

气体绝缘金属封闭开关设备在水电站的应用

程霖

(中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院 贵州 贵阳 550081)

摘要 :简述气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)的特性 ,回顾 GIS 的发展历史。论述我国大型水电站 500 kV 超高压配电装置中使用 GIS 的主要技术发展现状 ,提出了 GIS 的发展方向和需进一步研究的问题。

关键词 :GIS ;超高压配电装置 ;水电站 ;发展 ;应用

中图分类号 :TV733 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2009)S1-0148-03

气体绝缘金属封闭开关设备(gas-insulated metal-enclosed switchgear ,GIS)自 20 世纪 60 年代诞生以来 ,经过近 50 年的发展得到广泛的应用。由于 GIS 的元件全部密封 ,不受环境干扰 ,因此具有绝缘性能好、可靠性高、占地面积少、安装周期短、运行方便、维护工作量少、检修周期长、运行费用低等优点。GIS 越来越广泛地应用于水电站和城网变电站的配电装置中 ,近些年来尤其覆盖了大型水电站的超高压、特高压配电装置。

1 高压开关设备的发展

高压断路器在水电站的高压配电装置中是不可缺少的重要设备。100 年来 ,它经历了从多油断路器到少油断路器、空气断路器、真空断路器、六氟化硫(SF₆)断路器的发展。

1.1 油断路器

油断路器是用绝缘油作为绝缘介质和灭弧介质 ,由于绝缘油具有优良的绝缘性能和灭弧性能 ,使得油断路器在高压断路器的发展历史上长期占据支配地位。但是 ,绝缘油最大的弱点就是具有可燃性。在电力系统中 ,由于绝缘油引燃形成的开关爆炸和火灾事故不胜枚举。因此 ,油断路器已逐渐退出历史舞台 ,20 世纪 90 年代起就不再用于大、中型水电站的高压配电装置中。

1.2 空气断路器

空气断路器是利用压缩空气来灭弧 ,其主要特点是通过电流大 ,开断能力强。此外 ,用作空气断路器的灭弧、绝缘及操动介质的压缩空气易于得到 ,介

质强度高。但空气断路器存在一些缺点 :结构复杂 ,制造难度大 ,噪音高 ,造价高 ,维护费用大等。因此空气断路器发展较缓慢 ,目前已被真空断路器及 SF₆ 断路器所替代。

1.3 真空断路器

真空断路器是依靠真空灭弧室在真空中开断电流的 ,真空断路器由于灭弧能力强、电气寿命长、现场维护方便、技术含量高等优点 ,近年来在电力系统无油化改造中广泛应用于 40.5 kV 及以下电压等级的开断设备选型中。但由于真空断路器存在真空灭弧室的漏气问题 ,操作过电压较高 ,关键是单断口分断能力低 ,目前我国水电站中 ,只在 40.5 kV 以下的中低压配电装置中应用。

1.4 SF₆ 断路器

1.4.1 SF₆ 气体的基本特性

SF₆ 气体是目前世界上最优良的绝缘介质和灭弧介质。它无色、无味、无嗅、无毒、不燃烧 ;在常温常压下 ,化学性能稳定 ;与传统绝缘油相比 ,其绝缘性能和灭弧性能都要好得多。在均匀电场中 SF₆ 气体的绝缘强度为相同气压的空氣的 2.5 倍左右 ,当气体压力为 0.2 MPa 时 ,SF₆ 气体的绝缘强度相当于绝缘油。同时 ,SF₆ 气体具有优良的灭弧性能 ,其灭弧能力为空氣的数十倍^[1]。

1.4.2 SF₆ 断路器的特点

SF₆ 断路器是采用 SF₆ 气体作为灭弧和绝缘介质 ,其特点是开断性能可以较好地适应电力系统中各种运行状态的变化。除完成一般的开、合负荷电流及短路电流任务外 ,它还能顺利地适应系统特殊

工况的开断任务,诸如开断小电流、近区故障、反相失步操作以及发展性故障和并联开断等。 SF_6 断路器具有以下优点:①可靠性高,性能稳定,断流容量大。②体积小,噪音小。③结构简单,断口少。220 kV 可制成单断口,500 kV 每相也只有 1~2 个断口。④允许开断次数多,检修周期长,维护运行方便。一般可以做到 5 a 一小修,10 a 一大修的水平。⑤与其他设备组合成气体绝缘金属封闭开关设备,将大幅度减少配电装置的占地面积,减少维护工作量。

1.4.3 SF_6 断路器的发展

SF_6 断路器自 20 世纪 50 年代问世以来发展很快,至 70 年代就登上世界最高电压等级,成为超高压配电装置中的主要操作设备。目前,国外已开发出 750 kV 和 1000 kV 的特高压 SF_6 断路器^[2]。

我国 SF_6 断路器的制造业虽起步较晚,但近年来发展较快。最新开发出 550 kV/40 kA/50 kA 的单断口 SF_6 断路器,成为世界上为数不多的掌握该技术的国家之一。为我国进一步研制 800 kV、1100 kV SF_6 断路器和 GIS 设备奠定了技术基础^[3]。

目前我国大型水电站的 500 kV 配电装置中已全部使用 SF_6 断路器。

2 GIS 的特点

GIS 是由 SF_6 断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、氧化锌避雷器、封闭母线、连接件和出线终端等元件组合成的一个整体。这些元件全部封闭在接地的金属外壳中,内部充满 SF_6 气体作为绝缘和灭弧介质,除断路器以外的各部分气体气压一般在 0.3~0.45 MPa。

2.1 占地面积和空间小

GIS 结构非常紧凑。220 kV GIS 的占地面积仅为常规敞开式变电站的 10% 左右。500 kV GIS 的占地面积仅为常规敞开式变电站的 5% 左右^[4]。这一点对人口密集的城市变电站及山区水电站来说可节省大量用地和减少工程开挖量。

2.2 设备运行安全可靠

由于没有和很少暴露在大气中的外绝缘,因此消除了由于海拔高度、大风、冰雪、降雨、潮湿、污秽变化等气象环境和小动物等外界因素引起的绝缘闪络事故,没有火灾的危险。对已投运的国内外 GIS 统计表明,其可靠性与敞开电器相比大约为 10:1^[4]。单相布置的 GIS 由于接地金属外壳的屏蔽作用,使导体上的电动力大大减小,因此稳定性好。GIS 由于重心低,瓷套等脆性元件少,因此抗震性能也较好。

由于高压被接地的金属外壳屏蔽,因而不会发

生触电事故。同时,在超高压系统中的静电感应以及电晕对广播、通讯、电视干扰等问题也随之得到解决。

2.3 噪音水平低

常规电器可听噪音较严重,特别是空气断路器操作时噪音特别大,一般需加消音装置。超高压配电装置的母线及其他设备也存在着可听噪音。采用 GIS 后就可避免这一问题。

2.4 安装工期短,维护工作量小,检修周期长

GIS 在出厂前已调试合格,并部分组装好,现场安装工作主要是进行整装和调试,安装简单。一般大型水电站 500 kV GIS 的安装工期为 6 个月左右。

GIS 平时的维护工作主要是补气,不需要定期清扫绝缘子,维护工作量大为减少。检修周期是常规电器的 5~10 倍^[4]。

3 GIS 的发展及在水电站的应用

20 世纪 60 年代中期,美国制造了第一套 GIS 设备,使高压电器发生了质的飞跃,也给配电装置带来了一次革命。半个世纪以来,GIS 设备发展很快,目前 GIS 的最高电压已达到 1100 kV,额定电流达 12000 A,开断电流超过 100 kA。国际上已经做到 300 kV 全三相共简化,550 kV 母线三相共简化^[3]。

国外发达国家基本上规定超高压和特高压配电装置均要使用 GIS。1991 年建成的当时世界上最大的水电站——伊泰普水电站 500 kV 配电装置就是采用了 GIS。

我国对 GIS 的研制和运用也较早,1967 年西安高压开关厂与长江水利委员会就开始联合研制 110 kV 的 GIS,并试制出产品,于 1972 年在丹江口水电站投入运行。40 年来,国内生产和研制 GIS 的厂家约有 20 多家,在这 20 多家生产厂家中,都生产 126 kV GIS,也有的生产 252 kV GIS。在生产 550 kV GIS 的厂家中,外企(合资)主要有 ABB、Siemens、GE 等企业,国企主要有西开高压电气和新东北电气(沈阳)高压开关有限公司。2007 年 500 kV GIS 国产共 188 个间隔。我国已启动 1100 kV 特高压交流输电工程,目前国内三大企业(西安西开高压电气股份有限公司、平高集团有限公司和新东北电气(沈阳)高压开关有限公司)正在积极研制 1100 kV GIS^[3]。

我国是一个水电资源丰富的国家,水电资源主要分布在西部及南部山区。在修建水电站的升压变电站时,常因场地所限,要布置常规变电站就必须开挖大量土石方,仅场地准备一项就要耗费大量的人力、物力。同时,在某些特殊场合如地下厂房,采用常规变电设备在技术上也是难以实现的。因此,近

些年来,我国大型水电站的超高压配电装置均采用尺寸比常规电气设备小得多的 GIS。

天生桥二级水电站是国内第一个采用 500 kV GIS 的水电站,于 1992 年建成投运。由于天生桥二级水电站的地质条件复杂,厂址范围狭窄,开关站若采用常规敞开式布置极其困难。因此 500 kV 及 220 kV 开关站采用 GIS 户内配电装置。500 kV GIS 室面积为 $160 \times 14.6 \text{ m}^2$, 220 kV GIS 室面积为 $55 \times 13 \text{ m}^2$, 占地面积仅为同类敞开式开关站的 5%,使土建工程量大为减少,安装周期缩短,运行可靠性大幅度提高。500 kV GIS 由日本三菱电机公司与西安高压开关厂联合生产,主要元件在日本制造,然后在西安高压开关厂进行组装和出厂试验。GIS 投运 16 年来,运行良好,为西电东送创造了巨大的经济效益。

以后陆续建成投运的漫湾、天荒坪、隔河岩、小浪底等多座大型水电站也采用了 500 kV GIS。世界最大的水电站——三峡电站,其左右岸厂房全部装设 500 kV GIS。

4 GIS 的研究动向

4.1 发展三相共筒式

为减少水电站地下厂房的开挖量,使 GIS 进一步小型化,发展三相共筒式是必要的。它能使 GIS 零部件数量减少,结构更紧凑。进一步缩小了安装量,可以整体包装运输,因而更加减少了现场的安装调试工作量,也减少了外壳的涡流损耗。

4.2 提高断路器单个断口的电压

由于 GIS 已向特高压发展,提高断路器单个断口电压水平的重要性越来越突出。它不仅能减少某一电压等级的串联断口数,还减少了零部件数量,缩小 GIS 的占地面积,因而提高了经济指标。同时还有利于断口电压的均匀分布,提高设备运行的可靠性。

4.3 发展高标准大容量的 GIS

随着电力系统的发展,短路电流越来越大,有关高压电气设备标准对动、热稳定电流的要求更加严格。因此应进一步研制开发 GIS 中的大容量 SF_6 断路器,并缩短全开断时间。

4.4 提高机械操作寿命和电寿命

提高 GIS 开关的机械操作寿命和电寿命,可使 GIS 向不维修方向发展,延长开关的使用年限,发挥更大的经济效益。

4.5 降低 SF_6 气体的泄漏率

任何事物都具有两重性,虽然 SF_6 气体是一种绝缘和灭弧性能良好的无毒气体,但是由于它含有氟原子,属于“温室气体”,对全球气候变暖有较大的影响。《联合国气候变化公约》及《联合国气候变化

框架公约京都议定书》对 SF_6 气体的排放量进行了限制。我国每年生产的约 7 000 t 的 SF_6 气体,80% 用于输变电设备,其中 GIS 又是 SF_6 气体用量最大的设备^[5]。但迄今为止,还未找到比 SF_6 气体综合性能更好的气体介质。因此,降低 SF_6 气体的泄漏率是 GIS 发展方向的一个关键问题。

我国国家标准规定 GIS 的漏气率每年应小于或等于 1%^[6], IEC62271—203《气体绝缘金属封闭开关设备》标准已明确将年漏气率从 1% 减少到 0.5%^[5]。这显然对 GIS 密封设计、气密封性外壳材料都提出了更高的标准,但有利于环保要求。为了满足《京都议定书》对 SF_6 气体排放的限制,并向 IEC 标准靠拢,应加强对提高 GIS 密封性能的研究,使 GIS 的漏气率降低到每年 0.5% 以下。

参考文献:

- [1] 黎明,黄维枢. SF_6 气体及 SF_6 气体绝缘变电站的运行 [M]. 北京:水利电力出版社,1993.
- [2] 冯庆东,韩先第. 1000 kV 气体绝缘金属封闭开关设备 [J]. 电力设备, 2005, 4(4): 23.
- [3] 李建基. 高压气体绝缘金属封闭开关设备的发展 [J]. 农村电气化, 2007(11): 5.
- [4] 许百立,袁达夫,程霖,等. 水利水电工程勘测设计综述 VI 机电 [M]. 成都:电子科技大学出版社,1993: 42-43.
- [5] 张文兵,罗庆文. SF_6 气体在高压开关设备中的应用 [J]. 电力设备, 2008, 8(8): 2-3.
- [6] 刘次平,柯自力,姜惠文,等. 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备 [S]. 北京:中国标准出版社,1998.

(收稿日期: 2009-00-00 编辑: 方宇彤)

· 简讯 ·

“全国第二届堆石混凝土技术研讨会” 在太原召开

为推动我国混凝土工程领域高新技术的发展与应用,促进行业科技水平的提升。2009 年 6 月 24 ~ 25 日,“全国第二届堆石混凝土技术研讨会”在太原召开。本次会议由水利部科技推广中心和清华大学土木水利学院主办,山西省水利学会、清华大学国际工程项目管理研究院等单位承办。会议的主要内容是:①介绍自密实混凝土技术、堆石混凝土技术的起源与发展及应用技术规程和实际操作;②堆石混凝土技术应用案例介绍,技术交流与研讨;③参观山西恒山、清峪水库堆石混凝土技术应用现场。来自全国各地工程管理、规划、设计、施工、监理等单位的主管领导、总工程师、项目负责人及技术骨干以及高等院校、研究机构、咨询机构的领导和技术负责人等近 200 名代表参加了本次研讨会。

(编辑部供稿)