

[GIS]

ZF7A-72.5 kV GIS三相分箱产品的开发应用

文/西安西电开关电气有限公司 张震锋

对国内自主研发的72.5 kV GIS产品的开发应用进行了介绍，产品整体采用全三相分箱式结构，所有元件均采用三相机械联动。

目前国内厂家还没有研发出72.5 kV三相分箱GIS产品，大部分用126 kV GIS降电压等级代替；国际上ABB、日立、东芝和AREVA等跨国公司拥有72.5 kV小型化大容量的三相分箱式GIS产品。

产品简介

1. 主要技术参数

额定电压：72.5 kV；

额定电流：3 150 A；

额定频率：50 Hz；

额定短路开断电流：40 kA；

额定短时耐受电流（时间）：40 kA（3 s）；

额定峰值耐受电流：104 kA；

额定短时工频耐受电压（对地/断口）：160 kV/160（+16）kV；

额定雷电冲击耐受电压（对地/断口）：350 kV/350（+35）kV；

隔离开关开合母线转换电流：1 600/10 V；

快速接地开关开合试验（电磁感应、静电感应）：80 A/2 kV、2 A/6 kV；

快速接地开关额定短路关合电流：104 kA；

各元件机械寿命试验：10 000次（M2）；

SF₆气体表压（20℃时表压）断路器：额定压力0.50 MPa；闭锁压力：0.40 MPa；

SF₆气体表压（20℃时表压）其他气室：额定压力0.40 MPa；闭锁压力：0.30 MPa。

2. 总体结构及研发思路

（1）总体结构

72.5 kV GIS整体采用全分相式结构，产品主要由断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、电缆终端（进出线套管）、母线和控制柜等元件组成，如图1所示。

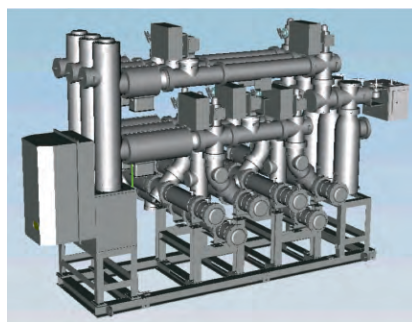


图1 产品结构简图

（2）总体研发思路

1) 根据国内、外电力市场需求，结合长期产品研发的经验，自主研发。

2) 通过对关键元件断路器的研究，研发出高性能、大容量、小型化和高可靠性的断路器。

3) 通过对产品绝缘结构、主导电回路以及载流能力的研究，研发出具有绝缘水平高、载流能力大的全三相分箱式产品。

4) 该产品采用全三相分箱式结构，断路器配弹簧操动机构，隔离开关、接地开关配电动机，快速接地开关配电动弹簧操动机构，开关元

件的传动均为三相机械联动，整体结构简洁、紧凑。

5) 断路器壳体及母线壳体均采用成型管材，简化了工艺制造，成套更方便，可靠性更高。

3. 关键技术研究及创新点

(1) 断路器的研究

该产品所用断路器灭弧室为单断口结构，额定电压72.5 kV，额定短路开断电流40 kA，断路器配CT20弹簧操动机构，三相共用一台弹簧操动机构，通过连杆实现三相机械联动操作，为了进一步提高断路器额定短路开断能力以及产品可靠性，主要进行了以下研究。

1) 断路器灭弧室短路开断能力的研究。随着计算机辅助软件的发展，以前进行电场计算一般采用二维电场进行计算，为了能够更好的模拟断路器灭弧室内的三维电场，采用3D电场仿真计算软件Workbench进行了电场计算，

2) 喷口的研究。喷口对灭弧室的开断及气流场起着至关重要的作用，它的形状与尺寸对气吹压力的建立和整个熄弧过程中气吹压力特性的影响，对弧道气流状态的影响都很大，对灭弧室的开断性能起着关键性作用，是灭弧室的心脏部分。72.5 kV GIS用断路器整体体积小、压力低，为了能够在有限的空间及压力一定的情况下提高断路器短路开断能力，减小最短燃弧时间，对灭弧室关键零件喷口形状进行了研究，特别是喷口喉道处的仰角以及与静弧触头分开后喷口下游区张角进行了研究，喷口喉道处的仰角适当增大会使喷口开断时更早打开，使电弧散热通道更通畅，有助于快速熄灭电弧；下游区的张角如果与电弧的扩散方向一致，使熄弧气流处于最佳的工作状态，有利于灭弧，能够进一步提高断路器短路开断能力。

3) 断路器三相机械联动的研究。对于开关设备不管是三相分箱还是三相共箱式结构，大部分传动方式均采用连杆结构或花键轴的形式进行连接，特别是对于三相联动时花键轴要求比较高，必须三相在同一条直线上，否则调整将会特别麻烦，因此针对此情况我们设计了花键套装置，它由两个独立的花键套组合在一起，然后两边再分别与相应的花键轴进行连接，不仅具有花键套所具有的连接功能，还具有实现角度的转换以及互相约束同步旋转的功能，具备独立调节尺寸的功能，能够节约大量的调整

试验时间，进一步提高了产品可靠性，已进行了10 000次机械寿命试验的验证，试验后花键套装置完好。

(2) 绝缘水平的研究

利用先进的计算机辅助软件Ansoft、ANSYS-WORKBENCH等三维电场计算软件，对产品的电场结构进行优化改进，特别是对于盆式绝缘三界面上的电场强度，结合我公司其他产品对于三界面的处理以及电场优化改进，力争将导体、屏蔽表面和三界面电场等最大场强降低到传统许用值的90%以下，提高产品的额定绝缘水平和裕度。

(3) 高性能隔离开关、接地开关的研究

在隔离开关设计初期，为了减少零件数量、提高装配效益，在设计动侧结构导体时，统一设计为一个零件，同时起到屏蔽罩的作用，使装配简单、方便；同时为了整体布置合理，检修方便及将功能进一步复合化，设计了单独的隔离开关DS、接地开关ES和快速接地开关FES，同时DS可带ES，实现了隔离开关、接地开关和快速接地开关三相联动，功能更强、布置及接线更加方便灵活，实用性强；标准化程度高。

型式试验

该产品严格按照国标GB1984、GB1985及IEC 62271-100、IEC 62271-203等标准要求，在国家高压电器质量监督检验中心进行完成了全套型式试验项目，部分试验照片如图2所示。



图2 产品试验照片

(下转第93页)

相比较国内和国外的申请和发展趋势,国内的申请相对较少,其起步晚于国外,但是由国内申请趋势可知,国内虽然起步较晚,但是国内一开始就借鉴了国外的先进技术,因此与国外的技术差距也比较小,并出现逐步逼近的趋势。

继电器吸合保持技术发展

而通过横向比较国外的专利申请量可发现,美国和德国在该领域都申请了大量的专利,且其一直处在领先的位置,而日本和法国的专利申请量则较少,其他国家次之。

在1986年,TEKADE FELTEN在德国申请的专利——带有阈值开关的接触器保持电路,首次出现了采用逻辑设备控制接触器的关断电流,首次出现了新的接触器节能控制方式。1988年,EBERLE GMBH在德国申请的专利DE3840991 A1涉及一种电磁开关驱动电路,该专利首次通过采用控制晶闸管触发导通角的方式控制线圈电流,其为新一代电子式节能方式较为完整的方案,随后逐步出现了类似采用控制晶闸管导通角的方式控制接触器电压电流大小。在1989年,摩

托罗拉公司在美国申请的专利——螺线管闭合检测,进一步采用了通过微处理器控制晶闸管触发角度以控制线圈的吸合和保持电压。

随后,随着开关电源技术的发展和成熟,接触器电子式节能方式逐渐替代原先的双线圈、单线圈控制方式而开始成为接触器吸合保持控制方式的主流,现代的接触器节能方式也一直都是致力电子式节能方式的各个控制模块的完善,以达到更优的节能性能。

随着国外先进技术的逐渐引进,国内接触器节能方式以电子式节能方式为主流也逐步走上快速发展的轨迹,通过国内专利量申请进行统计可知,国内有关接触器节能方式的专利申请主要以沿海地区及北上广为主,内陆申请较为少见。

在电磁系统节能领域中,电子式节能运行方式已经成为了接触器节能控制方式发展的潮流,随着半导体技术的发展,其在节能性能方面将得到更进一步的改进。EA

(收稿日期:2015.06.19)

(编辑:刘群点)

(上接第87页)

2013年06月,产品通过集团公司鉴定,达到了国内领先、国际先进水平。

工程应用

ZF7A-72.5 kV三相分箱气体绝缘金属封闭开关设备广泛用于72.5 kV输变电领域,由于它具有占地面积小、开断能力强、载流能力大、可靠性高和维修周期长等特点,深受国外电力市场用户的青睐。

该产品的研发成功,从材料成本、制造成本和运输成本等多个方面出发,实现产品利润最大化,提高72.5 kV GIS产品的市场竞争力,为开拓国外市场提供强有力的技术支持。产品现场运行如图3所示。

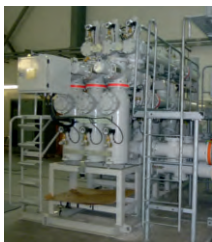


图3 产品现场运行照片

结束语

该产品的研发成功,完善了产品种类,进一步降低成本,提高72.5 kV GIS产品的市场竞争力,为开拓国外市场提供强有力的技术支持;有力地支持了我国电力事业的发展,为我国开关设备产品进入国际市场打下了坚实的基础。EA

(收稿日期:2015.06.05)

(编辑:刘群点)