

[GIS]

550 kV GIS分支结构的抗震性能分析

文/西安西电开关电气有限公司 高小武 伦智达 牛麟 张洋

利用ANSYS软件对GIS分支结构进行有限元建模并在地震载荷作用下进行响应谱分析,得到了支筒结构的形变及应力,从而考核了该结构在9级(AG5)抗震水平下的可靠性及稳定性。

有限元模型的建立

1. 建立有限元模型

模型为云南省金安桥水电站550 kV GIS的分支部分,其作用为连接变压器与断路器。如图1所示为分支结构三维模型简图,支筒1下端连接变压器,支筒3下端连接断路器,由于变压器与断路器安置于地面,且结构稳定变形量小,计算中可认为其为刚体(无形变)。

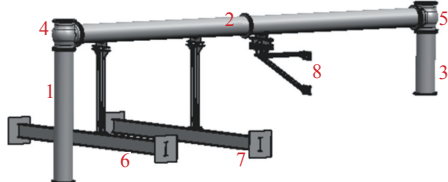


图1 GIS分支结构简图

1、2、3—支筒 4、5—三通壳体 6、7—H型钢支撑
8—三角支撑

针对此模型,由于分支结构内导体以及绝缘子质量相对壳体等质量较小,且导体连接处为螺旋弹簧,有一定缓冲,故地震情况下水平惯性力对固定支座的弯矩较小,对整体的受力分析结果影响不大,为减小计算工作量,省去了绝缘子以及内部导体等实体,仅将其重力载荷叠加到三通壳体上。

其中,三角支架以及H型钢支撑采用Q235钢制造,支筒及三通壳体采用铝合金材料制造,支架与支筒的缓冲垫为三元乙丙橡胶。

2. 静力载荷与约束的施加

此产品为户外产品,但考虑云南省的气候环

境,计算过程不考虑风载荷以及覆冰载荷。故载荷施加除自身重力以及产品运行时元件内所充的SF₆气体压力(0.4 MPa)外,只考虑地震载荷影响。在进行地震分析前,预先施加静力载荷,施加载荷后的有限元模型如图2所示。

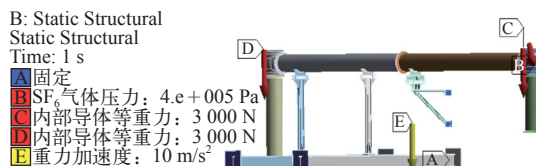


图2 载荷施加模型图

A为固定,包含H型钢及三角支撑的两端面,以及两个竖直支筒的底端;B为支筒内部SF₆气体的压力,为0.4 MPa,施加于支筒壳体内表面;C与D为绝缘子及内部导体作用到两端三通壳体上的重力;E为支架系统的重力加速度。

地震分析

1. 模态分析

主要分析了GIS分支结构在地震载荷作用下的动力响应,并分别对其进行了模态分析和瞬态分析。

其中模态分析主要分析研究了设备自身的动力特性,即其各阶模态特定的模态震型、阻尼比和固有频率,它是后面进行动力分析的基础。计算中,对设备进行了前8阶的模态分析,其结果如表1所示。

如表1所示,该结构自振频率不在地震的主要

表1 GIS支架结构8阶自振频率

模态阶数	频率/Hz	模态阶数	频率/Hz
1	11.05	5	24.58
2	11.11	6	32.47
3	14.12	7	33.17
4	20.71	8	35.54

频率1~10 Hz范围内,因此可以看出该结构存在发生共振和类共振的可能稍小,抗震性能良好。且第一、二阶模态下的结构形变分别在两个H型钢支架处最大,也说明了此结构安装H型钢支架的必要性。

2. 响应谱分析

瞬态分析即为对GIS设备分支结构的响应谱分析。通过ANSYS软件的瞬态分析模块,采用响应谱分析进行成对GIS支筒结构的地震响应分析。

550 kV GIS分支结构,对于地震波形的选择,按照GB/T 13540—2009《高压开关设备和控制设备的抗震要求》中的规定,采用最严苛条件,即按照9级(AG5)地震进行设防(AG5):阻尼比2%,水平方向地震加速度为0.5g,竖直方向地震加速度为0.25g,标准响应谱的频率-加速度参数取值如表2所示。其中,输入地震波时分别考虑双向X+Z和Y+Z输入(X、Y向为水平,Z向为竖直),并以其中计算的较大值作为强度校验参考。

表3 AG5抗震水平下的标准响应谱

频率/Hz	加速度/g	频率/Hz	加速度/g
0.5	4.3	9.0	14
1.0	8.5	20.0	7.5
2.4	14	≥25.0	5.0

计算结果及数据分析

通过对分支结构在其重力载荷、气体压力载荷以及分别在X+Z方向和Y+Z方向地震载荷联合作用下的有限元分析计算(X+Z向为支筒轴线平面方向;Y+Z向为垂直于支筒轴线平面方向),得出其结构的形变及应力如图3~图6所示。

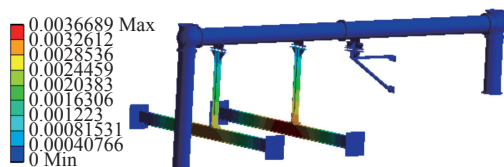


图3 X+Z向地震作用下结构变形图(单位:m)



图4 X+Z向地震作用下结构应力图(单位:Pa)

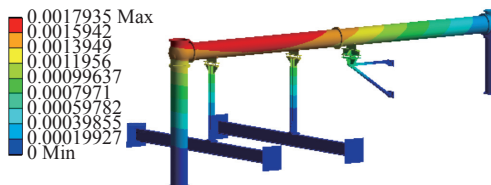


图5 Y+Z向地震作用下结构变形图(单位:m)



图6 Y+Z向地震作用下结构应力图(单位:Pa)

由图3~图6对分支结构的结果分析可知,H型钢支撑最大应力在Y+Z方向地震波作用下,位于水平与竖直的H型钢连接处,应力为28.2 MPa,形变为3.7 mm;三角支撑最大应力在X+Z方向地震波作用下,位于支撑上部的支撑圆板处,应力为16.1 MPa,形变为1.2 mm;支筒最大应力在X+Z方向地震波作用下,位于两个H型钢支撑中间位置,应力为6.4 MPa,形变为1.8 mm。

由前文可知,分支结构中H型钢支撑的最大应力28.2 MPa与三角支撑的最大应力16.1 MPa远小于其材料Q235钢的屈服强度235 MPa;支筒的最大应力6.4 MPa远小于其材料铸铝合金的屈服强度128 MPa。故结构强度上,此分支结构在AG5地震作用下满足使用要求,且有充分的裕度。

分支结构中,支筒内为连接导体及SF₆气体,支筒之间由绝缘子连接。若支筒变形过大,会减小支筒内的绝缘距离,影响支筒内的电场分布及其绝缘性能。本计算中,支筒变形最大为1.8 mm,相对其直径500 mm形变较小,故未明显减小支筒内的绝缘距离,且引起的支筒内的电场强度改变较小。故绝缘能力上,此分支结构在AG5地震作用下满足绝缘要求,且仍保留有较强的绝缘裕度。**EA**

(收稿日期:2017.09.13)

(编辑:刘群焱)