

· 电网技术 ·

500 kV 线路用抗舞间隔棒的研制与性能测试

赵书杰¹, 吕中宾¹, 杨晓辉¹, 贾迪², 张希希³, 刘泽辉¹

(1. 国网输电线路舞动防治技术实验室(国网河南省电力公司电力科学研究院),
河南 郑州 450052; 2. 中国能源建设集团南京线路器材有限公司, 江苏 南京 211514;
3. 润电能源科学技术有限公司, 河南 郑州 450052)

摘要:针对线路舞动造成间隔棒受损问题,依托河南尖山真型舞动试验线路,对舞动状态下间隔棒的动态承载特性进行测试分析,并结合试验线路间隔棒的舞动受损特征统计及原因分析,寻找间隔棒舞动承载薄弱部位。在此基础上,从间隔棒的一般技术要求和舞动区的特殊要求出发,通过蝶形阻尼关节橡胶垫限位连接、扣合式双框板设计及铝合金材料选型等优化,研制开发了舞动区 500 kV 线路用新型抗舞间隔棒。极限承载试验表明,相比传统的双框板间隔棒,新型抗舞间隔棒顺线握力提升 28%,拉压载荷提升 114%,向心力载荷提升 44%以上,整体承载强度提升 24%,机械性能大幅度提升,现已在河南省 500 kV 输电线路中得到应用。

关键词:舞动;受损;橡胶垫限位连接;抗舞间隔棒;性能测试

中图分类号: TM752

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2018)04-0045-06

0 引言

舞动^[1-3]是冬季影响输电线路安全运行的主要因素,舞动除引起线路电气跳闸外,还可能造成线路金具受损或塔线结构破坏等难以直接恢复的事故。分裂导线间隔棒是架空输电线路必不可少的防护金具^[4-6],作用是在正常运行情况下保持分裂导线的几何形状,限制子导线之间的相对运动。由于长期挂网使用和振动疲劳,尤其在舞动多发地区,间隔棒可能出现框板扭曲变形、阻尼关节失效、螺栓松脱、连接处磨损甚至撕裂等问题,造成防舞装置连接失效,间隔棒附近导线磨损、断股甚至断线,给线路安全运行带来极大隐患。

众多电力工作者针对输电线路间隔棒出现的故障进行研究并提出了对应的改进措施。胡建平^[7]分析了间隔棒的常见故障,利用有限元法对间隔棒在线路正常运行、短路、不均匀覆冰 3 种工况下的受力状态、应力分布等力学性能进行仿真,通过模态分析计算间隔棒振动时的固有频率,指出间隔棒线夹是易发生故障的部位,风致振动和应力集中产生的疲劳是引起间隔棒机械破坏的最主要因素,但没有提出具体改进措施。程学启^[8]分析了相间间隔棒串型结构特点,对容易发生破坏的子导线间隔棒进行优化设计,研制了新型子导线间隔棒,但其机械性能仅通过了型式试验相关要求测试。

输电线路的抗舞措施通过提高线路的电气和机械强度来消除或减轻舞动造成的危害,提高线路

塔线体系抵抗舞动的能力。提高舞动多发区线路用金具的机械强度,提升金具挂网运行的安全系数,确保金具在舞动过程中不发生损坏,是输电线路塔线体系抗舞措施提升的重要组成部分。国网公司重点实验室“输电线路舞动防治技术实验室”以舞动防治为研究主题,实验室拥有的真型舞动试验线路具有 10 基杆塔,全程 3.715 km,经过多年研究改进,线路已具备全年 1/3 时间起舞的试验能力。本文针对舞动区间隔棒受损问题,依托真型舞动试验线路,在舞动区间隔棒受损特征统计及原因分析的基础上,研制开发了一种适用于舞动区使用的新型抗舞间隔棒,并进行了极限承载试验,对新研发间隔棒的整体机械性能进行评估。

1 舞动条件下间隔棒载荷分析

导线舞动^[9-12]主要包括垂直导线平面的横向驰振运动和以分裂导线轴向为中心的扭转运动,导线舞动轨迹近似类椭圆形状。风作用在导线上的升力 F_L ,阻力 F_D 和扭矩 M 按式(1—3)计算:

$$F_L = \frac{1}{2} \rho v d C_L(\alpha) \quad (1)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \rho v d C_D(\alpha) \quad (2)$$

$$M = \frac{1}{2} \rho v d^2 C_M(\alpha) \quad (3)$$

式中: ρ , v , d 分别是空气密度、风速和导线直径; $C_L(\alpha)$, $C_D(\alpha)$, $C_M(\alpha)$ 分别是导线的升力系数、阻力系数和扭转系数,与风攻角 α 有关。

作用在间隔棒上的风压载荷^[13]：

$$W_s = W_0 \mu A_s \quad (4)$$

式中： W_0 是基准风压标准值， $W_0 = U^2/1600$ ； μ 是风压高度变化系数； A_s 是间隔棒的受风面积。

间隔棒随分裂导线舞动过程中主要运动形式及其载荷包括两大类，下面分别进行分析。

(1) 伴随分裂导线整体舞动的间隔棒运动。这种运动形式下，间隔棒与分裂导线整体的运动过程基本保持一致。由于间隔棒为导线的约束边界，舞动过程中视导线为运动主体、间隔棒为被动受力对象，在随分裂导线整体运动过程中，间隔棒除了在气动特征参数升力 F_L 和阻力 F_D 的周期作用下进行驰振运动外，整体受指向类椭圆中心的向心力作用，绕中心进行周期性扭转运动。此外，在整体驰振运动中，间隔棒还受到自身重力 G 和表面风压载荷 W_s 的作用。

(2) 子导线运动差异引起的间隔棒运动。间隔棒与分裂导线运动的差异性，主要由子导线与分裂导线整体舞动之间的运动差异造成。表现在：子导线与间隔棒扭转运动差异导致线夹绕连接处扭转运动产生扭力；横向驰振运动的差异产生径向力；不同子导线运动差异造成沿框板方向上的拉压力及垂直框板方向上的轴向力。舞动条件下间隔棒各个方向上的受力如图 1。

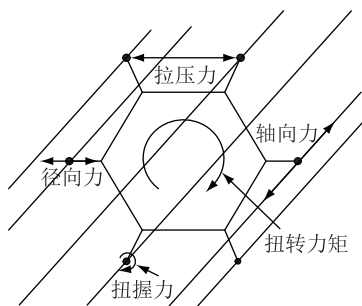


图 1 舞动条件下间隔棒的受力情况

Fig.1 The stress condition of the spacer under conductor galloping

此外，作为相间间隔棒、双摆防舞器等装置与导线发生作用的载体，间隔棒还受到相间间隔棒轴向拉压载荷、双摆防舞器的压重载荷等作用。

2 间隔棒受损统计及原因分析

2.1 受损统计

现场间隔棒舞动受损主要形式有：(1) 阻尼关节限位凸台失效，甚至线夹脱落；(2) 与防舞装置连接的框板扭曲变形，甚至撕裂，见图 2；(3) 紧固件螺栓松脱，R 销脱落等。

真型舞动试验基地在 2014 年试验线路运维中



图 2 某 500 kV 线路与防舞装置相连的间隔棒框板撕裂

Fig.2 The damage located at the spacer's frame connected with anti-galloping device in 500 kV transmission line

发现间隔棒损坏 53 支，情形如图 3。间隔棒的损坏情况不尽相同，某些间隔棒仅线夹（或框板、阻尼关节）出现受损，而某些间隔棒的线夹和阻尼关节都出现受损。



(a) 框板受损

(b) 转动关节撕裂

图 3 尖山真型试验线路间隔棒损坏照片

Fig.3 Pictures of damaged spacers on full-scale test line

图 4 为间隔棒的受损部位统计结果：线夹受损、框板受损、阻尼关节失效的间隔棒分别有 28 支，11 支和 31 支，分别占受损总数的 52.8%，20.8% 和 58.5%。间隔棒的受损主要集中在 线夹、阻尼关节处，框板受损主要形式是与相间间隔棒连接处的连接孔在导线舞动过程中撕裂。

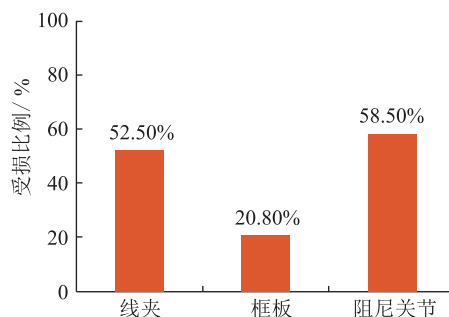


图 4 受损部位统计

Fig.4 Damage location statistics of spacers

2.2 原因分析

2.2.1 线路工况恶劣

线路舞动常发生于冬季，当发生不均匀覆冰时

或大风天气下,导线发生大幅度、长时间的舞动。导线舞动能量大、舞动时周期性动态载荷、防舞装置在导线舞动中的载荷影响是造成舞动区线路间隔棒较一般线路受损严重的直接原因。

2.2.2 未针对舞动工况进行差异化配置

研究表明,对于恶劣运行环境下的间隔棒,应进行结构优化和机械强度匹配,以适应覆冰舞动、大风等严酷工况^[14]。目前线路用间隔棒大多依据电力行业标准 DL/T 1098—2009^[15]进行选型、设计及入网型式试验,没有针对舞动区线路的特殊要求进行差异化选型配置,这是造成舞动区间隔棒受损的主要原因。如:DL/T 1098—2009 标准中要求扭转振动情况下间隔棒线夹扭转角度不超过 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$,而实际运行中线夹的扭转可达到 25° 。在这种情况下,间隔棒线夹尾部强烈撞击限位凸台,造成限位结构失效。

2.2.3 金具疲劳损坏

在舞动、次档距振荡较为频繁的地区,间隔棒承受较为严重的振动疲劳载荷,在长期运行条件下,易造成间隔棒螺栓松动^[6]、防舞装置连接件磨损、阻尼关节橡胶垫损坏。

3 新型抗舞间隔棒的研发

本文根据间隔棒舞动承载特点及其受损特征,对间隔棒进行结构优化和材料优选,研发了适用于舞动区的新型抗舞间隔棒。

3.1 结构优化

3.1.1 阻尼关节

间隔棒的阻尼关节位于线夹与框架的连接处,起到一定的阻尼作用,同时承担瞬时向心力和长期振动疲劳。传统间隔棒通过关节橡胶垫的阻尼缓冲作用使线夹可在导线轴向扭转力作用下沿切线方向转动一定角度,并大多在框板上设置凸台或者腰孔结构起限位作用。

舞动造成间隔棒连接部位磨损,主要原因是间隔棒线夹在扭力作用下可能发生大角度的扭转偏移,在扭转角大于设计的限位角时,线夹尾部会剧烈磨损限位凸台,造成限位结构失效。

由于输电线路在不同覆冰程度和舞动强度下可能产生的扭转偏移角不同,故取消间隔棒限位凸台设计,通过在线夹与框板连接处设置蝶形阻尼关节橡胶垫使得间隔棒获得较大的扭转活动裕度,如图 5。将传统间隔棒的凸台限位硬连接结构改进为橡胶垫限位软连接结构,实现了连接形式的弹性缓冲和阻尼限位作用,避免了在较大扭转力矩作用下

线夹尾部与框板刚性接触,提高了间隔棒抗扭转载荷能力。

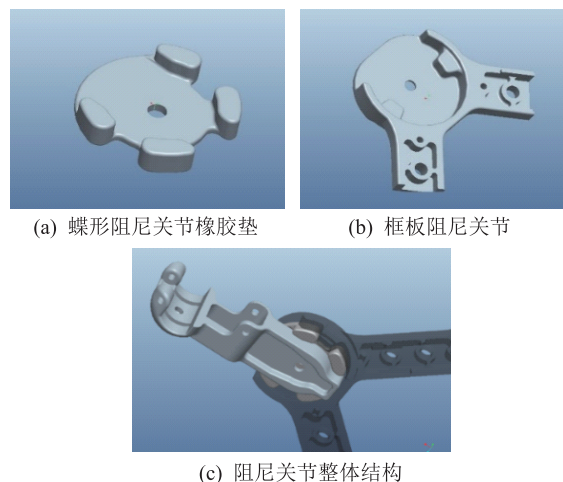


图 5 阻尼关节

Fig.5 Damping joint

3.1.2 框板

框板是间隔棒发挥支撑作用和保持分裂导线间隔的核心部件,其上分布的预留孔保证了相间间隔棒、双摆防舞器等装置与间隔棒相连。

作为防舞装置与分裂导线相连接的载体,间隔棒承受的机械载荷较为集中,框板成为与防舞装置连接组合的最大薄弱点。传统间隔棒的板制结构已无法满足舞动区机械载荷的要求,通过采用扣合式双框板结构,框架每条边的两侧设计有配对的凸台及凹槽结构,起到加强作用。两框板安装扣合后形成类似管状的结构,受力更加均衡,防止导线大幅舞动引起框板扭曲变形或与防舞装置连接框板的撕裂现象。

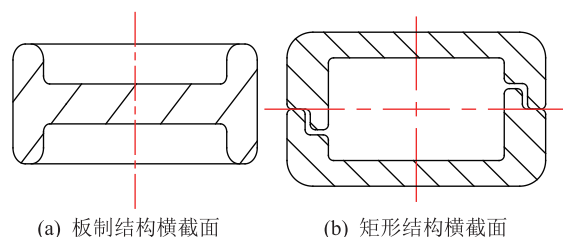


图 6 框架结构横截面

Fig.6 The cross-section of the frame

3.1.3 线夹

线夹用于握紧子导线,是间隔棒附着在分裂导线上的基础。线夹应对导线施加长期可靠的握紧力且不损伤导线。为防止线夹握力松弛,夹头橡胶垫采用厚度为 12 mm 的厚型胶垫,并采用铰链式结构。

分裂子导线与间隔棒扭转运动的差异,导致子导线对线夹施加一定大小的法向剪切力,使承载线

夹绕阻尼关节作扭转运动;子导线间运动差异性越大,承载线夹作扭转运动时对阻尼关节的冲击越剧烈,阻尼关节的磨损越严重。为降低线夹作扭转运动时对阻尼关节的冲击,对框板与线夹尺寸比例进行优化^[16]。通过增加间隔棒框板尺寸、缩短线夹长度的方式,减小线夹扭转冲击力的力臂长度,均衡间隔棒所受扭转载荷。表1是分裂间距为450 mm的四分裂间隔棒优化前后线夹与框板尺寸,优化后的线夹/框板比例为0.592,抵抗扭转载荷的能力可提升6.2%。

表1 优化前后尺寸比较

Tab.1 Comparison of the spacer's size before and after optimization

间隔棒类型	线夹/mm	框板/mm	线夹/框板比例
普通(优化前)	150	237.8	0.631
抗舞(优化后)	145	245	0.592

3.2 材料选型

传统间隔棒框架本体和线夹大多采用ZL102铝合金材料,橡胶垫采用高强度耐候性的三元乙丙橡胶。对于舞动多发区线路,可以适当提升相关结构的材质,进一步提高间隔棒的机械强度。

国内常用铸造铝合金材质有ZL101、ZL102、ZL104等。通过工程材料成本及铝合金材质的机械性能比较,抗舞间隔棒线夹和框架选用ZL104材质并进行T1处理。ZL104材质强度高于ZL101、ZL102等合金,铸造性能好,无热裂倾向,气密性高,线收缩小,同时耐蚀性好。

表2 ZL102和ZL104材料性能比较

Tab.2 Comparison of material properties for ZL102 and ZL104

合金代号	合金状态	材料性能(不低于)		
		抗拉强度 σ_b /MPa	延伸率 δ_5 /%	布氏硬度/HB
ZL102	F	143	4	50
ZL104	T1	192	1.5	70

3.3 新型抗舞间隔棒

通过以上结构优化和材质选型,研制出适用于舞动区500 kV线路的新型抗舞间隔棒,四分裂形式间隔棒实物照片如图7所示,适用于分裂间距为450 mm,导线标称截面为400/20、400/25、400/35的四分裂导线。

4 试验测试

按照电力行业标准DL/T 1098—2009的试验方法,通过间隔棒的顺线握力、垂直拉压力、向心力和框板承载能力等极限承载破坏试验,对传统间隔棒

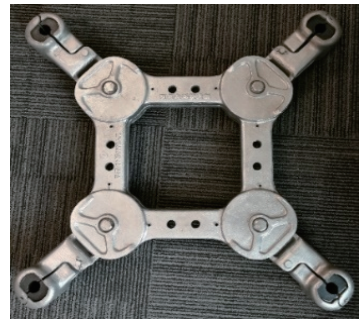


图7 新型抗舞间隔棒实物照片

Fig.7 Real photo of the new type anti-galloping spacer (简称传统型)和新型抗舞间隔棒(简称抗舞型)进行机械性能测试比较,如图8所示。

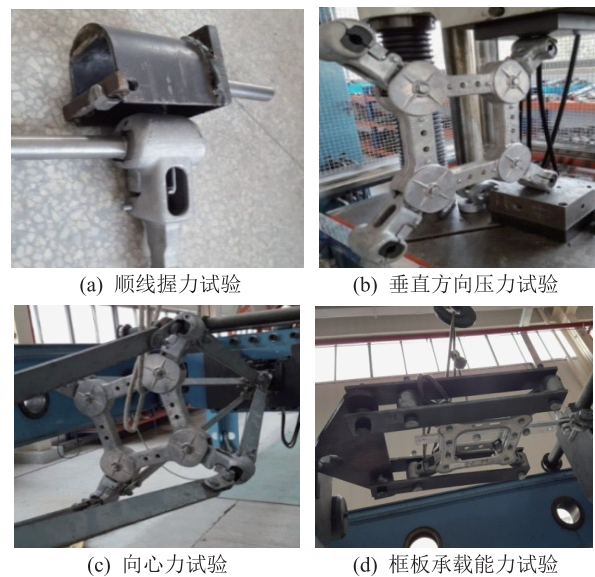


图8 极限承载破坏试验

Fig.8 Ultimate bearing test for spacers

图8(a)是线夹顺线握力试验。间隔棒线夹夹持D22导线,在标准规定的2.5 kN顺线握力下,传统型和抗舞型线夹相对导线均未发生滑移。当继续增大拉力时,传统型间隔棒分别在10 kN, 10 kN, 12 kN时,橡胶垫滑移超过2.5 mm;抗舞型间隔棒分别在12 kN, 14 kN, 15 kN时,橡胶垫滑移超过2.5 mm。试验表明,抗舞型间隔棒夹头橡胶垫采用厚度为12 mm的厚型胶垫,相比传统型间隔棒采用的常规厚度夹头橡胶垫,线夹顺线握力提升28%。线夹顺线握力的提升,可有效防止间隔棒在随分裂导线大幅舞动过程中出现的线夹位置滑移。

图8(b)是线夹垂直方向压力试验。在标准规定的6 kN垂直压力载荷下,传统型和抗舞型间隔棒未发生损坏。当继续增大压力时,传统型和抗舞型间隔棒破坏情况如表3和图9所示:传统型间隔棒分别在6 kN, 8 kN垂直压力载荷时,线夹尾部、框架

凸台发生断裂;而抗舞型间隔棒分别在 15 kN, 15 kN 垂直压力载荷时,线夹中部,框架转角发生破坏。试验表明,抗舞型间隔棒抗垂直拉压载荷提升 114%,橡胶垫限位软连接结构避免了限位凸台和线夹尾部的刚性接触,同时框架和线夹采用 ZL104 材质,提高了间隔棒抗扭转载荷的能力。

表 3 垂直方向压力试验结果

Tab.3 Result of pressure test in vertical direction			
序号	间隔棒类型	破坏载荷/kN	破坏情况
试验 1	传统型	6	线夹尾部断裂,图 9(a)
试验 2		8	框架凸台断裂,图 9(b)
试验 3	抗舞型	15	线夹中部破坏,图 9(c)
试验 4		15	框架转角破坏,图 9(d)

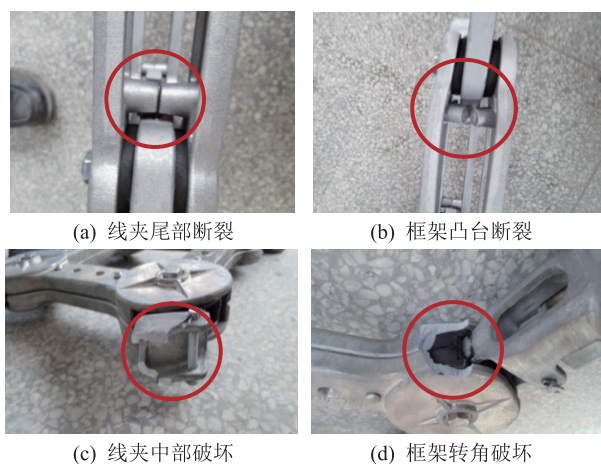


图 9 垂直压力试验结果

Fig.9 Result of pressure test in vertical direction

图 8(c)是向心力试验。在标准规定的 12.9 kN 向心力载荷(折算到拉力 $F=108$ kN)下,传统型和抗舞型间隔棒均未发生损坏。当继续增大拉力时,传统型间隔棒分别在 172.8 kN, 174.4 kN 拉力载荷下,框架凸台破坏;而抗舞型间隔棒在 251.8 kN, 251.6 kN 拉力载荷下未破坏,受试验夹具条件限制,无法继续施加载荷。试验表明,抗舞型间隔棒向心力载荷提升 44%以上,向心力载荷提升使间隔棒抵抗子导线间鞭击的能力得到提高。

图 8(d)是整体承载强度试验。试验方法是:固定间隔棒的线夹,对连接框板的连接板施加反方向作用力,逐渐加载,直至间隔棒损坏。在作用力不断加载的过程中,传统型间隔棒分别在载荷 29 kN, 28.6 kN 时,线夹损坏;抗舞型间隔棒在载荷 35.4 kN, 36.2 kN 时,线夹损坏。试验表明,抗舞型间隔棒相比传统型整体承载强度提升 24%,整体承载强度的提升使间隔棒在导线舞动过程中耐受机械载荷的性能提升,结构可靠性提高。

5 结语

间隔棒受损特征统计表明,间隔棒受损严重部位集中在线夹与框板连接处,没有针对舞动区线路特点进行间隔棒的差异化选型设计是造成舞动区间隔棒受损的主要原因。本文通过蝶形阻尼橡胶垫限位连接、扣合式双框板设计及线夹与框板比例优化等结构优化,并选用高强度 ZL104 铝合金材料,研发了一种适合在舞动区使用的新型抗舞间隔棒。试验表明,相比传统型间隔棒,新型抗舞间隔棒在顺线握力、抗扭转力、向心力以及框板整体承载强度几方面得到大幅度提升。

新型抗舞间隔棒适用于舞动区线路,目前已经在河南省舞动较为严重的 7 条 500 kV 输电线路得到应用。800 余套新型抗舞间隔棒自 2016 年挂网应用以来没有出现受损及导线磨损问题,有力保障了输电线路安全运行。

参考文献:

- [1] 郭应龙,李国兴,尤传永. 输电线路舞动[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
GUO Yinglong, LI Guoxing, YOU Chuanyong. Overhead transmission line galloping [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [2] 朱宽军,尤传永,赵渊如,等. 输电线路舞动的研究与治理[J]. 电力建设,2004,12(4):18-21.
ZHU Kuanjun, YOU Chuanyong, ZHAO Yuanru, et al. Study and control on galloping of transmission lines [J]. Electric Power Construction, 2004,12(4):18-21.
- [3] 王少华. 架空输电线路导线舞动及防治技术分析[J]. 高压电器, 2010, 46(12): 63-67.
WANG Shaohua. Analysis of conductor galloping phenomena on overhead transmission lines and anti-galloping techniques [J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(12): 63-67.
- [4] 董吉鄂. 金具设计手册 [M]. 2 版. 北京:中国电力出版社,2001.
DONG Ji'e. Hardware design manual [M]. 2nd ed. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [5] 程应镗. 送电线路金具的设计、安装、试验和应用 [M]. 北京:水利电力出版社,1998.
CHENG Yingtang. The design, installation, test and application of the power supply line fittings [M]. Beijing: China Water & Power Press, 1998.
- [6] 易 辉. 我国 500 kV 线路四分裂间隔棒运行情况[J]. 高压技术, 2001, 27(2): 78,81.
YI Hui. The operation status of four spacer bundle of 500 kV transmission line in China [J]. High Voltage Engineering, 2001, 27(2): 78,81.
- [7] 胡建平,高虹亮. 基于有限元法分析间隔棒力学性能[J]. 电力建设,2009,30(12):32-34,37.

- HU Jianping, GAO Hongliang. Analysis on spacer mechanical properties based on finite element method[J]. Electric Power Construction, 2009, 30(12):32-34,37.
- [8] 程学启, 郎需军, 姚元玺, 等. 山东电网 500 kV 输电线路舞动治理新型子导线间隔棒的设计及应用[J]. 山东电力技术, 2011(2):1-4.
- CHENG Xueqi, LANG Xujun, YAO Yuanxi, et al. The design and application of a new type of sub-conductor spacer in galloping treatment of 500 kV transmission lines in Shandong power grid[J]. Shandong Electric Technology, 2011(2):1-4.
- [9] 邵颖彪, 杨威, 吕中宾, 等. 基于单目视觉分析方法的输电线路舞动测量[J]. 中国电力, 2016, 48(2):54-60.
- SHAO Yingbiao, YANG Wei, LYU Zhongbin, et al. Measurement of transmission line galloping based on monocular visual analysis method[J]. China Electric Power, 2016, 48(2):54-60.
- [10] 王少华, 蒋兴良, 孙才新. 覆冰导线舞动特性及其引起的导线动态张力[J]. 电工技术学报, 2010, 25(1):159-166.
- WANG Shaohua, JIANG Xingliang, SUN Caixin. Characteristics of icing conductor galloping and induced dynamic tensile force of the conductor[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(1):159-166.
- [11] 范钦珊, 官飞, 赵坤民, 等. 覆冰导线舞动的机理分析及动态模拟[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1995(2):34-40.
- FAN Qinshan, GUAN Fei, ZHAO Kunming, et al. The mechanism analysis and dynamic simulation of iced conductor galloping[J]. Journal of Tsinghua University (Sci & Tech), 1995(2):34-40.
- [12] BAENZIGER M A, JAMES W D, WOUTERS B, et al. Dynamic loads on transmission line structures due to galloping conductors[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1994, 9(1):40-49.
- [13] 张殿生. 电力工程高压送电线路设计手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- ZHANG Diansheng. Design manual of power engineering high voltage transmission line[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [14] 张兴森, 石顺梅. 500 kV 线路间隔棒损坏事故分析[J]. 广西电力, 2012, 35(5):70-71.
- ZHANG Xingsen, SHI Shunmei. Analysis of spacer damage of 500 kV line[J]. Guangxi Electric Power, 2012, 35(5):70-71.
- [15] 间隔棒技术条件与试验方法:DL/T 1098—2009[S]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- Requirements and tests for overhead line spacers: DL/T 1098—2009[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2009.
- [16] TAKASHI N, MASAO S, ICHIRO O, et al. Development of galloping endurance design for extra large 6-conductor bundle spacers by the experience of the full scale 500 kV test line[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1997, 12(4):1824-1829.

作者简介:



赵书杰

赵书杰(1988—),男,硕士,工程师,从事输电线路舞动试验与防治技术研究工作(E-mail: zsjhndl@126.com);

吕中宾(1974—),男,硕士,教授级高级工程师,从事输电线路舞动试验与防治技术研究工作;

杨晓辉(1982—),女,博士,教授级高级工程师,从事输电线路舞动试验与防治技术研究工作。

Development and Performance Test of Anti-galloping Spacers for 500kV Line

ZHAO Shujie¹, LYU Zhongbin¹, YANG Xiaohui¹, JIA Di², ZHANG Xixi³, LIU Zehui¹

(1.Laboratory of Power Transmission Line Galloping Prevention Technique, State Grid Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China;2.Nanjing Line Accessories Co. Ltd. of China Energy Engineering Group, Nanjing 211514, China;3.Rundian Power Science & Technology Company Ltd., Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Galloping is the main factor affecting the safety operation of transmission lines in winter. Aiming at the serious damage problems caused by conductor galloping, a series of researches were carried out on the full-scale galloping test line in Henan Jianshan, with consideration of damage characteristics and the cause of the damage, to find the bearing weakness parts of the spacers. On the basis of this, this research initially starting from the general technical requirements of the spacers and the special requirements of the galloping area, optimized the connection pad limit of the butterfly damping rubber, the design of double-frame plate and the selection of aluminum alloy materials. A new type of anti-galloping spacer utilized in 500kV transmission lines was developed. The ultimate bearing test of the spacers has showed that, comparing with current double-frame type spacers, the new type spacers grip strength increased by 28%, the pull pressure load increased by 114%, the centripetal load increased over 44% and the overall bearing ability increased by 22%, as such the overall mechanical performance has been greatly improved, and the special spacer is widely used in 500kV lines in Henan, and has a good application effect.

Key words: galloping; damage; damping rubber pad connection; anti-galloping spacers; performance test

(编辑 胡昊明)