

ZF27- 800 型 GIS 的关键技术

韩国辉, 谭盛武, 韩书谟

(河南平高电气股份有限公司, 河南 平顶山 467001)

摘要: ZF27- 800 型 GIS 是为满足我国西北 750 kV 输电工程自主研发的 800 kV 气体绝缘金属封闭开关设备。笔者介绍了 ZF27- 800 型 GIS 的研制情况, 主要对 800 kV 断路器的开断系统、绝缘系统、传动系统和动力系统的核心技术进行了分析, 还对 GIS 中的母线、进出线套管的设计技术进行了说明。

关键词: ZF27- 800 型 GIS; 断路器; 开断; 绝缘

中图分类号: TM56

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)01-0026-03

The Key Technique of ZF27- 800 GIS

HAN Guo-hui TAN Sheng-wu HAN Shu-mo

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

Abstract: ZF27- 800 GIS is to meet the northwest 750 kV transmission line project of independent research and development of the 800 kV gas-insulated metal-enclosed switching. The research of ZF27- 800 GIS was analyzed, including the key techniques of the breaking system, the insulation system, the drive system and the power system of the 800 kV circuit breaker. The designing technology of GIS's bus and pass in and out line casing is also described.

Key words: ZF27- 800 GIS; circuit breaker; break; insulation

0 引言

ZF27- 800 型 GIS 是为满足我国西北 750 kV 输电工程自主研发的 800 kV 气体绝缘金属封闭开关设备(GIS), 目前已经通过技术条件要求的全部型式试验, 2007 年 4 月 27 日通过了公司组织的技术鉴定, 并于 2007 年 10 月 28 日通过了由中国机械联合会组织的上级技术鉴定。该产品已在国家电网公司西北地区后续 750 kV 送出工程中中标关亭站。主要元件包括断路器、电流互感器、隔离开关、接地开关、母线、套管、汇控柜和相关的附属设备。图 1 为 ZF27- 800 型 GIS 样式阶段的总体布置图。

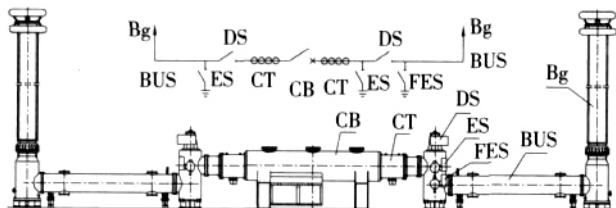


图 1 ZF27-800 型 GIS 样式阶段的总体布置图

1 断路器

断路器为整个 GIS 中最重要、最复杂的元件, 其

关键技术包括导电系统的设计、绝缘系统的设计、开断系统的设计、运动系统的设计、液压动力系统的设计等核心技术。ZF27- 800 型 GIS 的断路器采用自主设计技术, 为双断口卧式布置, 设计短路开断电流 50 kA, 额定电流 5 000 A, 配用自主设计的大功率液压操动机构。按照国家电网公司西北地区后续 750 kV 送出工程简化 GIS 的技术要求, 灭弧室内设置了电阻断口和合闸电阻, 用于限制合闸操作时产生的操作过电压, 传动系统可以确保电阻断口在合闸操作时提前主断口 8~12 ms 关合, 并在分闸操作时提前主断口分断。另外在每个断口间并联了一定数量的陶瓷电容器, 用于均匀两个断口承受的电压以及抑制开断后的恢复电压上升率。断路器外形见图 2。

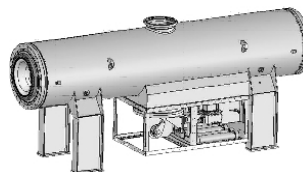


图 2 断路器外形图

1.1 开断系统

ZF27- 800 型 GIS 断路器开断系统的设计技术源自平高自主研发的 LW55- 550 型单断口罐式断路器, 800 kV 断路器的灭弧室的开断系统由两个 550 kV

收稿日期: 2007-09-17; 修回日期: 2007-11-30

作者简介: 韩国辉(1973-), 男, 硕士, 工程师, 长期从事高压开关设备的研发工作。

断口串联组成。平高的 550 kV 单断口罐式断路器的开断单元采用常规压气室结构,通过加大运动行程、提高运动速度和优化电场分布的手段,实现单断口 550 kV 开断 50 kA 的设计要求。在国家高压电器质量检验监测中心,550 kV 单断口产品一次性通过了全套的开断试验,试验的过程没有遇到障碍,一些大电流开断项目更是在不检修的情况下连续开断成功,额定短路电流下的累计开断次数高达 20 次,具有良好的开断能力。由于 800 kV 断路器灭弧室借用了 550 kV 单断口的开断系统,试验过程十分顺利,其间为了减少检修次数,L90、L75 和 T100a 在不检修的情况下一次性通过,表现出同样优异的开断性能。容量试验用的断路器设置了中间抽头,安装了 3 只 550 kV 的复合绝缘套管,以适应部分试验项目采取半极考核的试验方法,但在半极开断时,另一个断口将作为回路的辅助开关,同样开断试验电流。图 3 为容量试验现场。

ZF27-800 型 GIS 断路器的型式试验委托国家高压电器质量检验监督检验中心进行,全部试验项目在 2007 年 4 月完成。型式试验的结果表明,800 kV 断路器除了良好的开断性能外,还具有开断时间短、机械可靠性高及电寿命长的优点。

1.2 绝缘系统

800 kV 断路器的绝缘系统主要有 SF₆ 气体间隙

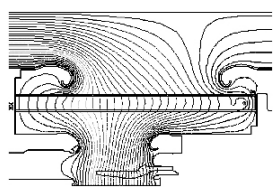


图 4 断口间的电场分布

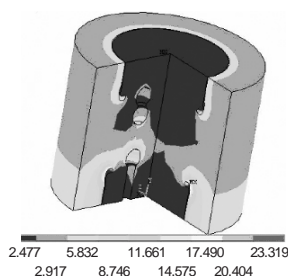


图 5 电阻断口的三维电场

冲击电场都是绝缘设计的重点和难点,需要大量的三维电场计算。需要特别指出的是,即使在计算软件相当成熟的条件下,也要考虑制造加工精度和装配精度的影响,设计时应留有一定的裕度,另外还需严格控制装配处理的质量控制。

1.3 运动系统的设计

800 kV 断路器的灭弧室对动触头运动速度要求较高,以达到在较短的时间内开断大容量短路故障的能力。由于采用了传统的压气式设计,迅速建立可持续的压气缸临界压力也需要操纵机构提供较大的动力,巨大的能量使得运动系统的机械强度成为设计的重要内容,在不损失强度的前提下降低运动部件的规化质量是必要的设计手段,另外加强运动系统的缓冲也是核心任务。还需要在降低运动系统的摩擦



图 3 试验现场的断路器

的绝缘和支撑或传动绝缘件绝缘两种形式。SF₆ 气体间隙的绝缘主要采用变曲率半径的屏蔽系统获得理想的电场分布,在场强相对较高的地方设计为多个曲线相切的轮廓,基本不出现相切的直线。这是因为场强相对较高处的曲线与直线的切点往往出现较高的场强值,再加上制造旋压屏蔽或机加工铸造屏蔽时切点处事实上也不能完全相切,另外较长的直线段增大了高场强的区域而导致面积效应突出^[1]。

对地的绝缘支撑采用环氧树脂浇注绝缘筒,由于承担了整个灭弧室的重量和操作时的冲击,设计了较大的筒径和壁厚、设置了密集的大半径嵌钉,在绝缘筒的上下交接处均设置了屏蔽罩或屏蔽环,中间穿过的绝缘拉杆的上下接头也被屏蔽在上下屏蔽罩内。图 4~7 为关键部分的电场分布计算结果。

另外,800 kV 灭弧室的合闸电阻的尾部电场、电阻断口的绝缘结构、电阻静触头与主回路的操作

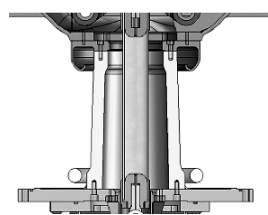


图 6 绝缘支撑的立体模型

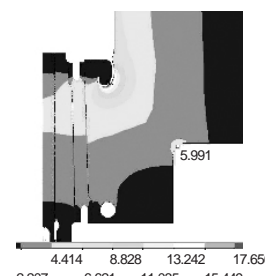


图 7 绝缘支撑的对地绝缘分析

阻力、提高四连杆机构的传动效率上精心设计。

进行运动系统分析的目的是校验传动元件的力学安全性能,使得各强度件的设计可靠而不笨重。这种传统的基础计算在超高压、特高压断路器的设计中显得尤为重要,一旦设备在运行时的例行操作中出現机械故障,将给用户造成极大的损失。图 8~10 为运动系统的部分计算结果。

1.4 液动力系统的设计

液动力系统的设计技术来源于平高自主研发

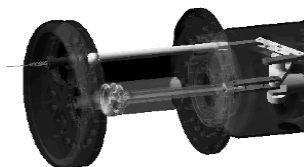


图 8 传动系统的动态分析模型

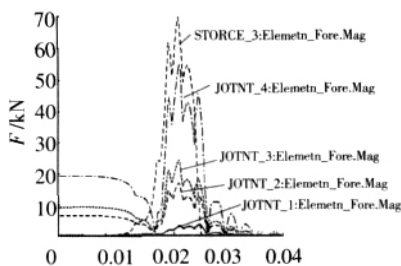


图9 运动过程重各关键节点处的应力曲线

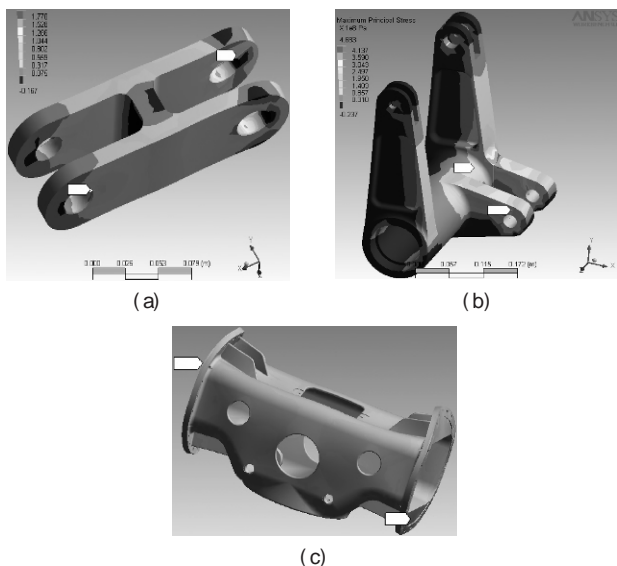


图10 一些关键强度件的动态应力分析

的CYT 液压操动机构系列,该系列的液压机构已经投入市场多年,技术原理已经成熟。800 kV 断路器的液压机构没有改变原有的液压传动原理,仅根据产品的型式和需要的输出功率对液压元件的布置方式、动力输出单元的尺寸进行了设计更改。

工作缸缸体水平布置在断路器罐体的下部,控制阀、信号缸和大部分管路都集成在工作缸缸体和连接阀块上,由于活塞缸缸体直径较大、行程较长,需要较大容积的高压油量,操作时的回油首先进入一个小型的辅助油箱里,辅助油箱里的液压油在通过一个较粗低压油管回到主油箱内,油泵电机、液压表、高压放油阀压力开关以及安全阀集成在主油箱的箱盖上,并联多支 N₂ 储压器布置在机构箱底部,用于动力储能,油泵电机通过压缩 N₂ 建立的高压油在操作时通过两根高压油管进入工作缸驱动活塞运动。

控制阀系统由一级阀、二级阀和分、合闸电磁铁构成。一级阀下部的调节螺钉用于调整电磁铁阀杆的动作行程,该控制阀的最大特点是动作速度快、稳定、可靠,具有失压防慢分功能,还可以通过调整“合闸速度调节螺杆”和“分闸速度调节螺杆”来调整断路器的分、合闸速度。二级阀还具有防慢分功能。

信号缸是一个微型的工作缸,和主工作缸并联,工作原理和主缸相同,它的作用是驱动转换开关。信

号缸转换的快慢可以通过节流孔很方便地实施控制,因此断路器的合-分时间也就可以方便地进行调节,保证满足产品技术条件的规定和用户的要求。

1.5 其它设计

除了上述系统设计外,合闸电阻的热容量计算和结构布置设计、电容器的容量设计、气流通道的设计、主回路的电联接设计以及盆式绝缘子、柱式绝缘子的设计都是 800 kV 断路器的重要设计内容。

2 隔离开关与接地开关

ZF27-800 型 GIS 的隔离与接地开关采用了东芝公司的技术,经过图纸转化进行了投制和调试,目前隔离开关部分的型式试验已基本完成,接地开关的试验正在进行中。图 11 为 L 型隔离开关和普通接地开关的结构示意图,其主要特点如下。

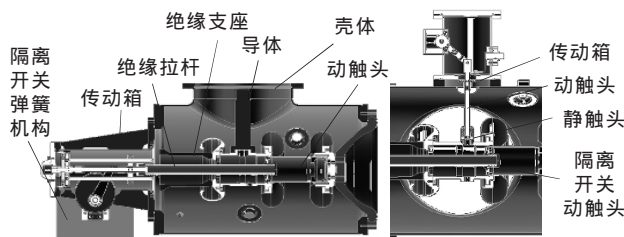


图11 L型隔离开关和普通接地开关的结构示意图

采用了传统的布局方式,没有安装断口间的电阻;隔离开关动触头引弧触指外侧缠绕了数扎旋弧线圈,用于增强熄弧能力,可切断 8 000 A 的母线转换电流;设置了较大功率的弹簧机构,为了降低操作时的冲击,传动箱的底部设计了 SF₆ 气体的缓冲气腔,缓冲效果良好;盆式绝缘子也来自东芝的转让技术;接地开关为传统的设计。隔离开关共分为 L 型、Z 型和 T 型 3 种布置方式,接地开关分为普通接地和快速接地两种规格。

转让的隔离开关的绝缘参数略低于我国西北电网的要求,通过绝缘的优化在闭锁压力下通过了全部绝缘试验。

3 母线与套管

ZF27-800 型 GIS 的母线、进出线套管也为自主设计技术,设计重点为绝缘及通流。其中的标准母线单元即可作为主母线也可用作分支母线;进出线套管采用双层屏蔽系统,可以使用瓷套管或硅橡胶套管,样机各投制一套。

母线的通体为铝板卷焊成型,中心导体和电联接为常规设计,使用柱式绝缘子支撑中心导体,柱式绝缘子的绝缘强度为设计的重点。见图 12。

套管由瓷套(或复合套)、内屏蔽、外屏蔽和中心导体组成,中间屏蔽分担一定比例的电 (下转第 31 页)

参考文献:

- [1] KEIL A, WERL W A, VINARICKY E. 电接触和电接触材料[M]. 赵华人, 陈昌图, 陶国森, 译. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [2] 刘平, 田保红, 赵冬梅. 铜合金功能材料[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] BELK J A, EDWARDS M R. Deformation Behavior of Tungsten Copper Composites[J]. Power Metal, 1993, 36(4): 293.
- [4] 徐德生, 任露泉, 邱小明, 等. WC/Cu基仿生非光滑耐磨复合涂层的研究[J]. 农业机械学报, 2004, 35(6): 148-151.
- [5] KIYOSHI. Electric Conductivity and Mechanical Properties of Carbide Dispersion Strengthened Copper Prepared by Compocasting [J]. Materials Transaction JIM, 1993, 34(8): 718-724.
- [6] 王孟君, 张立勇, 刘心宇, 等. WC/Cu复合材料制备及其高温性能[J]. 材料科学与工程学报, 2003, 21(4): 528-530.
- [7] 王耐艳, 涂江平, 杨友志. 原位反应纳米TiB₂/Cu复合材料的制备与微结构[J]. 中国有色金属学报, 2002, 12(1): 151-154.
- [8] KOGYO H G. Moulded Ceramic Reinforced Copper Article for Spot Welding Electrode[Z]. Mzz GB2243-160-A, 1991.
- [9] 李晓杰, 王占磊, 谢兴华, 等. WC/Al₂O₃颗粒增强Cu基复合材料爆炸粉末烧结实验研究[J]. 爆炸与冲击, 2006, 26(4): 356-360.
- [10] 胡锐, 高强. 高导Cu基复合材料的新型制造技术[J]. 兵器材料科学与工程, 1998, 21(6): 39-43.

(上接第25页)

了1倍以上,一般MOA正常运行时的相角差为75°~85°不等。经验表明,若相角差大于80°,则该避雷器性能优良;小于80°则性能下降,但一旦相角差低于75°,即相角差已经变化了5°~10°,则MOA的阻性电流已经增加了1倍以上,MOA已经劣化,应停止运行^[9,10]。总之,用相角差法判断MOA性能的优劣更简便、准确和直观。

参考文献:

- [1] 谢鹏, 张国栋. 金属氧化物避雷器试验测试方法的发展及应用[J]. 电瓷避雷器, 2006(5): 36-38, 41.
- [2] 孟毅, 文远芳, 龚李伟. 不同介质中MOV小电流特性的比较[J]. 电瓷避雷器, 2006(5): 17-20.
- [3] 王文利, 李燕青, 律方成. 金属氧化物避雷器在线检测的改进补偿法研究[J]. 高压电器, 2005, 41(3): 192-194.
- [4] 王宇, 张蓬鹤, 李贞. MOA泄漏电流相关概念分析[J]. 东北电力技术, 2005(8): 14-15.
- [5] 胡道明. MOA泄漏电流在线监测方法的探讨[J]. 南昌水专学报, 2004, 23(3): 57-58.
- [6] 郑健, 张国庆, 田悦新, 等. 氧化锌避雷器在线监测技术综述[J]. 继电器, 2000(9): 7-9.
- [7] 许恒迎, 夏荣, 李忠华. 基于非线性最小二乘拟合的容性、阻性电流信号分解算法[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2006, 11(1): 120-123.
- [8] 王来善, 刘云鹏, 杜瑞红. 基于软件分析方法的氧化锌避雷器泄漏电流在线监测[J]. 电力情报, 2002(2): 13-15.
- [9] 张金波, 范梅荣, 王俊, 等. 金属氧化物避雷器阻性泄漏电流无线检测方法的设计[J]. 高压电器, 2006, 42(1): 1-3, 7.
- [10] 盛亚军. MOA带电测试及其角度校正[J]. 浙江电力, 2003, 24(5): 32-33, 57.

(上接第28页)

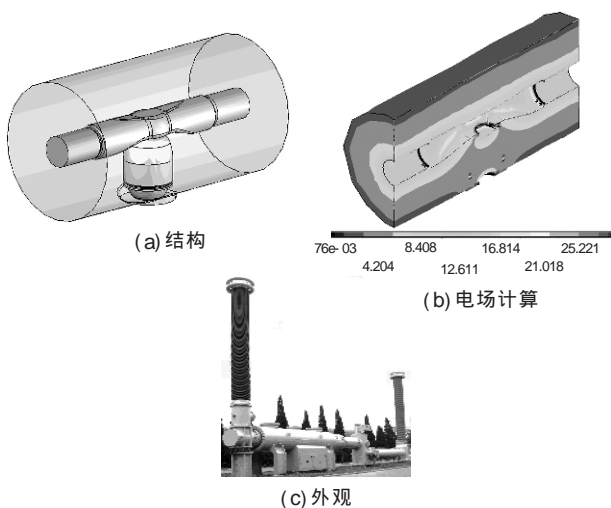


图12 母线的结构、电场计算和外观

压,用于减缓电位梯度,获得更均匀的电场分布,中间

屏蔽由绝缘子支撑形成对地的绝缘状态;外屏蔽主要涉及空气的绝缘强度、无线电干扰的水平和地面场强值的大小等。

4 结语

ZF27-800型GIS为平高自主设计的800kV级GIS设备,拥有完全自主知识产权,通过各元件的设计计算、制造、装配和试验验证,各项指标满足设计要求,是一种开断能力强、绝缘水平高、设计先进可靠的GIS产品,完全符合我国750kV线路的订货要求。

参考文献:

- [1] 朱德恒, 严璋. 高电压绝缘[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.