

500kV 输电线路新型防舞金具试验

甘凤林¹,熊向芝¹,胡海鹏²,王祺¹

1. 东北电力大学建筑工程学院,吉林吉林 132012
2. 吉林省电力有限公司检修公司,长春 130022

摘要 减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒作为一种新型防舞金具,通过弹簧、橡胶和重球系统吸收导线振动时的能量达到防舞的目的。运用导线疲劳振动试验系统,对安装普通和减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒的两相六分裂导线进行模拟舞动试验。稳定时对比子导线垂直和水平方向的位移。结果表明,相同条件下安装减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒时导线垂直和水平方向的位移都小。由此验证,减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒具有较好的防舞效果,是一种非常实用的防舞金具。

关键词 减振防舞;相间间隔棒;舞动试验

中图分类号 TM723

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.31.009

Experimental Study of the New Anti-dance Fittings for 500kV Transmission Line

GAN Fenglin¹, XIONG Xiangzhi¹, HU Haipeng², WANG Qi¹

1. School of Architecture Engineering, Northeast Dianli University, Jilin 132012, Jilin Province, China
2. Maintenance Company, Jilin Electric Power Company Limited, Changchun 130022, China

Abstract A new kind of anti-dance fittings is composed of vibration-reducing and anti-dance damping spring interphase spacers to absorb the vibration energy of the wire through a spring, rubber and heavy ball system. The wire fatigue vibration test system platform is used to conduct the galloping tests of two phase six bundled wires installed with the ordinary interphase spacer and the vibration-reducing and anti-dance damping spring interphase spacer. The wire's vertical and horizontal displacements are measured against time after the movement becomes stable. It is concluded that the displacement of the wire is smaller when it is installed with the vibration-reducing and anti-dance damping spring interphase spacer under the same conditions and that the vibration-reducing and anti-dance damping spring interphase spacer has a better anti-dance performance and is a very practical anti-dance hardware, which can be applied in the transmission line.

Keywords vibration-reducing and anti-dance; interphase spacer; dancing trial

0 引言

紧凑型线路具有减小线路走廊占地和提高自然输送功率等优点^[1,2],但一个突出的矛盾是紧凑型输电线路在导线发生舞动的情况下更易造成相间距离不足、引起邻相导线碰线以及相间空气绝缘击穿,严重影响输电线路的安全运行^[3-6]。因此,采取适当的防舞措施非常有意义。目前国内通过在输电线路安装各种防舞装置(如相间间隔棒、扰流线、失谐摆、压重装置等)已经有了一定的防舞效果^[7,8],但都未达到线路工作人员要求的理想效果。

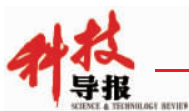
胡德山等^[9]以 O.Nigol 扭转理论和 DenHartog 垂直理论为

基础,验证了阻尼失谐摆的防舞效果良好。楼文娟等^[10]利用计算流体动力学的方法,验证了扰流防舞器和悬挂式阻尼片抑制导线舞动的效果较好。赵高煜等^[11]运用新型三维有限元模型,证实了失谐摆运用在分裂导线上的防舞性能优越。胡景^[12]运用数值模拟的方法,研究了新型防舞器的防舞机理,结果表明只有防舞器的安装位置和参数设计合理,其防舞效果才能更好。本文提出一种新型防舞金具——减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒^[13],该相间间隔棒既能保证导线的相间距离,也能通过弹簧、橡胶和重球系统吸收导线振动时的能量,达到较好的防舞效果。本文主要运用导线疲劳振动试验系统模拟两

收稿日期:2013-07-22;修回日期:2013-08-30

基金项目:东北电网有限公司资助项目(20120018)

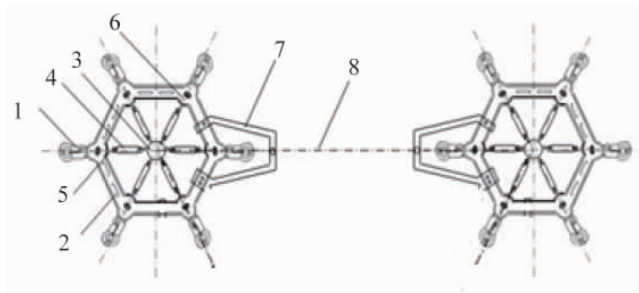
作者简介:甘凤林,教授,研究方向为输电线路工程,电子邮箱:gfkw@163.com



相导线的实际运行状态,对减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒的防舞效果进行试验研究,并分析其防舞性能。

1 减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒简介

如图 1 所示,减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒由 12 个线夹、2 个双框架、2 个重球、12 个阻尼弹簧、12 个 V 型环、12 个自锁螺栓、3 个连接架、一串复合绝缘子组成。在子导线间隔棒内部中心为重球,6 个阻尼弹簧一端与重球连接,另一端与双框架连接,复合绝缘子通过连接架与 2 个子导线间隔棒连接在一起。



1—线夹;2—双框架;3—重球;4—阻尼弹簧;5—V 型环;
6—自锁螺栓;7—连接架;8—复合绝缘子

图 1 减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of vibration-reducing and anti-dance damping spring interphase spacer structure

弹簧的力学性能稳定且对于冲击载荷有非常好的缓冲性能,橡胶对导线的振动有非常好的阻尼作用,且橡胶有很大的线性柔韧性,几乎可被拉伸到破裂而不失去其弹性,能承受交变应力而不易出现疲劳。导线的力学参数(转动惯量和扭转刚度等)也会因为重球的存在而有所改变。总之,减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒利用了弹簧、橡胶和重球系统吸收导线振动时的能量来达到防舞的目的。

2 试验布置与方法

2.1 试验布置

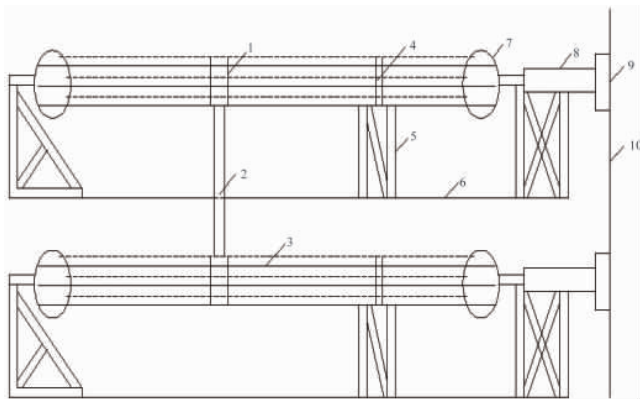
根据 500kV 紧凑型输电线路的布置,试验选取的研究对象为两相六分裂导线,两相导线水平布置,导线长度为 43m,六分裂导线中心离地面距离为 1.45m,两相导线之间的距离为 6.7m,六分裂导线同心圆的半径是 375mm^[4]。导线的参数见表 1。

表 1 导线的参数

Table 1 Parameters of the wire

型号	LGJ400/35
截面面积/mm ²	425.24
外径/mm	26.82
计算拉断力/N	103900
每千米质量/kg	1349
弹性模量/Pa	6.5×10 ¹⁰
初始状态水平拉力/N	80000

导线两端的液压线夹采用固接的形式连接在可悬挂六分裂导线的圆盘上,圆盘连接在液压作动器上,采用液压式伺服加载系统(美特斯工业系统公司,MTS)可实现对导线初始张力的施加,垂直方向支撑液压作动器的支架直接固定在试验大厅的剪力地面上,支架上面设计了滑道,可供作动器给导线施加初始张力来回活动时使用,水平方向支撑液压作动器的支架通过连接底座固定在剪力墙面上,在离作动器 9m 和 26m 处分别安装激振器和相间间隔棒,其他布置方式与实际线路相同,试验现场的整体布置如图 2 所示。



1—子导线间隔棒;2—复合绝缘子;3—六分裂导线;4—激振头;
5—激振器;6—地面;7—六分裂导线圆盘;8—作动器;
9—连接底座;10—剪力墙

图 2 试验整体布置示意

Fig. 2 Schematic layout of the test

2.2 试验方法

运用导线及金具多功能试验系统,通过调节频率和振幅来实现控制激振器产生不同形式的振动。本试验主要运用激振器以及振动臂控制六分裂导线激振头的扭转运动来实现模拟导线舞动的试验。数据的获得是通过 INV3060S 网络分布式采集分析仪对电压信号进行采集,其频率误差<0.01%,幅值误差<1%,说明数据的可信度非常高,运用 DASP V10 示波和采样系统对数据进行处理。

其中,导线水平方向响应时程用速度传感器测量,灵敏度为 2000mv/ms²,垂直方向响应时程用加速度传感器测量,灵敏度为 117.1mv/ms²,由于导线舞动的结果通常用位移表示,本文根据加速度传感器和速度传感器得到的信号,运用 DASP V10 示波和采样系统内部的程序分别对其进行二次积分和一次积分得到导线舞动的位移响应时程。

根据汽车减振弹簧刚度的数量级^[4]以及可买到的弹簧和重球的种类,选取的弹簧刚度和重球质量分别为 1.96kN/m 和 2.147kg。

3 结果及分析

由于导线舞动是低频率、大振幅的自激振动^{[15][6]},可以通过观察导线舞动垂直和水平方向的位移来判断其对输电线路的危害程度,继而判断相间间隔棒的防舞效果。

根据实际经验,选取激振器的频率 1Hz,激振器振幅 3mm,运用导线疲劳振动试验系统模拟导线的实际运行状态,对安装普通相间间隔棒和安装减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒的两相六分裂导线进行模拟舞动试验。利用 DASP V10 示波和采

样系统对数据进行采样,采样频率为 1024Hz,采样时间为 50s,得到的安装普通相间间隔棒和安装减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒时子导线垂直和水平方向的位移时程曲线分别如图 3、图 4 所示。

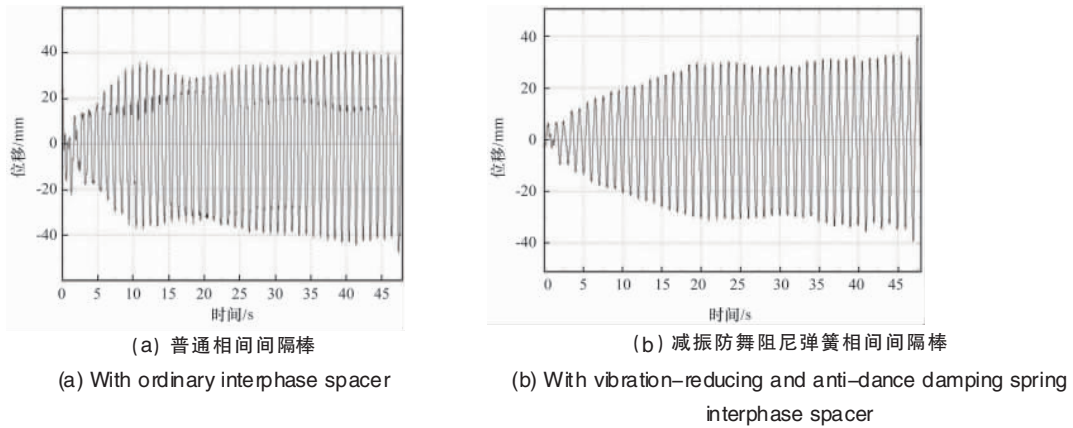


图 3 子导线垂直方向的位移时程曲线
Fig. 3 Vertical displacement time curve of the subwire

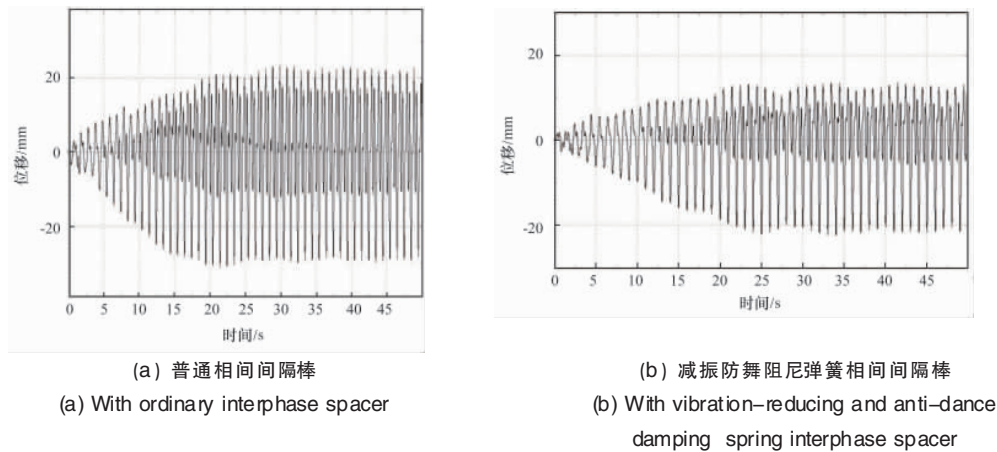


图 4 子导线水平方向的位移时程曲线
Fig. 4 Horizontal displacement time curve of the subwire

由图 3 和图 4 可看出,导线舞动是逐渐形成的,起初导线在平衡位置做小幅度振动,随着能量的输入,导线的位移逐渐增加,但由于系统的非线性,位移不会一直增加,最终会稳定在某一范围内。

由两种情况子导线垂直方向和水平方向的位移时程曲线,得到子导线的位移如表 2 所示。

由表 2 可以得到,50s 时安装普通相间间隔棒时,导线垂直方向的位移为 80mm,水平方向的位移为 45mm,安装减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒时,导线垂直方向的位移为 65mm,水平方向的位移为 35mm,相比安装普通相间间隔棒的情况分别减少了 18.75%和 22.22%,即安装减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒时,无论是导线垂直方向的位移还是水平方向的位移相比安装普通相间间隔棒时都有所减小,证实了减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒具有较好的防舞效果,是一种非常实用的防舞金具。

表 2 子导线的位移
Table 2 Displacement of subwire

时间/s		位移/mm	
		普通相间间隔棒	减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒
10	垂直方向	70	40
	水平方向	30	20
20	垂直方向	68	60
	水平方向	42	30
30	垂直方向	75	60
	水平方向	45	35
40	垂直方向	78	62
	水平方向	45	35
50	垂直方向	80	65
	水平方向	45	35

4 结论

通过试验着重研究了减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒的防舞效果,稳定时对比安装普通和减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒时子导线垂直和水平方向的位移,相同条件下后者子导线垂直和水平方向位移都有所减小,验证了此新型减振防舞阻尼弹簧相间间隔棒的防舞效果较好,为其应用于输电线路提供了试验支撑。

参考文献 (References)

- [1] 中华人民共和国国家电网公司. Q/GDW 110—2003 500kV 紧凑型架空送电线路设计技术规定[S]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
State Grid Corporation of China. Q/GDW 110—2003 Technical code for design of 500kV compact overhead transmission line [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.
- [2] 扈从凤. 220kV 紧凑型输电线路的设计经验及对 500kV 紧凑型线路的探讨[J]. 电网技术, 1994, 18(4): 5—8.
Hu Congfeng. Grid, 1994, 18(4): 5—8.
- [3] 周磊, 郑建钢. 500kV 紧凑型线路覆冰舞动及非同期摇摆的防治措施[J]. 华中电力, 2012(1): 33—36.
Zhou Lei, Zheng Jiangang. Central China Power, 2012(1): 33—36.
- [4] 于幼文, 赵丞华. 500kV 输电线路紧凑化技术的研究与实施[J]. 中国电力, 1997, 30(10): 40—43.
Yu Youwen, Zhao Chenghua. Electric Power, 1997, 30(10): 40—43.
- [5] 陈正华. 输电线路导线舞动及其防治对策的综合述[J]. 内蒙古石油化工, 2007, 33(4): 36—37.
Chen Zhenghua. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2007, 33(4): 36—37.
- [6] 张宇, 杨坚. 江西电网 2008 年初输电线路舞动情况分析[J]. 江西电力, 2008, 32(2): 14—16.
Zhang Yu, Yang Jian. Jiangxi Electric Power, 2008, 32(2): 14—16.
- [7] 王少华, 蒋兴良, 孙才新. 输电线路导线舞动的国内外研究现状[J]. 高电压技术, 2005, 31(10): 11—14.
Wang Shaohua, Jiang Xingliang, Sun Caixin, High Voltage Engineering, 2005, 31(10): 11—14.
- [8] 朱宽军, 刘彬, 刘超群, 等. 特高压输电线路防舞动研究[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(34): 12—20.
Zhu Kuanjun, Liu Bin, Liu Chaoqun, et al. Chinese Journal of Power Engineering, 2008, 28(34): 12—20.
- [9] 胡德山, 苑舜, 陶文秋. 阻尼失谐摆防舞器的研究 [J]. 东北电力技术, 2009(3): 13—15.
Hu Deshan, Yuan Shun, Tao Wenqiu. Northeast Electric Power Technology, 2009(3): 13—15.
- [10] 楼文娟, 孙珍茂, 吕翼. 扰流防舞器与气动力阻尼片的防舞效果[J]. 电网技术, 2010, 34(2): 200—204.
Lou Wenjuan, Sun Zhenmao, Lü Yi. Grid, 2010, 34(2): 200—204.
- [11] 赵高煜, 何程. 安装失谐摆的大跨越分裂导线自由振动计算[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(2): 63—66.
Zhao Gaoyu, He Zeng. Chinese Journal of Power Engineering, 2003, 23(2): 63—66.
- [12] 胡景. 覆冰四分导线舞动与新型防舞器的数值模拟研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2011.
Hu Jing. Numerical simulation study on galloping of iced quad-bundle conductors and the new anti-galloping devices[D] Chongqing: Chongqing University, 2011.
- [13] 甘凤林, 孔伟. 减振防舞阻尼弹簧间隔棒: 中国, CN102227072[P]. 2011—10—26.
Gan Fenglin, Kong Wei. Vibration reduction and dance damping spring spacer: China, CN102227072A[P]. 2011—10—26.
- [14] 陈永祁, 耿瑞琦, 马良喆. 桥梁用液体黏滞阻尼器的减振设计和类型选择[J]. 土木工程学报, 2007, 40(7): 56—61.
Chen Yongqi, Geng Ruiqi, Ma Liangzhe. Journal of Civil Engineering, 2007, 40(7): 56—61.
- [15] 郭应龙, 李国兴. 输电线路舞动[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
Guo Yinglong, Li Guoxing. Galloping of transmission lines[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [16] 蒋兴良, 易辉. 输电线路覆冰及防护[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
Jiang Xingliang, Yi Hui. Transmission line icing and protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002. (责任编辑 吴晓丽)

· 学术动态 ·



中国科协第 34 期“科学家与媒体面对面”着力“拨开伪科学的外衣”

2013 年 10 月 24 日,主题为“拨开伪科学的外衣”的中国科协第 34 期“科学家与媒体面对面”活动在北京举办。北京天文馆馆长朱进,中国工程院院士、中药药理学专家李连达,《科幻世界》副总编、《星云》杂志创始人姚海军,南开大学心理学教授、博士生导师乐国安依次阐述“星座理论真是科学的吗”、“人体养生的科学与伪科学”、“科幻、玄幻小说的伪科学谬误”、“伪科学传播的心理学基础”等论题,并与中国科协网、中国人民广播电台、科学网、《中国科学报》、《科学新闻》等媒体互动。

中国科协网在线直播见 <http://210.14.113.38:9080/asop/login.asop?titleId=369>。