

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.06.011

35 kV 及 10 kV 环保型气体绝缘开关柜的应用研究

谌淼军¹, 肖强晖¹, 刘春²

(1. 湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007; 2. 益阳电力勘测设计院有限公司, 湖南 益阳 413000)

摘要: 针对某新建 110 kV 变电站的特点, 提出一种 35 kV 及 10 kV 环保型气体绝缘开关柜。从开关柜技术特点、布置方案、经济技术 3 个方面, 比较 35 kV 及 10 kV 环保型气体绝缘开关柜与常规 KYN 系列空气绝缘开关柜、SF₆ 气体绝缘开关柜的优劣性。分析结果显示: 相对于常规 KYN 系列空气绝缘开关柜和 SF₆ 气体绝缘开关柜, 环保型气体绝缘开关柜具有环保、运行稳定、维护方便、占地面积小、经济效益好等优点, 更符合某新建 110 kV 变电站的建设要求。

关键词: 变电站; 气体绝缘; 开关柜

中图分类号: TM591

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)06-0053-05

Application of 35 kV and 10 kV Environmental-Friendly Gas-Insulated Switchgear

Chen Miaojun¹, Xiao Qianghui¹, Liu Chun²

(1. School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Yiyang Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd., Yiyang Hunan 413000, China)

Abstract: In view of the characteristics of a newly-built 110 kV substation, proposed a 35 kV and 10 kV environmental-friendly gas-insulated switchgear. From three aspects of switchgear technical characteristics, collocation scheme and economic technology, analyzed the merits and demerits of the environmental-friendly gas-insulated switchgear, conventional KYN series of air-insulated switchgear and SF₆ gas-insulated switchgear. The analytic results showed that: compared with the conventional KYN series of air-insulated switchgear and SF₆ gas-insulated switchgear, environmental-friendly gas-insulated switchgear has the advantages of environmental protection, stable operation, easy maintenance, small area and good economic returns, etc., more in line with the construction requirement of the newly-built 110 kV substation.

Keywords: substation; gas-insulated; switch cabinet

0 引言

随着社会、经济和开关技术的不断发展, 工程建设的复杂程度加大, 开关设备的小型化、免维护、智能化的产品越来越受到青睐。常规以空气为绝缘介质的 35 kV 及 10 kV 电压等级开关柜存在体积和质

量较大, 操作、维护困难, 不能满足用地紧张、环境恶劣的工程需求^[1]等缺点。而气体绝缘开关柜不受外界环境条件变化的影响, 可运行在环境恶劣的场所, 具有环境适应性强、占地面积小、可靠性高、免维护等特点, 适用于用地紧张、环境恶劣地区的

收稿日期: 2015-09-20

作者简介: 谌淼军 (1990-), 男, 湖南岳阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力网络自动化技术及应用,

E-mail: 469912369@qq.com

通信作者: 刘春 (1984-), 男, 湖南岳阳人, 益阳电力勘测设计院有限公司工程师, 主要研究方向为变电站一次设计,

E-mail: 93745479@qq.com

变电站及配电所。

所谓气体绝缘开关柜，是将高压元件如母线、断路器、隔离开关、互感器、电力电缆等密封在充有性能优异的 SF_6 、 N_2 等低压气体的壳体内，有效缩小了柜体的外型尺寸。气体绝缘开关柜配用性能良好的免维护真空断路器，可大大减小维护和检修的工作量^[1]。

因此，本文针对某新建110 kV变电站中35 kV及10 kV气体绝缘开关柜的选型问题，在保证变电站功能、满足运行维护要求的前提下，提出采用一种以 N_2 或 N_2 与 SF_6 混合气体为绝缘介质的环保型气体绝缘开关柜。首先对环保型气体绝缘开关柜与常规KYN系列空气绝缘开关柜、 SF_6 气体绝缘开关柜，在变电站中的应用及经济技术特点进行比较分析；再以分析比较结果为依据，选取了具有更高性价比和可靠性的 N_2 及 N_2 与 SF_6 混合气体为绝缘介质的环保型气体绝缘开关柜（N2X/N2S型开关柜），作为某新建110 kV变电站中35 kV及10 kV气体绝缘开关柜的方案。

1 N2X/N2S型开关柜介绍

1.1 N2X/N2S型开关柜结构

N2X系列（单气室）开关柜采用 N_2 环保型绝缘气体，将母线、断路器、隔离开关等元器件密封于同一气箱内，使元器件不受外界环境影响，结构更紧凑，柜体尺寸更小，占地面积更少。充气气箱有压力释放装置，其向上泄压，以保障操作人员的人身安全。插拔式电压互感器可直接插入气箱插座，扩展灵活，安全可靠。柜间采用专用硅橡胶连接器连接，安装快捷方便，扩展灵活。进出线可采用电缆、封闭绝缘母线、封闭母线桥等方式，柜前安装，灵活方便，如图1所示^[2]。

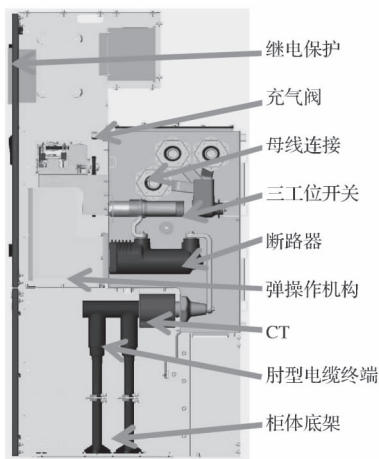


图1 N2X型出线柜结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of N2X outlet cabinet

N2S系列（双气室）开关柜主回路分为2部分，即母线室气箱和断路器室气箱。整体为上下布置，断路器室气箱在上，母线室气箱在下。断路器箱包括断路器、电流互感器CT（current transformer）、电压互感器PT（potential transformer），母线气箱包括母线和三工位隔离开关。高压部件密封在气箱内，不与外界接触。每个气箱都有独立的压力释放装置，防止内部气压意外升高。气箱之间采用插拔式硅橡胶连接器连接，形成一个进出线回路。进出线可采用电缆、封闭绝缘母线、封闭母线桥等方式，柜前安装，灵活方便，如图2所示^[2]。

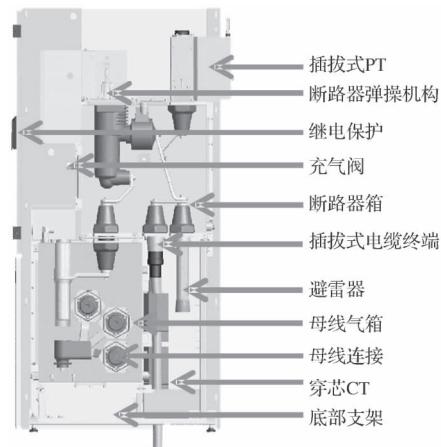


图2 N2S型出线柜结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of N2S outlet cabinet

1.2 N2X/N2S型开关柜技术特点

N2X/N2S系列12.0~40.5 kV环保型气体绝缘开关柜，采用 N_2 或 N_2 与 SF_6 混合气体为绝缘气体。其中，12.0 kV开关柜内的绝缘介质采用100%纯 N_2 ，40.5 kV开关柜内的绝缘介质采用50% N_2 和50% SF_6 混合气体。根据文献[3]可知，110（66）~750 kV智能变电站用的开关柜包括13种12.0~40.5 kV开关柜，其中40.5 kV开关柜要求额定短路开断电流为31.5 kA，额定电流为2 500 A；12.0 kV开关柜要求额定短路开断电流最大为40 kA，额定电流为3 150 A。

根据短路电流计算条件：1）湖南省220 kV及以上网络参与计算，110 kV网络开环考虑；2）短路水平年按远景水平年考虑；3）短路阻抗不含变电站本身阻抗，为标么值。由《某新建110 kV输变电工程可行性研究报告》中提供的参数，可计算出35 kV侧短路电流为7.80 kA，10 kV侧短路电流为19.45 kA。而N2X/N2S型开关柜的额定电压范围为12.0~40.5 kV，额定电流范围为630~3 150 A，短路开断电流为25~40 kA，完全能够满足工程的技术要求。根据某新建110 kV变电站建设规模，选用的气体绝缘开关柜主要技术参数如表1所示。

表1 环保型气体绝缘开关柜主要技术参数特性表

Table 1 The main technical parameters of environmental-friendly gas-insulated switchgear

额定电压/kV	额定电流	柜体型号	柜体尺寸(宽×高×深)/mm	绝缘气体组成
12.0	1 250 A/25 kA	N2X(出线)	500×2 400×1 500	100%N ₂
		N2X(主进)	800×2 400×1 500	100%N ₂
		N2X(分段)	800×2 400×1 500	100%N ₂
		N2X(母线设备)	500×2 400×1 500	100%N ₂
40.5	3 150 A/31.5 kA	N2X	800×2 400×1 500	100%N ₂
		N2S(主进)	800×2 400×1 500	50%N ₂ +50%SF ₆
		N2S(出线)	600×2 400×1 500	50%N ₂ +50%SF ₆

2 开关柜技术特点比较分析

N2X/N2S型气体绝缘开关柜不仅可替代国外知名品牌的同类气体绝缘开关柜,还满足国内电力系统要求。N2X/N2S型气体绝缘开关柜与SF₆气体绝缘开关柜的技术特点比较如下:

1) 保护环境。少用或不用具有温室效应而被限制排放的SF₆,可降低对环境的危害,响应国家电网公司关于“建设环境友好型”变电站的要求。

2) 易于维修。N2X/N2S型气体绝缘开关柜的结构灵活,可在不移动相邻柜的情况下更换柜体,缩短抢修时间。

3) 缩小气箱和开关柜尺寸。采用N₂或N₂与其他气体混合绝缘,使气箱和开关柜尺寸更小。

4) 降低设备运行能耗。额定电流3 150 A的大电流产品采用完全自然冷却,可进一步降低设备运行能耗。

5) 提高安全性。母线分段(主变进线柜)采用两柜组合,分段断路器两侧(母线侧)带三工位开关,可使设备运行、检修更安全^[4]。

N2X/N2S型气体绝缘开关柜与KYN系列空气绝缘开关柜的技术特点比较如下:

1) 设备小型化。N2X/N2S型气体绝缘开关柜是基于紧凑、低气压设计理念及激光切割和焊接制造技术,将各单元设置在柜体内,充入低压力N₂或N₂与SF₆的混合气体。该开关柜外型尺寸大大缩小,便于布置和减少配电装置的占地面积,减少材料的消耗^[5]。其与KYN系列空气绝缘柜的主要材料使用及占地面积比较如表2所示。

表2 材料使用及占地面积对比表

Table 2 The contrast of material usage and areas

规格	主要材料/%		柜子宽度/cm	占地面积节省/%
	电压/kV	电流/A		
12.0	1 250	14 28	37	40
	3 150	10 25	20	45
40.5(N2S)	1 250	35 47	50	73

2) 可靠性和安全性提高。主回路的导电部分密

封于N₂或N₂与SF₆的混合气体中。高压带电导体封闭,使其不受外界环境变化的影响,可使用在环境恶劣的场所,设备能长期安全运行,具有高可靠性并且无触电和火灾危险。因气体压力低,密封问题已不突出,且气密性好,可达30年不用补气。

3) 维护简单。N2X/N2S型气体绝缘开关柜的各高压元件或用气体密封或以金属封闭,零部件无锈蚀现象,维修的工作量很小;采用寿命长、性能稳定的真空断路器可实现免维护或少维护。

4) 应用、布置方便。气体绝缘开关柜将高压元件组成若干标准模块,通过组合可以满足各种主接线的要求,也能满足各种不同使用场合的需要。该柜可根据需要,通过预留的电缆插座来增加进出线的数量进行扩容;三相高压元件设置在气体绝缘开关柜的充气壳体内,易于将电缆作为电源的引入、引出,该柜与主变压器的连接、布置方便。

5) 气体绝缘开关柜主回路电阻小,降低耗材和减少运行能耗。表3为本项目N2X/N2S柜采用N₂或与其与SF₆的混合气体绝缘与KYN系列空气绝缘开关柜柜电阻所占百分比的比较^[6]。可知,采用N2X/N2S型绝缘开关柜能降低50%左右的运行能源损耗。

表3 电阻比较表

Table 3 Resistance comparison

规格		主回路电阻/%		
电压/kV	电流/A	N2X	N2S	KYN
12.0	1 250	47	56	100
	3 150	37	50	100
40.5	1 250		51	100
	2 500		57	100

6) 主变进线柜及分段柜内设有三工位隔离开关,将传统空气柜的主变进线(分段)断路器柜与主变进线(分段)隔离柜合二为一,满足运行、检修安全的要求,进一步减少了占地面积。

3 布置方案对比

基于上述N2X/N2S型气体绝缘开关柜的优点,某

新建 110 kV 变电站中 35 kV 及 10 kV 配电装置将在 N2X/N2S 型气体绝缘开关柜与常规空气绝缘开关柜中进行选择。

结合本工程规模, 35 kV 及 10 kV 环保型气体绝缘开关柜配电装置布置方案及常规空气绝缘开关柜布置方案^[7]分别见图 3、图 4。某新建 110 kV 变电站

配电室建筑面积为 111.6 m² (长 27.9 m × 宽 4 m), 常规布置方案配电室建筑面积为 252.7 m² (长 26.6 m × 宽 9.5 m)。由图可知, 采用环保型气体绝缘开关柜的布置方案与常规布置方案相比, 配电室的建筑面积减少了 141.1 m², 同比压缩了 55.8% 的建筑面积。

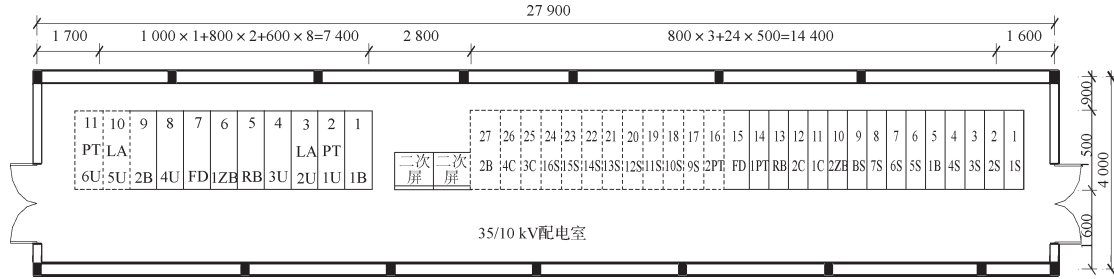


图 3 环保型气体绝缘开关柜方案配电室布置示意图

Fig. 3 The distribution room layout of environmental-friendly gas-insulated switchgear

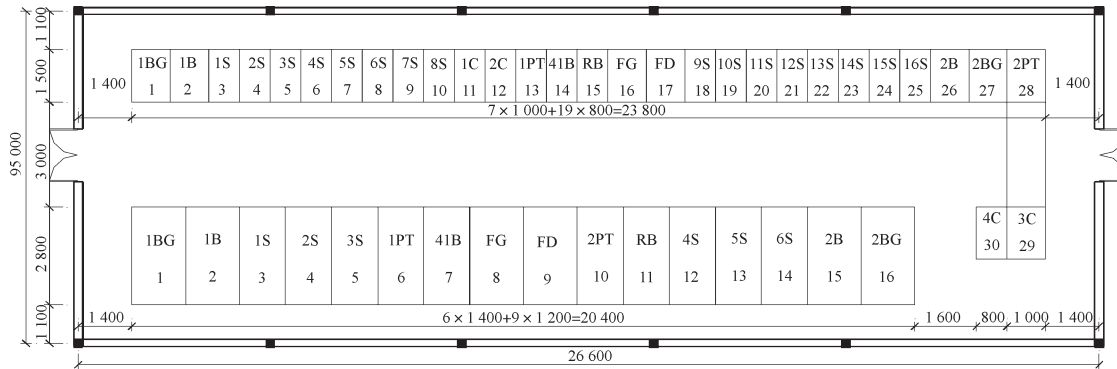


图 4 常规中置式开关柜方案配电室布置示意图

Fig. 4 The distribution room layout of conventional central switch cabinet

4 技术经济分析对比

1) 一次性投资

根据湖南省电力公司 2014 年国网第一次集中规模招标物资中标价格, 并参考近期内市场价格的波动情况, 结合本期工程远景规模, N2X/N2S 型开关柜与 KYN 系列开关柜的一次性投资比较详见表 4。

表 4 一次性投资比较表

Table 4 The investment comparison table 万元

项目	KYN	N2X/N2S
设备价格	253.5	384.4
占地成本	5.69	2.51
配电室建筑成本	50.54	22.32
总计	309.73	409.23

注: 按 225 元 / m² 计算占地成本, 按 0.2 万元 / m² 计算配电室建筑成本。

由表 4 可知: 一次性投资方面, KYN 系列开关柜要略优于 N2X/N2S 型气体绝缘柜。

2) 运行维护

N2X/N2S 型开关柜内各高压元件或用气体密封

或以金属封闭, 零部件无锈蚀现象, 需维修的工作量很少; 采用寿命长、性能稳定的真空断路器, 可实现免维护或少维护。而 KYN 系列开关柜根据以往运行经验来看, 常有各种故障发生, 尤其以绝缘及开关类故障居多, 在产品全寿命周期内, 元器件检修及更换比例都较高。相比之下, N2X/N2S 型开关柜在运行维护上具有明显的优势。经咨询相关的运行维护部门, 按本站规模, KYN 系列开关柜年运行维护费用约为 1.2 万元, 其全寿命周期期间的运行维护费为 48 万元; N2X/N2S 型开关柜年运行维护费用约为 0.2 万元, 其全寿命周期期间的运行维护费为 8 万元。可见: 在全寿命周期期间, 采用气体绝缘开关柜的运行维护费要低于常规 KYN 系列开关柜。

3) 电能损耗

N2X/N2S 型气体绝缘柜相比 KYN 系列开关柜, 主回路电阻只有后者 50% 左右。这就意味着, 如果采用 N2X/N2S, 将能降低 50% 左右的运行能源损耗。KYN 系列开关柜的电能损耗为 1.56 kW · h, N2X/N2S 型气体绝缘柜的电能损耗为 0.71 kW · h, 按开关柜运行时

间 7 200 h/a、年限 40 a 计算, 2 种开关柜全寿命周期期间的电能损耗(按综合电价 0.5 元/(kW·h)考虑)见表 5。可见: 在全寿命周期期间, N2X/N2S 型气体绝缘柜的电费损耗更低。

表 5 全寿命周期期间的电能损耗比较表

Table 5 Energy consumption comparison during the whole life cycle

类型	全寿命周期期间电能 损耗总值/kW	全寿命周期的 电费损耗/万元
KYN 系列开关柜	449 280	22.46
N2X/N2S 型气体绝缘柜	204 480	10.22

4) 2 种开关柜全寿命周期期间的成本分析如表 6 所示。可见: N2X/N2S 型气体绝缘柜在全寿命周期期间使用总成本要略高于 KYN 系列开关柜。

表 6 全寿命周期期间的成本比较表

Table 6 The cost comparison during the whole life cycle 万元

类型	一次 投资	全寿命周期的电 费损失折现值	运行维护 费用	使用总 成本
KYN 系列开关柜	309.73	22.46	48	380.19
N2X/N2S 型气体 绝缘柜	409.23	10.22	8	427.45

5) N2X/N2S 型气体绝缘柜与 KYN 系列开关柜的技术经济综合比较如表 7 所示。可见: N2X/N2S 型气体绝缘柜在全寿命周期期间的使用总成本虽略高于 KYN 系列开关柜, 但其运行稳定性、电能损耗、运行维护等方面都要比 KYN 系列开关柜更加优化。

表 7 技术经济综合比较表

Table 7 A comprehensive technical and economic comparison

类型	运行稳 定性	电能 损耗	占地面积/ m ²	运行、使用总成本/ 维护 万元
KYN 系列 开关柜	一般	大	237.5	一般 380.19
N2X/N2S 型 气体绝缘柜	高	小	102.0	简便 427.45

5 结论

通过以上对各类开关柜的技术特点和经济性的对比分析, 可得出以下结论:

1) 环保型气体绝缘开关柜(N2X/N2S 型气体绝缘柜)除拥有 SF₆ 气体绝缘开关柜共有特点外, 还具有环保、结构灵活、抢修便利、能耗低等优点;

2) KYN 系列开关柜使用总成本虽略低于 N2X/N2S 型气体绝缘柜, 但是 N2X/N2S 型气体绝缘柜在运行稳定性、维护方便性方面较 KYN 系列开关柜有优

势, 且节约了大量的占地面积, 结合本站站址处于稻田内, 后者响应了国家“不占耕地、少占耕地”的政策以及国家电网公司关于建设“环境友好型变电站”的要求。

综合而言, 某新建 110 kV 变电站建设方案中推荐环保型气体绝缘开关柜(N2X/N2S 型气体绝缘柜)。

参考文献:

- [1] 刘振亚. 智能电网知识读本[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 4.
Liu Zhenya. Smart Grid Knowledge Reading[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2010: 4.
- [2] 上海天灵开关厂有限公司. N2X/N2S 环保型气体绝缘金属封闭开关设备[EB/OL]. [2015-05-11]. <http://b2b.bjx.com.cn/8441993/product-list.html>.
Shanghai Tianling Switchgear Co., Ltd. N2X/N2S Environmental-Friendly Gas-Insulated Metal-Enclosed Switchgear[EB/OL]. [2015-05-11]. <http://b2b.bjx.com.cn/8441993/product-list.html>.
- [3] 国家电网公司. 国家电网公司输变电工程通用设备: 110(66)-750 kV 智能变电站一次设备[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012: 749-780.
State Grid Corporation of China. General Equipment of Power Transmission and Transformation Project: 110(66)-750 kV Intelligent Substation Primary Equipment[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2012: 749-780.
- [4] 程显, 韩书谟, 何周, 等. 40.5 kV 环保型气体绝缘开关柜气室结构设计[J]. 高电压技术, 2015, 41(8): 2772-2779.
Cheng Xian, Han Shumo, He Zhou, et al. Structure Design of the Chamber for 40.5 kV Environmental-Friendly Cubicle Gas Insulated Switchgear[J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(8): 2772-2779.
- [5] 徐翠丽. 中压空气绝缘开关柜的研究探析[J]. 企业科技与发展, 2015(13): 68-69.
Xu Cuili. Research on Medium Voltage Gas Insulated Switchgear[J]. Sci-Tech & Development of Enterprise, 2015(13): 68-69.
- [6] 中国电力企业联合会. GB 50060—2008 3-110 kV 高压配电装置设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009: 1-12.
China Electricity Council. GB 50060—2008 Code for 3-110 kV High-Voltage Electrical Equipment Design[S]. Beijing: China Planning Press, 2009: 1-12.

(责任编辑: 邓彬)