试验箱进行检测,将检测温度设定为 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$,待试验箱内温度达到设定值,并保持不变^[12-15]。记录各个保温箱内部的温度数据,每隔 10 min 统计一次,对于异常的数据剔除,并绘制保温箱的温度曲线,如图 5 所示。

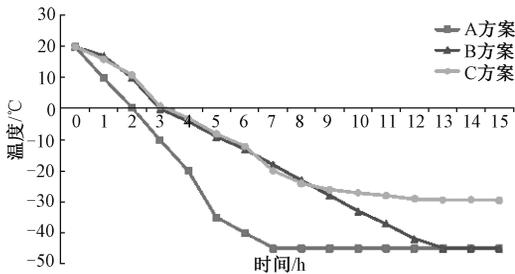


图 5 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下的箱内温度随时间的变化情况

3 种保温方式下,最优方案为 C 方案,在温度长期保持在 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恶劣环境下,其温度可达到 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的临界值。

因此,通过硅质纳米多孔保温层和红外线辐射膜加热的双重保温方式,可延缓温度的降低,同时保证箱内温度不低于 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$,在新疆极寒环境下可为地线取能装置提供理想的温度条件。

4 可靠性分析

为了进一步研究输电线路在线监测装置在极低温环境

下工作的可靠性,统计 9 类装置的连续无故障工作时间,统计期限为 1 自然年。每一类装置的供电电源选用保温措施和普通方式作为对比,汇总数据如表 4 所示。

表 4 可靠性对比

装置类型	保温型		普通型	
	无故障时间	平均无故障率(%)	无故障时间	平均无故障率(%)
图像	360	98.6	307	84.1
微气象	365	100.0	311	85.2
覆冰	365	100.0	315	86.3
导线温度	365	100.0	323	88.5
微风振动	365	100.0	314	86.0
风偏	358	98.1	300	82.2
污秽	365	100.0	325	89.0
杆塔倾斜	365	100.0	317	86.8
弧垂	365	100.0	309	84.7
总计	/	99.6	/	85.9

由表 4 可知,保温箱装置平均无故障率为 99.6%,普通型装置平均无故障率为 85.9%,故障主要发生在冬季。由此说明,供电电源采用保温措施后,在线监测装置工作可靠性明显提高。

5 结 论

本文针对新疆输电线路在线监测设备的稳定工作提供了一套可靠的供电方案,即采用地线取能和双重保温的方式,主要结论如下:地线感应电压和感应电流与档距、负荷功率正相关,基本不受土壤电阻率的影响;在档距为 300 m,负荷功率为 500 MW,地线取能装置的输出功率为 137.8 W,完全满足输电线路在线监测装置的供电需求;在 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的长期极寒温度条件下,采用硅质纳米多孔保温层和红外线辐射膜加热的双重保温方式,仍能保证不低于 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的理想温度条件;供电电源采用保温措施后,在线监测装置平均无故障率均由 85.9% 提高至 99.6%,可靠性明显增加。

参考文献

- [1] 李博,翟少磊,唐标,等.输电线路一体化监测装置电源系统研究[J].云南电力技术,2014,42(3):5-9.
- [2] 张伟,杨中亚,杨帆.架空输电线路地线感应取电设计[J].电气技术,2018(7):22-26.
- [3] 岳灵平,张志亮,俞强,等.输电线路在线监测系统的运行可靠性分析[J].浙江电力,2014,33(6):67-71.
- [4] 赵国栋,耿亚明,柴宇,等.光纤位移传感器在断路器在线监测系统中的应用[J].电力工程技术,2017,36(4):98-102.
- [5] 郭金刚,张俊双,李硕,等.极寒天气下输电线路在线监

- 测装置地线取电改造设计[J].中国水运(下半月), 2015,15(11):188-190.
- [6] 樊海峰,杨明彬,张仲秋,等.基于330 kV架空地线磁场感应耦合的巡检机器人电源研制[J].电气应用, 2016,35(8):80-85.
- [7] 黄旭峰.光纤复合架空地线接地方式的改进[J].高电压技术,2010,36(2):356-364.
- [8] MONTAMBAULT S, POULIOT N. The HQ LineROVer; contributing to innovation in transmission line maintenance [C]. Proceedings of 2003 IEEE ESMOIEEE 10th International Conference on Transmission and Distribution Construction Operation and Live-Line Maintenance,2003:33-40.
- [9] 刘凯,吴田,施荣,等.750 kV输电线路光纤复合架空地线损耗分析[J].高电压技术,2011,37(2):497-504.
- [10] 解秀余,张鹏,胡攀峰,等.750 kV官东I线架空地线感应电压和环流的仿真计算[J].陕西电力,2011,39(1):33-36.
- [11] 曾林平,张鹏,冯玉昌,等.750 kV线路架空地线感应电压和感应电流仿真计算[J].电网与清洁能源,2008,24(12):21-23.
- [12] 钱文晓,张俊双,李硕,等.极寒条件下输电线路弧垂在线监测技术研究应用[J].电测与仪表,2018,55(1):60-64.
- [13] 张俊双,钱文晓,汲胜昌,等.极寒条件下基于光传感的绝缘子污秽在线监测技术[J].南方电网技术,2017,11(6):29-34.
- [14] 钱丽勋,韩介平,李卓,等.光纤面阵可见光吸收/红外辐射性能实验研究[J].北京理工大学学报,2011,31(8):949-951.
- [15] 魏浩迪.基于PT100铂热电阻的高精度温度实时监测系统[J].国外电子测量技术,2017,36(1):67-69.

作者简介

何常根,本科,工程师,研究方向为输变电设备运维管理。

E-mail:hechanggen@xj.sgcc.com.cn