

DOI:10.12158/j.2096-3203.2020.04.020

支撑式管母线安装温度对其安全温变范围影响研究

李信¹, 张锐², 洪海程¹, 郭振标¹, 叶青¹, 沈小军²

(1. 广东电网有限责任公司广州供电局, 广东 广州 511400;

2. 同济大学电气工程系, 上海 200092)

摘要:温变应力已成为危害变电站支撑式管母系统结构安全的主要因素之一,基于硬管母绝缘子的结构应力约束,文中研究了硬管母系统安装温度对其运行温变允许范围的影响。基于 ABAQUS 搭建了变电站支撑式管母系统有限元仿真模型,分高温与低温两类情景开展了传统 1/2 安装法的管母系统温变结构应力仿真,建立了温变与应力之间的量化拟合数学模型,针对高温、低温安装均不利于管母运行允许温变结论,给出了考虑安装温度的支撑式管母滑动金具安装位置计算方法及工程应对策略。研究成果可为变电站硬管母系统的工程安装和安全运行提供指导,具有工程应用价值。

关键词:变电站;支撑式管母;建模仿真;安装温度;温变范围

中图分类号:TM203

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2020)04-0143-07

0 引言

变电站支撑式管母一般工作在户外,受环境影响明显^[1-2]。环境温度及负荷电流的变化会导致管母线发生热胀冷缩,并受到滑动金具光洁程度及调节量均的影响。当管母滑动金具调节功能丧失或下降时,管母会对支柱绝缘子产生作用力,使绝缘子结构应力增大,威胁支柱绝缘子的安全性,甚至发生胶合处断裂,威胁电网安全运行^[3-7]。

文献资料检索分析结果表明,诸多学者应用有限元分析法仿真分析了电力设备在不同工况下的应力分布,了解其机械特性,如管母的应力仿真分析^[8-12]、支柱绝缘子的机械特性分析^[13-16]、导线覆冰问题^[17-18]、GIS 套管开裂^[19]等。其中,文献[8]使用 ANSYS 重点分析了管母系统中的支柱绝缘子在风载、初始变形、温度载荷的应力分布情况;文献[9]采用有限元分析模拟 220 kV 支撑式管型母线系统在地震中的破坏机理,建立了管母系统的有限元模型,分析了管母系统的模态与汶川地震波输入下的系统响应,得出了管母系统发生破坏的主要原因;文献[10]研究了 220 kV 支撑式管母系统结构在地震波影响下的系统响应特征,计算了关键部位的主应力,对管母系统安全性作出了评价;文献[11]推导了支撑式管母系统频率和振型的表达式,总结归纳了在地震波影响下的管母系统选型的计算方法,并通过有限元分析的方法验证了理论分析结果的正确性与可信性;文献[12]通过有限元软件对管型母线进行建模分析,计算了管母的固有频

率,分析了轴向预应力、偏心距对管母线的影响,并给出了合适的取值范围。

温变应力已成为危害变电站支撑式管母系统结构安全的主要因素,初步研究发现,支撑式管母系统应对温变的能力与初始安装温度、三维形态参数等因素相关。根据管母线的安装温度及可能出现的运行温度,合理调节滑动金具温变调节裕度,对提高管母线的安全性具有重要意义,逐渐受到了运维现场的重视,但相关研究开展的较少。鉴于此,文中基于 ABAQUS 搭建了支撑式管母系统有限元仿真模型,开展了支撑式管母系统安装温度对其允许温变范围影响的研究。

1 仿真建模

1.1 三维模型建立

支撑式管母系统主要由管型母线、金具、绝缘子以及用于支撑整个系统的钢(或水泥)构架组成,如图 1 所示。

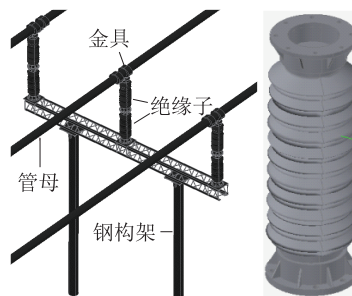


图 1 支撑式管母系统三维建模

Fig.1 Three-dimensional modeling of supported tube mother system

文中采用三维建模软件 AutoCAD 按照实物点

云进行支撑式管母系统的 1:1 建模。根据文献 [4—7] 中的事故分析统计可知,绝缘子为管母系统的薄弱环节,支柱绝缘子应为重点分析对象,故建模中保留伞裙的基本结构;管母线的厚度由生产厂家提供;《电力工程电气设计手册》指出管母线长度与材料确定时,滑动金具调节量正比于温度变化范围,不区分温度升高或温度降低等情况;实际工程安装中一般采用 1/2 法将滑动轴安装在滑槽居中位置,文中滑动轴也置于中间位置。

1.2 仿真方法与仿真参数

ABAQUS 作为功能强大的有限元仿真软件,不仅具有非常强大的非线性计算能力,更具有分析复杂的固体力学结构力学系统,解决复杂工程问题结构力学领域的实际问题的能力。因其优秀的分析能力和可靠的复杂系统模拟能力,在各行各业得到了广泛应用。ABAQUS 包括 2 个求解器模块 ABAQUS/Standard、ABAQUS/Explicit 和 1 个人机交互模块 ABAQUS/CAE。CAE 模块不仅能进行参数化建模,还支持导入各种 CAD 软件中构建的模型。

文中研究基于实景点云在 AutoCAD 中构建了高精度的支撑式管母系统三维实景模型,导入 CAE 模块,其基本材料属性参数如表 1 所示。

表 1 支撑式管母材料属性

Table 1 Supported tube material properties

对象	材料名称	密度/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	杨氏模 量/MPa	泊松比	线膨胀 系数
管母	铝镁合金	27 500	40×10^3	0.317	2.47×10^{-5}
绝缘子	电工陶瓷	2 600	76.5×10^3	0.320	3×10^{-6}
法兰	球墨铸铁	7 300	160×10^3	0.280	8.7×10^{-6}

对于三维模型,ABAQUS 提供了六面体、四面体、楔形 3 种单元形状和结构化(structured)、扫略(sweep)、自由(free)3 种划分网格技术。其中 structured 使用六面体形状单元;sweep 使用六边形和楔形形状单元;free 使用四面体形状单元。free 划分技术适用范围广,在网格种子合适的情况下,可以为任何形状的几何体划分网格,但与 structured 和 sweep 2 种划分网格技术相比,计算代价大。文中仿真模型主要由三部分组成:圆筒状的管母、多面体绝缘子以及由规则几何体组成的管母金具。因此仿真中选择网格划分单元时先对模型进行拆分,将模型分割为形状较为简单的区域,再使用 sweep 划分网格技术,提高网格划分的质量与效率。

管母伸缩位移虽仅与温差变化幅度相关,但其温变温移产生的应力还与金具可滑动位移相关。理论上,管母线温变可包含以下 2 个阶段:(1) 滑动

金具可继续滑动调节,管母对支柱绝缘子作用力小且几乎不变;(2) 滑动金具无法继续调节,达到最大可调节量,管母对支柱绝缘子作用力随着温差变大而迅速变大。考虑到我国南北方地区温度的差异以及工程施工环境温度,文中设定温度变化范围为 50 ℃,把支撑式管母安装温度划分为低温和高温 2 种工况进行仿真计算。仿真结果中支柱绝缘子最大主应力用 $S_{\text{Max, principal}}$ 表示;管母线应力用 S_{Mises} 表示;管母金具轴线位移量用 U_1 表示。

2 案例仿真结果

2.1 低温安装

冬季低温时安装支撑式管母系统,考虑到过低的气温不利于人工作业,仿真中设定安装温度最低为 -5 ℃;夏季高温时,环境气温高,用电负荷大,经红外测量管母温度可达 45 ℃,故将此温度设为最高温。低温安装时,管母线由于热胀冷缩处于收缩状态,长度较短,在投入运行后,由于电流热效应和环境温度等因素,管母线的温度会明显升高,长度会伸长。在管母线温差过大,滑动金具调节裕度不够时会对下方支柱绝缘子产生明显的力的作用,威胁支柱绝缘子安全运行。基于 ABAQUS 的低温工况有限元仿真结果如图 2 所示。

2.2 高温安装

夏季室外温度较高时安装管母,考虑到高温不利于人工作业,仿真中安装温度设定为 30 ℃,夏季工作温度设定为 45 ℃。此时,管母长度较低温安装时明显变长,投入运行时,管母线在电流热效应、环境温度作用下,温度升高幅度小于低温安装时的温升幅度,因此长度伸长量较小,对支柱绝缘子产生额外应力较小。但是管母线断电时,失去电流热效应的影响,管母线在低温环境下长度会明显收缩,或降温幅度过大,滑动金具调节裕度不够时会对支柱绝缘子产生明显应力的作用,威胁支柱绝缘子安全运行。基于 ABAQUS 的高温安装工况支撑式管母的有限元仿真结果如图 3 所示。

3 数据分析与讨论

3.1 仿真数据分析

支柱绝缘子由电工陶瓷烧制而成,在室温环境下拉伸、压缩、弯曲均不发生塑性变形,呈典型的脆性材料特征。根据材料力学第一强度理论,评估脆性材料的是否发生断裂取决于最大主应力。工程上常用破坏载荷来衡量支柱绝缘子安全性能,并以弯曲载荷与扭转载荷 2 个量作为评估指标。

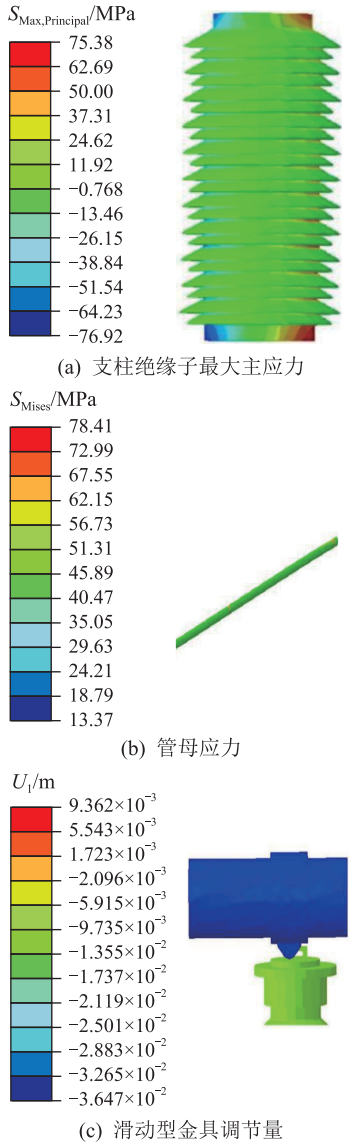


图2 滑动型金具系统升温工况响应

Fig.2 Sliding type fitting system temperature rising condition response

本节基于支柱绝缘子在额定弯曲载荷下的应力分布,为下文评估支柱绝缘子安全性提供参考。根据支柱绝缘子厂家提供的技术资料可知,案例分析中的支柱绝缘子弯曲载荷为 16 kN,据此设定仿真载荷为作用于绝缘子顶端的集中载荷,同时绝缘子底部设为固定约束,得到仿真结果如图 4 所示。

由图 4 可知,在不考虑绝缘子加工缺陷的前提下,绝缘子在受到 16 kN 的水平弯曲载荷作用下,最大主应力极值出现在绝缘子与下方法兰相接的两侧,大小为 19.48 MPa。

管母线本身为铝镁硅合金,可以发生塑性形变,生产厂家提供的发生塑性形变时管母屈服极限值为 165 MPa。文中以管母不发生塑性形变为判断管母安全的条件。

由低温安装仿真结果可知,支柱绝缘子的最大

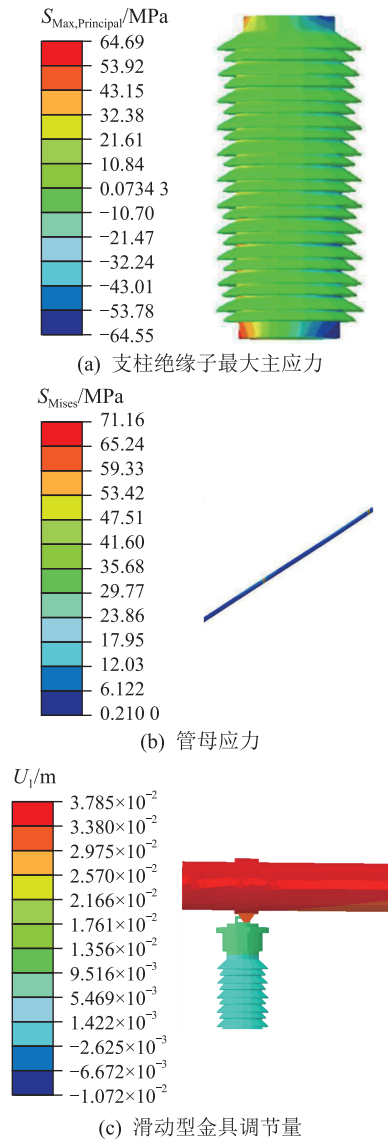


图3 滑动型金具系统降温工况响应

Fig.3 Sliding type fitting system temperature cooling condition response

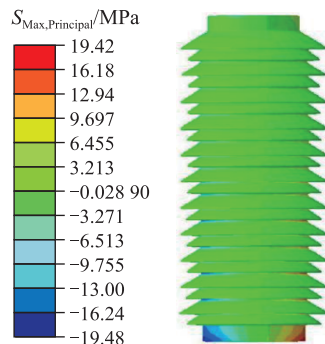


图4 额定弯曲载荷下的绝缘子应力分布

Fig.4 Insulator stress distribution under rated bending load

主应力极值为 76.92 MPa,超过了支柱绝缘子的安全应力范围;从滑动型金具调节量来看,当温差达到 50 ℃时,由于管母线长度较长,滑动金具调节量

有限,管母伸长量已经超过了金具调节量的极限,会对管母两端的支柱绝缘子产生作用力;管母线的最大应力值为 78.4 MPa,远小于屈服极限值。此工况下,滑动型金具对管母伸长有一定的调节作用,但由于温差过大,支柱绝缘子受到的温变应力超过其安全应力极限值,处于危险状态。

高温安装仿真结果表明,管母线在 50 °C 降温的情况下,长度明显收缩,对最外围两侧的支柱绝缘子产生了较大的作用力,支柱绝缘子的最大主应力极值达到 65.74 MPa,超过绝缘子的应力极限,绝缘子处于危险状态;管母线最大应力值为 71.1 MPa,远小于屈服极限值。结合系统的管母线轴向位移与滑动金具的调节量可知,滑动金具的调节裕度无法满足 50 °C 的温差带来的管母长度的变化。

当系统温差变化过大时,管母系统的支柱绝缘子均处于危险状态,因此在管母安装时应注意温度季节的选择。结合温升时所设定的工况,管母安装最低温为-5 °C,运行时最高温为 45 °C,温差 50 °C,故建议在 20 °C 时进行安装,使温差变化幅度最小,得到管母系统仿真结果如图 5 所示。

25 °C 温差下,系统支柱绝缘子最大主应力极值为 3.573 MPa,远小于支柱绝缘子的安全应力值;管母线最大应力值远小于屈服极限值。从滑动型金具调节量来看,下方的支柱绝缘子顶端由于金具的调节作用,仅产生了极小的位移量 1.799×10^{-3} m,系统处于安全状态。

由上述分析可知,管母温度升高或降低至一定范围内,支柱绝缘子要先于管母线出现危险,因此本文中以支柱绝缘子为核心对象分析管母安全状态。

3.2 温度与应力

安装应选择合适的温度,安装温度对系统允许温度变化范围的上下限有着明显影响,因此还需确定温度与支柱绝缘子最大主应力极值之间的关系。本节构建了随时间线性变化的温度场,根据前文内容设定:(1) 温度升高工况,初始温度为 20 °C,最终温度为 70 °C;(2) 温度降低工况,初始温度为 45 °C,最终温度为-5 °C。初始状态,管母系统滑动金具调节裕度为 $[-0.027, 0.027]$ m,幅值记为 ΔD 。管母线紧固定金具与松固定金具间隔的最大值为 39.03 m,即管母线朝某一方向伸缩量最大所对应的管母线长度,记为 L , α 为材料的线膨胀系数,则当温度变化, $\Delta T = \Delta D / \alpha L = 28$ °C,即在温度升高达到 $T = 48$ °C 或温度降低至 $T = 17$ °C 时,滑动金具达到最大调节量。

利用 ABAQUS 分析温度升高工况下管母系统

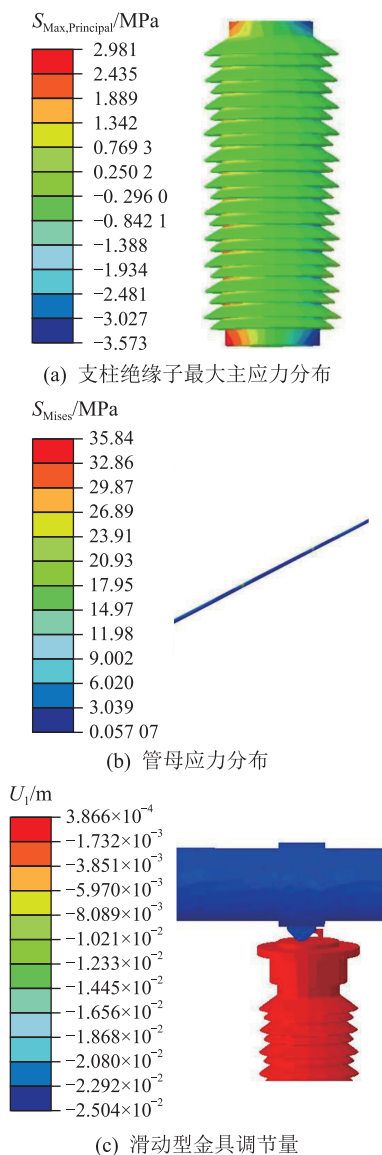


图 5 25 °C 温差滑动型金具系统响应

Fig.5 25 °C temperature difference sliding type fitting system response

支柱绝缘子在上述温度场下的最大主应力响应,由于温度 T 随时间 t 线性变化,即 $T = 50t + 20$,故将应力-时间曲线转换为应力-温度曲线,如图 6 所示。

由图 6 可得,当 $T = 50.6$ °C 时,其对应的支柱绝缘子最大主应力极值达到 11.39 MPa;当 $T = 53.0$ °C 时,最大主应力极值达到额定值 19.48 Mpa,即最大允许温升为 $\Delta T = 33.0$ °C,且温度-应力函数为:

$$f(T) = 3.37T - 159.17 \quad T \in [48, 70] \quad (1)$$

该允许温升与滑动金具的调节量相关,文中金具调节范围为 $[-0.027, 0.027]$ m,所以在不同滑动金具调节裕度 ΔD 下,最大允许温升为: $\Delta T = \Delta D / \alpha L + 33.0 - 28 = \Delta D / \alpha L + 5.0$ 。当管母实际温升大于该计算值时,系统支柱绝缘子将存在危险。

同理,利用 ABAQUS 分析温度降低工况时管母

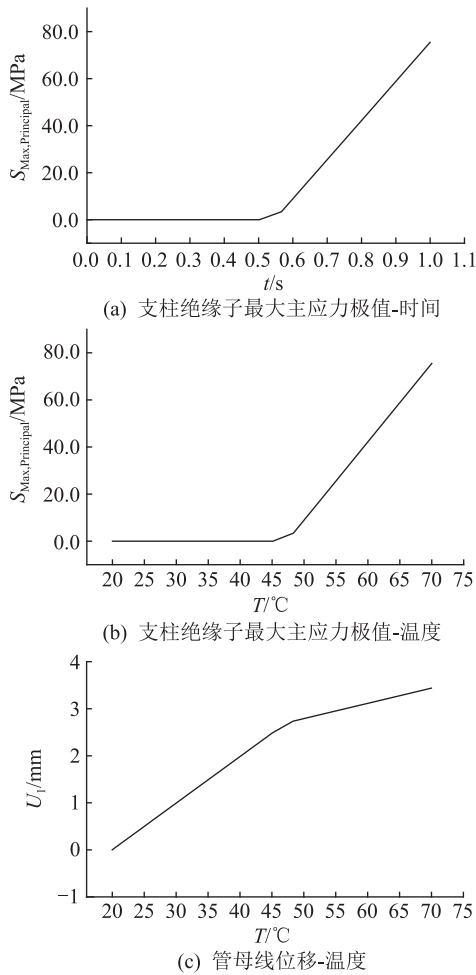


图6 系统温度和位移及应力关系

Fig.6 System temperature, displacement, stress relationship

系统支柱绝缘子在上述温度场下的最大主应力极值响应,即 $T = -50t + 45$,故将应力-时间曲线转换为应力-温度曲线,如图7所示。

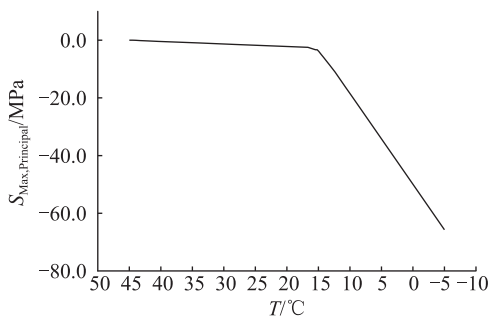


图7 降温工况支柱绝缘子最大主应力极值

Fig.7 Maximum main stress extreme value of post insulators under cooling conditions

图7表明,当 $T = 9.7$ °C时,支柱绝缘子最大主应力极值达到 19.48 MPa;当 $T = 11$ °C时,支柱绝缘子最大主应力极值达到 15.26 MPa;因此最大允许降温幅度为 $\Delta T = 45 - 9.3 = 35.3$ °C,且温度-应力函数可表示如下:

$$f_D(T) = -3.14T + 49.80 \quad T \in [-5, 17] \quad (2)$$

不同调节裕度 ΔD 下,最大允许降温幅度有: $\Delta T = \Delta D/\alpha L + 35.3 - 28 = \Delta D/\alpha L + 7.3$ 。当管母线实际降温幅度大于该计算值时,系统支柱绝缘子将存在一定危险。

综上所述,支撑式管母系统的升温、降温幅度均受管母系统金具的调节量、管母材料以及管母紧固定金具到松固定金具的最大值这3个因素直接影响,在达到最大调节裕度时,研究案例中温度升高剩余 5.0 °C 的裕度,温度降低剩余 7.3 °C 的裕度。滑动金具升温与降温调节裕度相等时,升温与降温的调节裕度不同是重力影响产生的。因此支撑式管母系统安装时,滑动金具的安装应根据该特点进行适当调节,即滑动金具的滑动轴在位置槽内的相对位置应考虑到安装现场的温度 T 、未来运行时可能出现的最高温度 T_H 与最低温度 T_L 。

设滑动金具的调节量为 $[0, L]$,则安装位置选择可根据式(3)和式(4)确定。

$$X_D = \frac{T - T_L}{T_H - T_L} L \quad (3)$$

$$X_R = \frac{T_H - T}{T_H - T_L} L \quad (4)$$

式中: X_D , X_R 分别为降温、升温时的滑动金具调节裕度。由前文可知,相同调节量下,温度升高范围与温度降低范围有差别,若考虑该特点,则可将 X_D , X_R 分别修正为式(5)和式(6)。

$$X_D = \frac{T - T_L}{T_H - T_L} \frac{T_R}{T_R + T_D} L \quad (5)$$

$$X_R = \frac{T - T_L}{T_H - T_L} \frac{T_D}{T_R + T_D} L \quad (6)$$

式中: T_D , T_R 分别为滑动金具达到最大调节量后的最大允许温度升高值与最大允许温度降低值。

实际工程中当管母安装温度不能选择时,建议按照式(3)和式(4)量化计算来选择滑动金具滑动轴的位置;当管母的安装温度条件可选择时,北方地区应选择全年气温适中的季节安装,可基于 1/2 法实施提高工程便捷性,考虑到北方低温变化较大,高温极值较为稳定,建议滑动金具滑动轴位置处于正中间或者处于中间偏向升温侧的位置,南方区域可同理实施,但滑动金具应选择正中间或中间偏向降温侧的位置。

4 结论

文中基于 ABAQUS 开展了安装温度对变电站支撑式管母系统运行温变结构应力影响的仿真分

析,主要结论如下:

(1) 高温、低温安装(可对应夏季高温、冬季低温)对传统 1/2 安装法的支撑式管母运行温变允许范围均有不利影响,容易危害管母系统结构安全,合理选择安装温度有助于降低风险,提高管母系统的安全性;

(2) 管母系统允许温度变化范围受管母系统金具的调节量、管母材料以及管母紧固定金具到松固定金具的最大值这 3 个因素直接影响,在管母型号确定的情况下,选择调节量较大的管母金具以及将紧固定间隔置于管母系统中间位置,减小管母伸缩幅值都可提高管母系统的安全性;

(3) 建立了融合安装温度 T , 运行最高温度 T_H , 运行最低温度 T_L , 滑动金具的调节量的支撑式管母位置选择数学模型,并结合南北方地域的差异,分场景给出了管母线安装位置工程实施策略。

本文得到广东电网有限责任公司广州供电局科技项目“变电站母线及支柱绝缘子应力形变检测与预警的研究”(GZHKJQ00000035)资助,谨此致谢!

参考文献:

[1] 刘泽洪,丁永福,王祖力,等. ± 800 kV 换流站管母滑动偏移量分析及管母支撑金具选型研究[J]. 电网技术,2013,37(12):3362-3367.
LIU Zehong, DING Yongfu, WANG Zuli, et al. ± 800 kV converter station tube master sliding offset analysis and tube master support metal tool selection research [J]. Power Grid Technology, 2013, 37(12):3362-3367.

[2] 华国栋. 管型母线的施工工艺及质量控制[J]. 华东电力, 2004(1):54-55.
HUA Guodong. Construction technology and quality control of tubular busbars [J]. East China Electric Power, 2004(1):54-55.

[3] 雍军,沈庆河,胡晓黎,等. 浅析山东电网高压支柱瓷绝缘子断裂原因[J]. 高电压技术,2005(3):90-91.
YONG Jun, SHEN Qinghe, HU Xiaoli, et al. Analysis of the causes of fracture of high voltage pillar porcelain insulators in Shandong power grid [J]. High Voltage Engineering, 2005(3):90-91.

[4] 卢明,闫东,张健壮. 管母金具不当导致支柱绝缘子断裂的原因分析[J]. 河南电力,2009,37(3):24-26,45.
LU Ming, YAN Dong, ZHANG Jianzhuang. Analysis of causes of fracture of post insulators caused by improper tube fittings [J]. Henan Electric Power, 2009, 37(3):24-26, 45.

[5] 李欣,何智强,单周平,等. 220 kV 管母用瓷支柱绝缘子运行事故分析[J]. 高压电器,2015,51(5):199-204.
LI Xin, HE Zhiqiang, SHAN Zhouping, et al. Analysis of operation accidents of porcelain post insulators for 220 kV tubes

[J]. High Voltage Apparatus, 2015, 51(5):199-204.

[6] 韦晓星,孙勇,陈如龙,等. 水平安装支柱瓷绝缘子断裂故障及弯曲负荷分析[J]. 电瓷避雷器,2017(2):156-163.
WEI Xiaoxing, SUN Yong, CHEN Rulong, et al. Analysis of fracture failure and bending load of porcelain-insulators with horizontal mounting pillars [J]. Electric Ceramic Surge Arrester, 2017(2):156-163.

[7] 高压支柱瓷绝缘子事故调查分析及预防措施[J]. 电力设备,2002(4):32-37.
Investigation and analysis of accidents of high voltage pillar porcelain insulators and preventive measures [J]. Electrical Equipment, 2002(4):32-37.

[8] 张强,常玉娥,蔡成良,等. 支柱瓷瓶静力分析[J]. 湖北电力,2004(4):16-17,28.
ZHANG Qiang, CHANG Yu'e, CAI Chengliang, et al. Static analysis of pillar porcelain bottles [J]. Hubei Electric Power, 2004(4):16-17, 28.

[9] 谢强,朱瑞元. 汶川地震中支持式管型母线破坏机理分析[J]. 电力建设,2010,31(3):8-12.
XIE Qiang, ZHU Ruiyuan. Analysis of the failure mechanism of supporting tubular busbars in Wenchuan earthquake [J]. Electric Power Construction, 2010, 31(3):8-12.

[10] 谢韬,孙启林,林康立,等. 220 kV 支持式管型母线结构抗震性能[J]. 电力建设,2013,34(3):98-103.
XIE Tao, SUN Qilin, LIN Kangli, et al. Seismic performance of 220 kV supported tubular busbar structure [J]. Electric Power Construction, 2013, 34(3):98-103.

[11] 王军飞,李丽,赵玉星. 地震工况下变电站支持式管型母线的选型分析[J]. 内蒙古电力技术,2016,34(2):27-30.
WANG Junfei, LI Li, ZHAO Yuxing. Selection analysis of supported pipe type busbars in substation under earthquake conditions [J]. Inner Mongolia Electric Power, 2016, 34(2):27-30.

[12] 解伟. 管型母线的挠度、模态分析及工程安全应用[D]. 淮南:安徽理工大学,2016.
XIE Wei. Deflection, modal analysis and engineering safety application of tubular busbars [D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2016.

[13] CORRENTE D T. Stress concentration factor determination in station post insulator [J]. Stress Concentration Factor Determination in Station Post Insulator, 1976.

[14] ZHANG E W, YANG Y B, SONG W, et al. Study on bending and twisting mechanical properties of high voltage porcelain post insulator [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 521:334-338.

[15] 马艳枝. 支柱式瓷绝缘子承载性能的数值分析及实验研究 [D]. 北京:中国水利水电科学研究院,2016.
MA Yanzhi. Numerical analysis and experimental study on bearing performance of pillar porcelain insulators [D]. Beijing: China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2016.

[16] 李喆,扬帆,邓颖海. GW4-220 kV 高压隔离开关棒形支柱瓷绝缘子静力学特性研究及其优化[J]. 电瓷避雷器,2016

- (1):1-6.
- LI Zhe, YAN Fan, DENG Yinghai. Research and optimization of static characteristics of GW4-220 kV high voltage isolation switch rod-shaped pillar porcelain insulator[J]. Electric Porcelain Arrester, 2016(1):1-6.
- [17] 谢云云, 金颖, 黄琳雁, 等. 适用于有高差线路的覆冰输电导线 ANSYS 找形方法[J]. 电力工程技术, 2017, 36(2):9-13, 50.
- XIE Yunyun, JIN Ying, HUANG Linyan, et al. Form-finding method of transmission lines consulting the lowest point [J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(2):9-13, 50.
- [18] 庄文兵, 祁创, 熊小伏, 等. 计及气象因素时间累积效应的输电线路覆冰预测[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(17):6-13.
- ZHUANG Wenbing, QI Chuang, XIONG Xiaofu, et al. Transmission line icing forecast considering the time cumulative effect of meteorological factors[J]. Power System Protection and Control, 2019, 47(17):6-13.
- [19] 胡鹏, 李成钢, 陈大兵. 电缆 GIS 终端环氧套管开裂原因分析及对策研究[J]. 电力工程技术, 2017, 36(1):102-105.
- HU Peng, LI Chenggang, CHEN Dabing. Cause analysis and countermeasure study of cracking accident of cable gis terminal epoxy casing [J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(1):102-105.

作者简介:



李信

李信(1976),男,博士,高级工程师,从事变电技术管理工作(E-mail:1. lixin2500@sohu.com);

张锐(1994),男,硕士在读,研究方向为基于激光雷达的电力设备状态感知及其应用;

洪海程(1980),男,学士,高级工程师,从事变电设备管理工作。

Influence of installation temperature on the safe temperature variation range of supporting tube bus

LI Xin¹, ZHANG Rui², HONG Haicheng¹, GUO Zhengbiao¹, YE Qing¹, SHEN Xiaojun²

(1. Guangzhou Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 511400, China;

2. Department of Electrical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Temperature-dependent stress has become one of the main factors that impair the structural safety of the supporting tube bus system of substation. Based on the structural stress constraints of the supporting tube bus insulator, the influence of the installation temperature of the tubular bus system on the allowable range of operating temperature change is studied in this paper. Based on ABAQUS, the finite element simulation model of the supporting tubular bus system of substation is built. The temperature-dependent structural stress simulation of the tube bus system is carried out in high-temperature installation and low-temperature installation scenarios separately with the traditional 1/2 installation method. A mathematical model of quantitative fitting between temperature range and stress is constructed. Based on the conclusion that high temperature and low temperature installation are not conducive to the allowable temperature change of the tubular bus-bar, a calculation method and engineering countermeasures are proposed of the installation position of the sliding fittings considering the installation temperature. The research results can provide guidance for the engineering installation and safe operation of the substation hard tubular bus system, and have engineering application value.

Keywords: substation; supporting tube bus; modelling and simulation; installation temperature; temperature variation range

(编辑 方晶)