

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2018.09.038

GIS长母线位移监测系统工程应用实践

蒋晓旭

(平高集团有限公司, 河南 平顶山 467001)

摘要: GIS长母线在运行过程中,由于安装状态、气候环境等因素会导致母线筒体位移及部分区域应力集中。文中所研制的GIS长母线位移监测系统能够实时监测母线筒体的轴向、径向以及相对于地面的高度位移,同时基于所采集数据源进行多维度分析,研判位移趋势,对GIS长母线运维及安全稳定运行提供辅助参考。

关键词: GIS; 长母线; 监测系统; 位移

GIS Long Busbar Displacement Monitoring System

JIANG Xiaoxu

(Pinggao Group Co., Ltd., Henan Pingdingshan 467001, China)

Abstract: The gas insulated metal-enclosed switchgear (GIS) long busbar will sustain the problems of bushing displacement and local stress concentration during operation due to the influences such as installation status, climate, and environment. In this study, a GIS long busbar displacement monitoring system was developed to monitor the axial, radial and vertical displacement of the busbar bushing in real time. This monitoring system can also make multi-dimensional analysis based on the collected data to predict the displacement trend. It is expected that this monitoring system can facilitate maintenance and safe operation of the GIS long Busbar.

Key words: GIS; long busbar; monitoring system; displacement

0 引言

GIS母线具有汇集、分配和传送电能的作用,根据变电站布置尺寸的不同,母线长度可达百余米^[1-4]。长母线在运行过程中,由于受到安装误差、热胀冷缩、地基沉降等原因,导致母线部分区域产生位移及应力集中。尤其是在高海拔大温差地区,环境的剧烈变化导致金属材料热胀冷缩,母线筒固定支撑连接处、母线筒体等部位由于形变和应力积聚得不到有效释放而产生裂纹,给变电站正常运行埋下极大隐患和风险^[5-11]。

1 应对母线筒体位移的手段

在我国西北地区的部分变电站,应对长母线筒体形变一般采取加装滑动支撑和波纹管结合的方式,同时在固定端采取能够耐受与各方向弹性系数成比例的极大载荷支撑体下^[7, 12-15],见图1。长母线

筒通过两个支撑滑块与母线筒底座相连,一般330 kV室外GIS母线筒每隔5~10 m左右设置一个支撑点,每个支撑点有两个支柱,滑块可以向4个方向移动,以确保当母线筒与支撑部位发生相对位移时,支撑部位仍然能够提供对母线筒的可靠支撑,由滑块的位移量减轻母线筒的热胀冷缩而产生的应力,见图2。此外,安装伸缩节的作用主要是用来吸收GIS母线热胀冷缩位移、基础伸缩缝的位移、设备间的安装调整以及地震和操作引起的位移量^[16-19]。

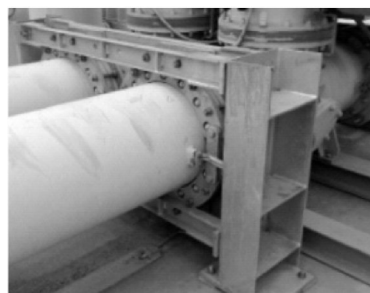


图1 端部支撑图

Fig. 1 End support



图2 滑动支撑

Fig. 2 Sliding support

上述解决母线筒体位移的方式,是利用物理手段最大限度降低筒体形变带来的影响,但应力达到一定极限,若不及时采取有效措施,依然会导致母线筒体的某些部位产生裂纹。为及时掌握母线筒体位移变化,有些变电站采用标尺监测母线筒轴向位移,见图3。文中研制的位移监测系统能够在线监测母线筒体位移,同时对位移趋势进行预测,提醒运维人员及时采取必要措施保证变电站安全稳定运行。



图3 标尺监测母线筒体轴向位移

Fig. 3 The ruler monitors the axial displacement of the busbar body

2 GIS长母线位移监测系统

监测系统由工作站、位移监测模块以及后台分析模块构成,各监测模块采用太阳能供电,数据采用无线传输,后台分析模块可以实现变电站母线形变量的图形化显示和阈值告警。

2.1 整体方案

监测模块由大量监测节点构成,监测节点利用 ZigBee 网络将数据传输至数据网桥,再由数据网桥传输至工作站。工作站可以实现变电站母线形变量的图形化显示和告警。监测节点实时监测轴向形变量、径向形变量、相对于地面的垂直形变量等。监测装置整体架构及安装示意图4。

2.2 现场安装方式介绍

GIS 母线监测系统由无线监测终端和上位机构

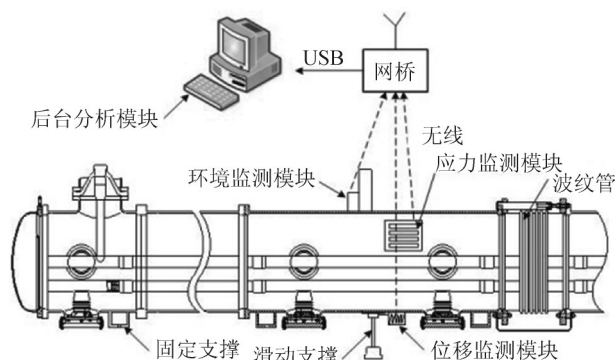


图4 监测装置整体架构图

Fig. 4 Monitoring device overall architecture

成。在 GIS 母线筒的每一个滑动支撑座附近安装监测终端,该终端能够监测母线的轴向位移、径向位移,以及相对于地面的垂直位移,并通过 ZigBee 网络上传给上位机,上位机将此数据存储在分析出母线筒的位移情况,并通过图形直观显示。

2.2.1 轴向位移模块安装

监测终端的电阻固定在母线筒壁,滑动电阻的滑块固定在母线筒的支撑滑块上,母线筒发生轴向形变时,滑块滑动,进而测出 GIS 母线筒壁相对于支座的轴向位移,装置安装示意图5。装置主要技术指标:行程为 0~600 mm;精度为 0.02 mm;正常工作环境温度为-40~60 ℃。

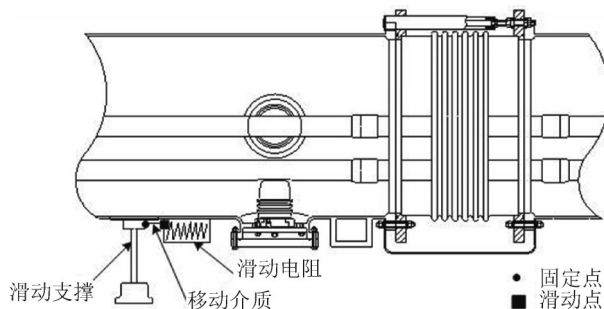


图5 母线筒轴向形变监测结构及安装意图

Fig. 5 The structure and installation schematic diagram of busbar cylinder axial deformation monitoring

2.2.2 径向位移模块安装

监测终端的移动介质一端固定在母线筒壁上,另一端带动滑块。母线筒壁周长变化时,滑块移动,可测出母线筒壁的周长变化,进而间接测出母线筒壁径向形变。装置安装示意图6。装置主要技术指标,行程为 0~20 000 mm;精度为 0.02 mm;正常工作环境温度为-40~60 ℃。

2.2.3 高度模块安装

监测终端的移动介质一端固定在母线筒壁上,另一端固定在地面。母线筒壁高度变化时,滑块移动,可测出母线筒壁的高度的变化。装置安装示意图7。装置主要技术指标:行程为 0~20 000 mm;

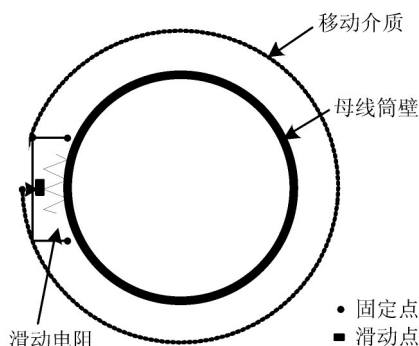


图6 母线筒径向形变监测结构及安装示意图

Fig. 6 The structure and installation schematic diagram of busbar cylinder radial deformation monitoring
精度为0.02 mm;工作工作温度为-40~60 ℃。

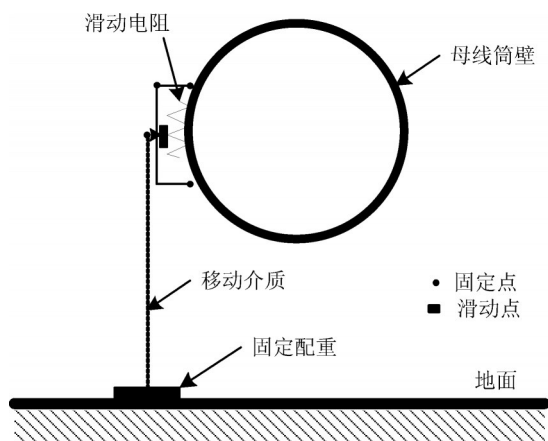


图7 母线筒相对于地面的垂直形变监测装置示意图

Fig. 7 The schematic diagram of busbar cylinder relative to the ground vertical deformation monitoring device

3 工程应用及数据分析

GIS长母线位移监测系统在青海省某110 kV变电站、某330 kV变电站进行了现场带电测试,经过近一年的运行,系统运行状态良好,各项数据监测正常,对变电站的运维起到了重要辅助支撑作用,监测系统后台界面见图8。系统监测的部分数据整理分析如下。

3.1 青海某330 kV变电站典型数据分析

2016年4月—2016年8月期间,连续5个月对节点1的轴向位移进行24 h实时监测,见图9。图9中,曲线a、b、c、d、e分别为4月、5月、6月、7月、8月轴向位移一天的变化曲线。由分析可知,轴向位移变化曲线具有周期性,最大轴向位移均出现在上午9时左右,最小轴向位移出现在下午15时左右,轴向位移最大变化量约为4 mm。具体数据见表1(文中表中所显示数值均为绝对值,表中所指“四天”数据为统计月四天最大值的均值,下同)。

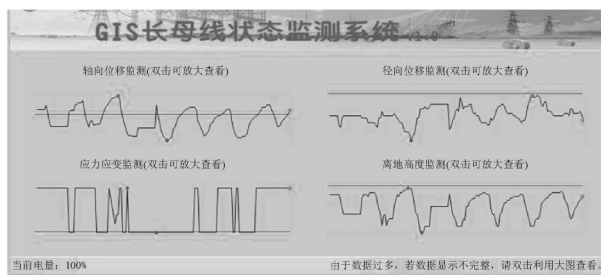


图8 母线位移监测系统后台界面

Fig. 8 Bus displacement monitoring system interface

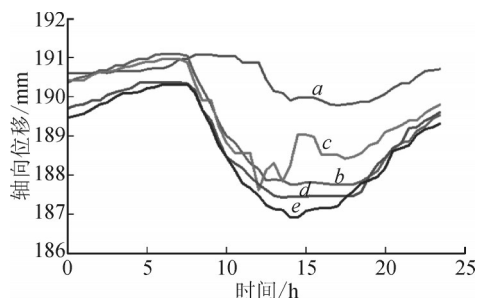


图9 节点1连续5个月24 h轴向位移监测图

Fig. 9 24-hour axial displacement monitoring diagram of node 1 for 5 consecutive months

表1 节点1 4天轴向位移数据

Table 1 Four-day axial displacement of node 1

参数	4月	5月	6月	7月	8月
最大值/mm	191.06	191.10	190.98	190.36	190.33
最大值时间 点/h	10~11	8~9	8~9	8~9	8~9
最小值/mm	189.79	187.78	187.64	187.43	186.93
最小值时间 点/h	16~17	15~16	15~16	15~16	15~16

2016年4月—2016年8月,连续5个月对节点2的轴向位移进行24 h实时监测,见图10。图10中曲线a、b、c、d、e分别为4月、5月、6月、7月、8月轴向位移一天的变化曲线。由分析可知,轴向位移变化曲线具有周期性,最大轴向位移均出现在上午11时左右,最小轴向位移均出现在下午16时左右,轴向位移最大变化量约为2 mm。具体数据见表2。

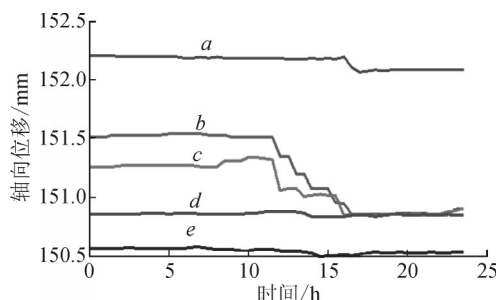


图10 节点2连续5个月24 h轴向位移监测图

Fig. 10 24 hour axial displacement monitoring diagram of node 2 for 5 consecutive months

表2 节点2 4天轴向位移数据
Table 2 Four-day axial displacement of node 2

参数	4月	5月	6月	7月	8月
最大值/mm	152.20	151.54	151.34	150.88	150.58
最大值时 间点/h	10~11	10~11	10~11	10~11	10~11
最小值/mm	152.06	150.85	150.85	150.84	150.50
最小值时 间点/h	15~16	15~16	15~16	15~16	15~16

节点1、2最大轴向位移量,以及出现最大位移量的时刻不同,是由于两个监测点所处的实际位置有差异,母线筒体由于建筑物和GIS遮挡,受阳光照射时间、筒体周围温度和风速不同,从而导致监测结果的差异,和实际人为感知和判断整体情况一致。

2016年4月—2016年8月,连续5个月对节点1的高度位移进行24 h实时监测,见图11,图11中曲线a、b、c、d、e为4月、5月、6月、7月、8月高度位移一天的变化曲线。由分析可知,高度位移变化曲线具有周期性,最小高度位移出现在上午13~15时左右,最大高度位移出现在下午8~10时之间,高度位移最大变化量约为0.3 mm。具体数据见表3。

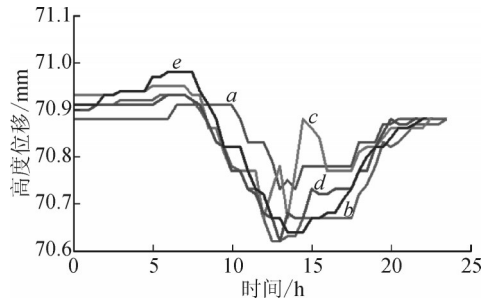


图11 节点1连续5个月24 h高度位移监测图
Fig. 11 24-hour height displacement monitoring diagram of node 1 for 5 consecutive months

表3 节点1 4天高度位移数据
Table 3 Four-day height displacement of node 1

参数	4月	5月	6月	7月	8月
最大值/mm	70.91	70.93	70.95	70.93	70.98
最大值时间点/h	8~10	8~10	8~10	8~10	8~10
最小值/mm	70.73	70.62	70.67	70.62	70.64
最小值时间点/h	13~15	13~15	13~15	13~15	13~15

3.2 青海某110 kV变电站典型数据分析

以选取任意节点4天的4个节点数据进行分析。系统软件分析显示的节点1连续4日轴向位移24 h监测图见图12,系统软件分析显示的最小轴向位移时间分布图见图13。系统软件分析显示的最大轴向位移时刻点分布图见图14。

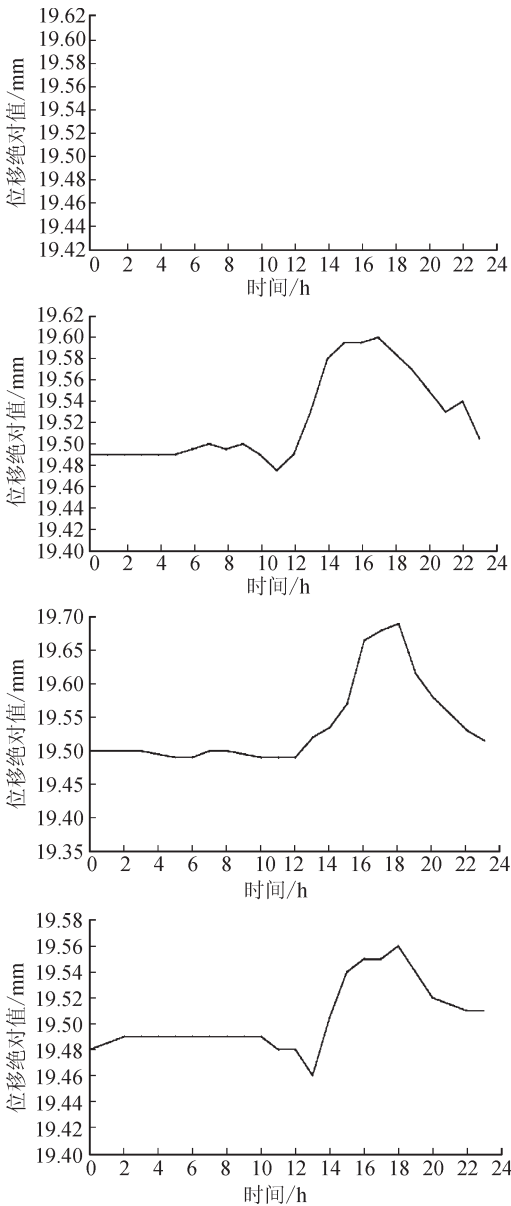


图12 节点1连续4日轴向位移 24 h监测图
Fig. 12 24 hour axial displacement monitoring diagram of node 1 for 4 consecutive days

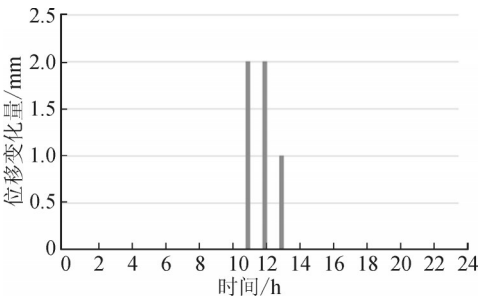


图13 最小轴向位移时间分布图
Fig. 13 The time distribution diagram of minimum axial displacement

通过图12可以看到,轴向位移的变化具有周期性,最大位移出现在下午16~19时左右(此处的最大位移指的是相对于基点位移的正向位移量),最小位

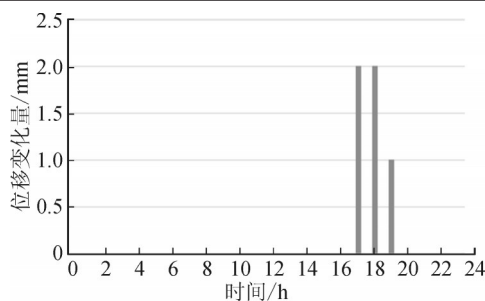


图14 最大轴向位移时间分布图

Fig. 14 The time distribution diagram of maximum axial displacement

移出现在上午11~13时左右(此处的最小位移指的是相对于基本位移的反向位移量),轴向位移最大变化为0.2 mm,图13、14的统计情况也反映了上述结果(为便于观察,图13、14的纵坐标显示放大了10倍)。上述情况,波纹管 and 滑动支撑可以抵消位移变化,设备运行稳定。

4 结语

文中所研制的系统已经获得授权发明专利(专利号:ZL201410763176.2)。系统经过试运行,能够稳定监测设备在运行过程中的数据。根据采集的形变数据可从多个维度分析GIS母线筒在不同季节、不同天气、不同时段内的形变量,同时根据形变的趋势,对GIS母线筒采取必要的应对措施,以防止形变恶化。该监测系统对变电站的正常运行提供了重要的辅助支撑信息,对变电站GIS长母线运维具有重要参考价值。同时,文中所研制的系统在使用过程中,也暴露出部分问题,一是径向数据的监测由于安装手段所限,数据的适用性是否合理值得商榷。二是数据传输依赖Zigbee网络,安全性不高。三是本系统采用太阳能供电,由于太阳能板覆雪或被污浊,装置供电可靠性存在风险。通过文中所述工程实践经验的积累,为系统的进一步完善奠定了重要基础。

参考文献:

[1] 罗四娇. GIS母线设计及工程应用[J]. 电气时代, 2017(11):63-66.
LUO Sijiao. GIS bus design and engineering application[J]. Electric Age, 2017(11):63-66.

[2] 刘旭,薛红涛,卢鹏,等. 浅谈GIS设备波纹管应用[J]. 科技创新导报, 2012(2):71.
LIU Xu, XUE Hongtao, LU Peng, et al. Discussion on the application of GIS equipment bellows[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2012(2):71.

[3] 黄坤鹏. 伸缩节在GIS中的应用[J]. 电气制造, 2011(6):40-41.
HUANG Kunpeng. Application of expansion joints in GIS[J]. Electric Manufacturing, 2011(6):40-41.

[4] 贾耿锋,李军,蒋晓旭,等. GIS母线用热补偿型波纹管伸缩量设计分析[J]. 电气工程学报, 2017, 12(6):36-40.
JIA Gengfeng, LI Jun, JIANG Xiaoxu, et al. Design and analysis of expansion and restriction of thermal compensation bellows for GIS bus[J]. Journal of Electrical Engineering, 2017, 12(6):36-40.

[5] 贾耿锋,蒋晓旭,郭煜敬,等. 高海拔大温差地区GIS长母线运维技术研究[J]. 技术与市场, 2015, 22(7):20-21.
JIA Gengfeng, JIANG Xiaoxu, GUO Yujing, et al. Long bus operation and maintenance of GIS technology for high altitude areas with large temperature difference[J]. Technology and the Market, 2015, 22(7):20-21.

[6] 钱建华,刘荣,李鑫,等. 两起波纹管异常引发的设备故障原因分析及处理[J]. 青海电力, 2017, 36(1):47-49.
QIAN Jianhua, LIU Rong, LI Xin, et al. Analysis and treatment of equipment failure caused by two abnormal bellows[J]. Qinghai Electric Power, 2017, 36(1):47-49.

[7] 李大权,姜飞,万荣兴. 关于800 kV GIS长距离母线筒位移研究[J]. 电气技术, 2012(5):41-44.
LI Daquan, JIANG Fei, WAN Rongxing. Research on the displacement of long distance bus barrels for 800 kV GIS[J]. Electric Technology, 2012(5):41-44.

[8] 靳艳丽,王兆军,屈直. GIS母线的应用与安装[J]. 电气时代, 2017(10):108-112.
JIN Yanli, WANG Zhaojun, QU Zhi. Application and installation of GIS busbars[J]. Electrical Age, 2017(10):108-112.

[9] 李向鹏,张煜. 结合GIS改造对GIS安装过程及关键技术环节的探讨分析[J]. 石化技术, 2017, 24(9):272.
LI Xiangpeng, ZHANG Yu. Discussion on GIS installation process and key technical links in combination with GIS transformation[J]. Petrochemical Technology, 2017, 24(9):272.

[10] 龚源,彭鹏,周家戌,等. 110 kV GIS母线裂纹故障实例分析[J]. 电工技术, 2018(3):77-78.
GONG Yuan, PENG Peng, ZHOU Jiaxu, et al. The analysis of 110 kV GIS busbar crack fault cases[J]. Electrotechnical Engineering, 2018(3):77-78.

[11] 张丽娟,张天河,赵航. GIS设备漏气故障常见原因分析及防范措施[J]. 山东电力技术, 2018, 45(1):71-74.
ZHANG Lijuan, ZHANG Tianhe, ZHAO Hang. Common cause analysis and preventive measures of GIS equipment leakage failure[J]. Shandong Electric Power Technology, 2018, 45(1):71-74.

[12] 张烁,陈莲君,付宣蓉,等. 750 kV GIS设备长母线结构滑动支撑失效原因分析[J]. 青海电力, 2017, 36(3):55-58.
ZHANG Shuo, CHEN Lianjun, FU Xuanrong, et al. Failure analysis of sliding brace of long bus structure of 750 kV GIS

- equipment[J]. Qinghai Electric Power, 2017, 36(3):55-58.
- [13] 南方,王全海,闫 练. GIS母线工程设计及应用[J]. 电气时代, 2015 (6):66-69.
NAN Fang, WANG Quanhai, YAN Lian. Design and application of GIS busbar engineering[J]. Electric Age, 2015(6): 66-69.
- [14] 张 烁,陈莲君,付宣蓉,等. 750 kV GIS设备长母线结构滑动支撑失效原因分析[J]. 青海电力, 2017, 36(3):55-58.
ZHANG Shuo, CHEN Lianjun, FU Xuanrong, et al. Failure analysis of sliding brace of long busbar structure of 750 kV GIS equipment[J]. Qinghai Electric Power, 2017, 36(3):55-58.
- [15] 俎洋辉,郑 强,邹启群,等. SF₆全封闭组合电器长母线位移及改进措施[J]. 河南电力, 2012, 40(4):54-57.
ZU Yanghui, ZHENG Qiang, ZOU Qiqun, et al. Long bus displacement of SF₆ fully - enclosed combination electric apparatus and its improvement[J]. Henan Electric Power, 2012, 40(4):54-57.
- [16] 万文华,张 源,李启鑫,等. 常见GIS设备伸缩节类型及运维措施讨论[J]. 自动化应用, 2017(10):98-99.
WAN Wenhua, ZHANG Yuan, LI Qixin, et al. Discussion on common GIS equipment expansion joint types and operation and maintenance measures[J]. Automation Application, 2017(10):98-99.
- [17] 张 晶,张忠文,褚洪贺,等. GIS波纹管膨胀节结构改进[J]. 华电技术, 2016, 38(8):8-11.
ZHANG Jing, ZHANG Zhongwen, GENG Honghe, et al. Improved structure of GIS bellows expansion joints[J]. Huadian Technology, 2016, 38(8):8-11.
- [18] 马文成,景清虎. 户外GIS设备伸缩节运维监测工作的探讨[J]. 电工技术, 2017(1):94.
MA Wencheng, JING Qinghu. Discussion on monitoring of operation and maintenance of telescopic section of outdoor GIS equipment[J]. Electrotechnical Engineering, 2017(1):94.
- [19] 陈莲君,张 烁,付宣蓉,等. 青海电网变电站常见波纹管补偿器结构原理及现状分析[J]. 青海电力, 2017, 36(4):21-25.
CHEN Lianjun, ZHANG Shuo, FU Xunrong, et al. Structural principle and analysis of common bellows compensator in qinghai power grid substation[J]. Qinghai Electric Power, 2017, 36(4):21-25.
- 蒋晓旭(1987—),男,工程师,主要从事智能高压开关设备、智能组件及状态评估等方面的技术研究等。

(上接第 241 页)

- based on fast discharge[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2017, 38(3):1-6.
- [18] 高压并联电容器用放电线圈使用技术条件:DL/T 653—2009[S]. 2009.
Specification of discharge coils for high voltage shunt capacitor for order: DL/T 653—2009[S]. 2009.
- [19] 邱关源. 电路[M]. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
QIU Guanyuan. Circuit[M]. 5th ed. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [20] 蔡宣三,高越农. 可控饱和电抗器原理、设计与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2008.
CAI Xuansan, GAO Yuenong. The principle, design and application of controllable saturable reactor[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2008.
- 陈晓宇(1972—),男,硕士,高级工程师,从事无功补偿及电能质量技术研究。