

[开关设备]

全三相分箱式GIS支撑结构的强度分析及工程应用

文/西安西电开关电气有限公司 杨伟刚

三相分箱式结构GIS相对于三相共箱式结构比较复杂，其对应的支撑结构要求也相对较高；针对252 kV GIS电压等级三相分箱式GIS产品，重点选取主母线和分支母线支撑方案的承载要求，对支撑结构处最薄弱的全纹螺柱进行模拟计算分析和强度校核，确保了类似支撑结构在工程应用中的可靠性；对建设绿色环保变电站和有效控制工程造价，实现了良好的效果。

GIS是一种气体绝缘金属封闭开关设备，目前被广泛应用在国内外输电网中。由于GIS设备布置结构的不同，有针对性开展GIS技术研究显得尤为必要，对GIS设备的差异化设计具有很好的借鉴作用；着重对全三相分箱式GIS设备支撑结构进行了分析研究和应用，对建设绿色环保变电站和有效控制工程造价，实现了良好的效果，对类似GIS结构设计具有实际借鉴意义。

GIS支撑结构特点

GIS从结构布置上来说可以分为三相共箱式和三相分箱式，三相共箱式结构从安装、储运和支撑结构方面来说相对便捷简单，而三相分箱式结构就相对复杂，单相气室需独立监控，连接机构、接地系统和支撑都需要单相独立设计安装，如图1所示；尤其是支撑结构既要考虑单相刚性连接，又要考虑相间装配误差，连接时采用可调节性全纹螺栓连接，三相支撑最终整体要满足承载要求；而支撑方式多种多样，最常见的有单柱式、门形、T形和方形等，支撑材料有H型钢、角钢、圆钢和方钢等；所以GIS工程设计时就需要优化设计支撑结构，在满足布置简单和材料性价比合理要求的基础上，对其结构进行强度分析，保证GIS设备支撑合理安全可靠是有必要的。



图1 全三相分箱结构GIS

计算参数的确定

采用252 kV GIS电压等级三相分箱式GIS产品，重点选取主母线和分支母线支撑方案的承载要求，对支撑结构处最薄弱的全纹螺柱进行计算分析和强度校核。

1. 母线支撑结构的承载要求

户外环境，主母线的额定气体压力为0.4 MPa，母线单位长度重量60 kg/m，风压700 Pa。

2. 螺栓材料的弹性模量和泊松比

支撑结构所用螺栓为BK11-16×135全纹螺柱，最低性能等级为6.8级，力学性能参数如下表所示。

表 材料的力学性能参数

材料	弹性模量 E /GPa	泊松比 μ	抗拉强度 R_m /MPa
Q235A	206	0.34	600

母线支撑结构和支柱支撑结构所用全纹螺柱强度分析

1. 母线螺栓支撑结构所用全纹螺柱强度分析

(1) 建立分析模型

由于三相分箱式主母线一般是三角形布置，母线螺栓支撑结构示意图如图2所示。选择受力状况比较恶劣的端部两段母线作为分析对象，建立有限元分析模型，如图3所示。

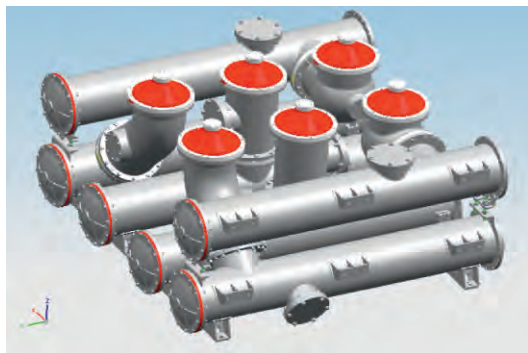


图2 母线支撑结构示意图

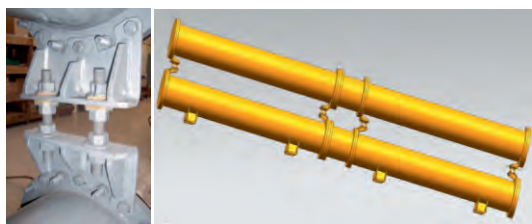


图3 母线螺栓支撑结构所用全纹螺柱及有限元分析模型

(2) 施加载荷和约束条件

主母线上施加的载荷如下。

- 1) 壳体所受内压 P 为0.4 MPa。
- 2) 主母线筒受到的重力载荷为600 N/m。
- 3) 风压为700 Pa。

约束条件为下侧母线支座固定。

(3) 母线螺栓支撑所用全纹螺柱受力分析

母线螺栓支撑结构所用全纹螺柱在母线筒内压、母线筒重力载荷和风压综合作用下的应力云图如图4、图5所示。

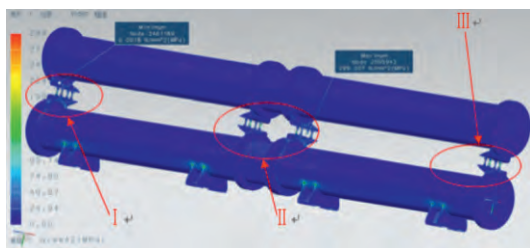
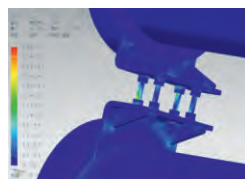


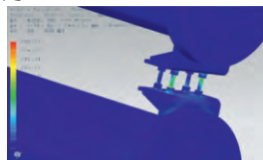
图4 母线螺栓支撑的应力云图



I 处



II 处



III 处

图5 母线螺栓支撑的应力云图

支柱螺栓支撑结构所用全纹螺柱强度分析

(1) 建立分析模型

根据支柱在工程分支母线中的布置形态和支柱螺栓支撑结构示意图（如图6所示），建立有限元分析模型，如图7所示。

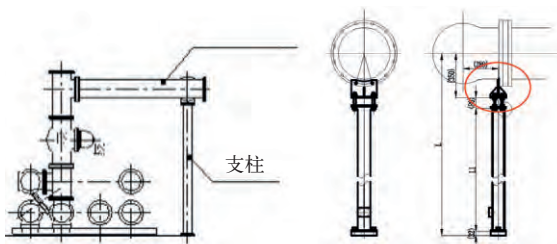


图6 支柱螺栓支撑布置形态和结构示意图

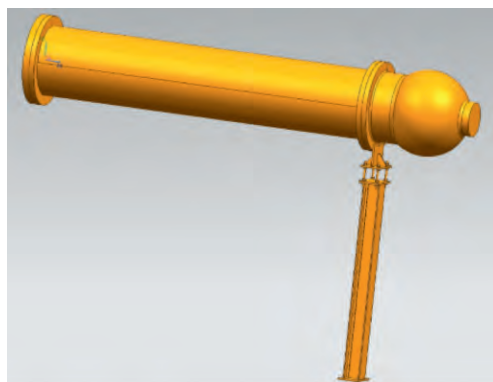


图7 支柱螺栓支撑结构有限元分析模型

(2) 施加载荷和约束条件

支柱上施加的载荷如下。

- 1) 壳体所受内压 P 为0.4 MPa。
 - 2) 母线筒受到的重力载荷为600 N/m。
 - 3) 风压为700 Pa。
- 约束条件为支柱与基础连接的底板固定。

(3) 母线螺栓支撑所用全纹螺柱受力分析

母线螺栓支撑结构所用全纹螺柱在母线筒内压、母线筒重力载荷和风压综合作用下的应力云图如图8、图9所示。

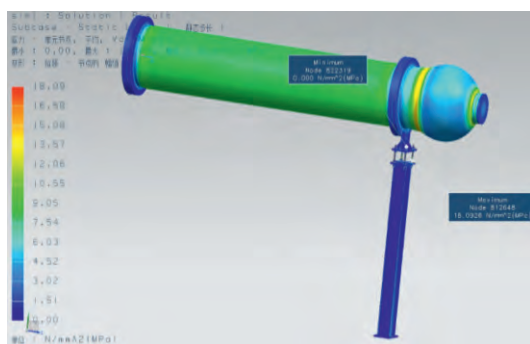


图8 支柱螺栓支撑结构的应力云图

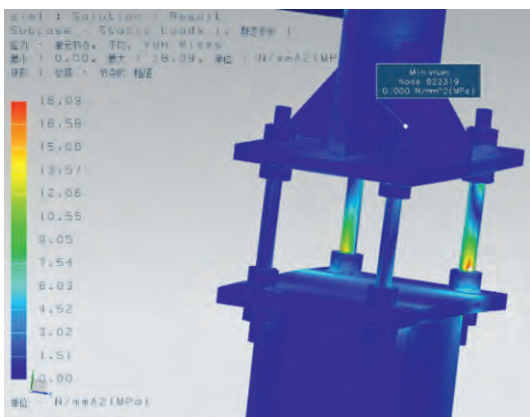


图9 支柱螺栓支撑 I 处的应力云图

计算分析结论

根据对母线螺栓支撑结构和支柱所用全纹螺柱的应力云图的分析,得出如下结论。

1) 母线螺栓支撑结构所用全纹螺柱在母线筒内压、母线筒重力载荷和风压综合作用下的最大 Von Mises 应力为 299.21 MPa。

2) 支柱所用全纹螺柱在母线筒内压、母线筒重力载荷和风压综合作用下的最大 Von Mises 应力为 18.09 MPa。

全纹螺柱 BK11-16×135 最低性能等级为 6.8 级,即抗拉强度为 600 MPa,根据螺栓支撑综合载荷确定的准确程度、螺柱材料性能数据的可靠性、所用计算方法的合理性、零部件加工装配精度以及螺栓支撑的重要性,从《机械设计手册》中选取螺柱材料的安全系数 $S=1.5$,则螺柱材料的许用应力 σ_p 为 400 MPa。

母线螺栓支撑结构所用全纹螺柱的最大 Von Mises 应力小于螺柱材料的许用应力,即

$$\sigma_{\max} = 299.21 \text{ MPa} < \sigma_p = 400 \text{ MPa}$$

支柱所用全纹螺柱的最大 Von Mises 应力小于螺柱材料的许用应力,即

$$\sigma_{\max} = 18.09 \text{ MPa} < \sigma_p = 400 \text{ MPa}$$

因此,工程采用的母线螺栓支撑结构和支柱所用的全纹螺柱 BK11-16×135 机械强度能满足支撑结构使用要求。

结束语

在 GIS 设备制造厂家追求高技术参数指标的同时,更重要的是把产品长期运行的可靠性作为设计最高目标要求,将严谨缜密的设计研究思路 and 成本理念贯穿到整个工程设计过程中,才能做好产品的精益化和可靠性设计。EA

(收稿日期: 2016.04.06)

(编辑: 刘群点)

郑重声明

欧玛嘉宝(珠海)开关设备有限公司系西班牙欧玛嘉宝集团在中国设立的全资子公司,从事电力电气设备的生产和销售。

“欧玛嘉宝”作为西班牙 VELATIA 集团旗下的电气品牌,在能源、通讯等行业已发展成为全球领导品牌之一。欧玛嘉宝集团于上世纪 90 年代进入中国市场,逐步在中国设立三家生产基地,除本公司外,还包括欧玛嘉宝安瑞吉(北京)电气设备有限公司和欧玛嘉宝(珠海)开关设备有限公司昆山分公司。欧玛嘉宝集团已在中国注册“欧玛嘉宝”商标,该商标的专用权由欧玛嘉宝集团享有,欧玛嘉宝集团从未授权集团以外的其他公司在其公司名称、经营活动或其产品中使用“欧玛嘉宝”字样。

我们于近期发现一些别有用心中国厂家在其公司字号、网站及其它宣传品中使用“欧玛嘉宝”字样意图混淆其生产的产品与“欧玛嘉宝”品牌的关系。

我们特此声明,在中国,其他冠名“欧玛嘉宝”字样的公司与本公司或欧玛嘉宝集团、欧玛嘉宝集团属下任何其他中国公司之间并不存在任何关联关系,也不存在授权经营、区域代理、品牌许可等其他任何形式的关系,其生产的产品也与本公司或欧玛嘉宝集团或其属下其他中国公司无任何关系。

特此声明!

欧玛嘉宝(珠海)开关设备有限公司

2016 年 4 月 28 日