

中通道柔直背靠背换流站的布置优化研究

朱博, 姚晓健, 吴彦伟, 谢剑翔

引用本文:

朱博, 姚晓健, 吴彦伟, 等. 中通道柔直背靠背换流站的布置优化研究[J]. 南方能源建设, 2021, 8(S1): 39-45.

ZHU Bo, YAO Xiaojian, WU Yanwei, et al. Optimum Design of Middle Passage Back-to-Back Flexible HVDC Converter Station[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(S1): 39-45.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

背靠背输电系统中柔性直流与常规直流的协调控制策略

Study on Coordination Control Strategy of VSC/LCC BtB HVDC

南方能源建设. 2016, 3(2): 9-15 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.02.002>

集约式绿色换流站设备选型及优化布置研究

Research on Equipment Selection and Optimal Layout of Intensive Green Converter Station

南方能源建设. 2020, 7(1): 107-112 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.01.017>

± 800 kV柔性直流换流站换流变区域电气布置研究

Research on VSC-UHVDC Converter Station Transformer Area Layout

南方能源建设. 2018, 5(3): 67-71 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.03.010>

云南富宁 ± 500kV换流站总平面布置优化研究

Research on Optimization of Yunnan Funing ± 500 kV Converter Station Layout

南方能源建设. 2018, 5(z1): 82-88 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.S1.015>

± 800kV柔直换流站全封闭阀厅智能巡检系统研究

Research on Intelligent Inspection System in Enclosed Valve Hall of ± 800 kV VSC-HVDC Converter Station

南方能源建设. 2019, 6(4): 144-151 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.04.023>

中通道柔直背靠背换流站的布置优化研究

朱博[✉], 姚晓健, 吴彦伟, 谢剑翔
(广东电网公司广州供电局, 广州 510000)

摘要: [目的] 中通道柔直背靠背换流站位于广州市增城区经济开发区, 站址东北侧为已有住宅小区、东侧为规划的工业区、西南为自然村落, 人口密度较大。工程建设方案必须考虑与周围环境的协调一致性。[方法] 分区域对柔直变压器布置方案、启动回路布置方案、500 kV 交流配电装置布置方案进行了比较研究与优化设计。[结果] 对站内的设备选型与总平面进行了优化, 柔直变、启动回路设备采用户内布置, 西北侧 500 kV 配电装置连接采用 GIS 分支母线。[结论] 该研究为柔直背靠背换流站的建设提高与周围环境的协调一致性提供思路和方法。

关键词: 柔直背靠背换流站; 户内布置

中图分类号: TM7; TM721.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)S1-0039-07

开放科学(资源服务)二维码:



Optimum Design of Middle Passage Back-to-Back Flexible HVDC Converter Station

ZHU Bo[✉], YAO Xiaojian, WU Yanwei, XIE Jianxiang

(Guangzhou Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Guangzhou 510000, China)

Abstract: [Introduction] Middle passage back-to-back flexible HVDC Converter Station is located in Zengcheng Economic Development Zone in Guangzhou, the northeast of the site is the existing residential district, the east is an planned industrial district, and the southwest is a natural village. The project construction shall consider the coordination and consistency with the surrounding environment. [Method] A comparative study and optimal design of transformer arrangement scheme, starting circuit arrangement scheme, and 500 kV AC distribution device arrangement scheme were carried out by zone. [Result] The equipment selection and layout of the station are optimized, indoor transformer, indoor disposition of start-up circuit, GIS branch bus for the connection of 500 kV distribution equipment in the northwest side are recommended. [Conclusion] This study provides ideas and methods for improving the coordination of construction of flexible HVDC Converter Station with the surrounding environment.

Key words: back-to-back flexible HVDC converter station; indoor disposition

2095-8676 © 2021 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

中通道柔直背靠背换流站工程是广东电网东西分区电力交换的重要联络通道, 应保留和维持现有通道电力交换能力, 继续发挥联网容量效益; 事故情况下可提供紧急支援; 作为广东电网目标网架东西组团间的异步联网工程的重要组成部分, 远景背靠背直流还起到事故隔离的作用。

换流站建设规模如下:

1) 直流输电容量: 3 GW, 本期建设 2 个柔性

背靠背直流单元, 每个直流单元额定输送功率为 1.5 GW, 直流额定电压为 ± 300 kV; 柔性直流的动态无功输出最大为 30% 额定直流功率。

2) 直流主接线方式: 直流侧采用对称单极接线。

3) 柔直变配置: 单相双绕组, $(12+1) \times 575$ MVA。

4) 交流 500 kV 出线: 本期 4 回, 远期 9 回。

如图 1 所示, 中通道柔直背靠背换流站位于广州市增城区经济开发区, 增城变电站东南侧, 与增

城站变电站毗邻。站址周边大部分为规划的工业区，人口密度较大。站址北侧为已有住宅小区、东侧为规划的工业区、西南为自然村落，人口密度较大。工程建设方案必须考虑与周围环境的协调一致。为满足这一要求，本文对站内的设备选型与总平面的布置方案进行了优化设计，尽量减少对周围居民噪声、感观的影响。



图1 站址周边情况布置图

Fig. 1 Layout of the surrounding area

1 换流站布置优化

为了减少中通道柔直背靠背换流站对周围环境的影响，换流站尽量采用户内布置，针对该需求提出如下措施。

1.1 柔直变户内布置

为了降低柔直变压器对周围的噪音影响以及感观影响，考虑柔直变采用户内布置^[1]。

1.2 启动回路户内布置

启动回路主要噪音源为桥臂电抗器，为了降低桥抗的噪音影响以及启动回路对周围的感观影响，考虑启动回路采用户内布置。一方面，桥臂电抗器处于启动回路户内中部，距离网侧方向敞开侧距离约29 m，可认为基本不对站区周围有噪音贡献；另一方面，通过优化设计可实现桥臂电抗器的自然对流通风，减少了风机及空调噪音^[2-3]。

1.3 采用GIS分支母线

站内500 kV配电装置的连接在靠近小区侧采用GIS分支母线，减少架空导线，连接更美观，对感观的影响较小。

1.4 外冷设备布置

基于本项目东北侧紧邻小区且布置有柔性直流研究基地，为降低阀冷设备对柔直基地的影响，消

除阀冷设备对小区的噪声影响，本项目对阀冷塔的布置进行了优化。具体措施如下：将站内北侧的2组阀外冷设备调整至南侧布置，如图2所示；北侧阀厅热量通过长距离去离子循环水迁移至南侧冷却塔散热，循环管道采用管沟和架空结合方式安装。

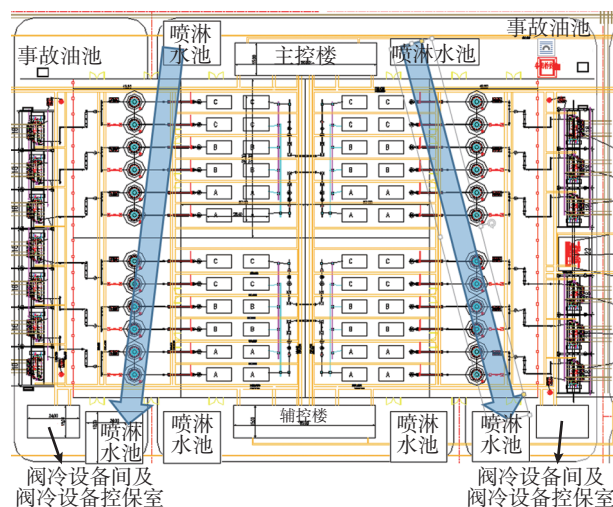


图2 外冷设备布置示意图

Fig. 2 Layout of external-cooling equipment

1.5 综合建筑体设置

在站址与北侧小区之间设置约70 m高的综合建筑体，可以有效得实现噪音阻挡及视线阻挡。

下面具体介绍柔直变区域、启动回路区域、500 kV配电装置区域的布置方案优化。

2 柔直变压器设计优化

为了尽量降低柔直变噪声对周围环境的影响，对常用的三种冷却方式进行了比较。

2.1 强迫油循环风冷方式(OFAF/ODAF)

如图3~图4所示，变压器采用强迫油循环风冷方式(OFAF/ODAF)，为了降低噪音，需采用低噪音风冷却器和油泵。

风冷布置方式优点：为常规布置方式，风冷却器挂在变压器本体上，占地面积小。维护工作

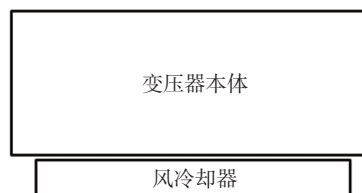


图3 变压器采用OFAF/ODAF冷却方式的俯视图

Fig. 3 Top view of transformer cooled by OFAF/ODAF

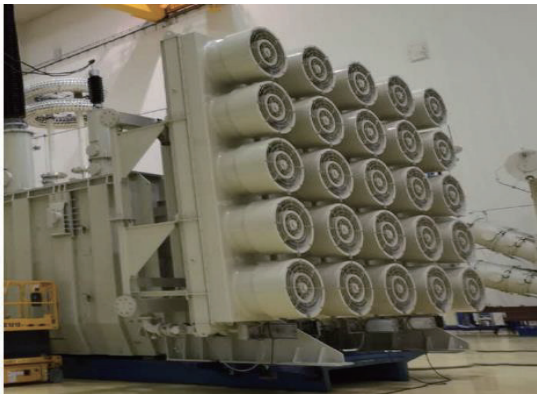


图 4 变压器采用 OFAF/ODAF 冷却方式的侧视图
Fig. 4 Side view of transformer cooled by OFAF/ODAF

量小。

风冷布置方式的缺点：即使采用低噪音风冷却器和油泵，噪音仍较大^[1]。风冷却器和油泵的噪声同自身运行的振动和声源传播存在一定关系^[4-6]。冷却器的噪声既有风扇机械结构振动性噪声，又有流体中存在非稳定过程，流体与管壁相互作用而产生的管内噪声，出入口处有辐射噪声等^[7]。采用柔直变户内布置时，考虑到散热问题，风冷却器和油泵宜布置在户外，不利于噪音控制。

2.2 强迫油循环水冷方式 (OFWF/ODWF)

如图 5~图 6 所示，变压器采用强迫油循环水冷方式，采用水冷却器以及低噪音油泵。变压器及冷却器可采用全户内布置。



图 5 变压器采用 OFWF/ODWF 冷却方式的侧视图
Fig. 5 Side view of transformer cooled by OFWF/ODWF



图 6 变压器采用 OFWF/ODWF 冷却方式的侧视图
Fig. 6 Side view of transformer cooled by OFWF/ODWF

水冷布置方式优点：对噪音控制效果最好，变压器本体及水冷却器可认为对外界基本无噪音影响。该布置方式为地下站变压器常用布置方式，且本站变压器水冷却外冷系统可与换流阀外冷系统布置统一考虑。空气的比热系数仅为水的 1/4。空气侧的传热系数比水冷却器传热系数低，所以冷却容量基本相同的两种冷却器，水冷却器要比风冷却器的体积小、重量轻、噪声低^[8]。此外，水冷却器对周围环境要求低，而且对于主变压器布置在地下洞内、户内或布置空间狭小、散热不利时宜采用水冷却方式，可以避免风冷却器对环境方面的影响，提高设备运行可靠性。主变压器采用水冷方式在国内大型水电站和地下站内已得到广泛采用。

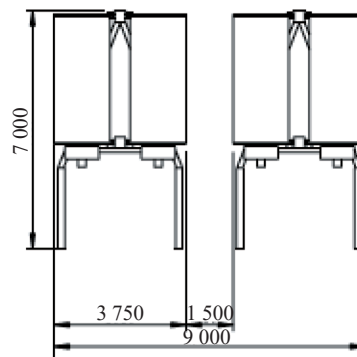
水冷布置方式缺点：(1) 采用水冷系统，增加了运行维护工作量；(2) 需要考虑水外冷系统的噪音控制措施，本站可与阀外冷系统的噪音控制一并考虑。

2.3 分体式强迫油循环自然风冷方式 (ONAN+ONAF+ODAF)

如图 7~图 8 所示，变压器采用分体式布置，本体户内布置。户外布置多组散热器及低转速风机^[4]。



图 7 变压器采用 ONAN+ONAF+ODAF 冷却方式的俯视图
Fig. 7 Top view of transformer cooled by ONAN+ONAF+ODAF



注：图中尺寸单位为mm。

图 8 变压器采用 ONAN+ONAF+ODAF 冷却方式的侧视图
Fig. 8 Side view of transformer cooled by ONAN+ONAF+ODAF

自冷布置方式优点：(1) 相比水冷运维工作量小；(2) 相比OFAF/ODAF噪音略低^[5]。

自冷布置方式缺点：(1) 大容量变压器特别是柔直变压器尚无此种冷却方式的运行经验；(2) 散热器组数多，占地面积大，运维有一定不便，对噪音控制与小区居民的感受有一定影响^[8]。

大容量变压器没有分体式强迫油循环自然风冷方式的运行经验，同时散热器占地面积大，如图9所示，若采用此冷却方式，平面布置将超过红线，因此不考虑这种冷却方式。

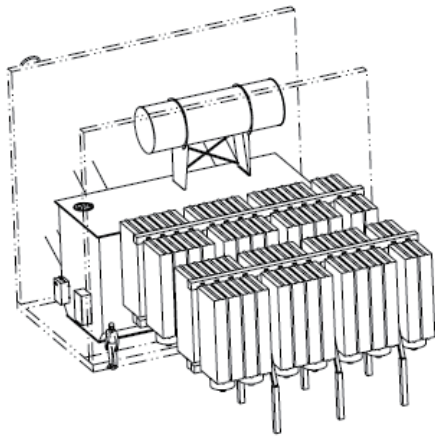


图9 变压器采用ONAN+ONAF+ODAF冷却方式的布置图
Fig. 9 Layout of transformer cooled by ONAN+ONAF+ODAF

下面对强迫油循环风冷、水冷两种冷却方式进行对比^[6]，如表1所示：

表1 变压器采用水冷、风冷方式对比表

Tab. 1 Compare of transformer water cooling and air cooling

冷却方式	噪音计算值	技术成熟度
风冷方式	风冷却器和油泵布置在户外,不利 于噪音控制。敏感点的噪音值不 能达到2类声环境标准 ^[7]	技术成熟,应用广泛
水冷方式	变压器本体及水冷却器户内布置, 噪音较小;变压器水外冷系统可采 用集中降噪措施。敏感点的噪音 值达到2类声环境标准。 ^[9]	在地下站与水电站 应用较多

为了降低变压器对周围环境噪声的影响，推荐柔直变压器采用户内水冷方案。

3 启动回路布置方案设计比较研究

启动回路主要噪音源为桥臂电抗器，为了降低桥抗对周围的环境影响，启动回路采用户内布置。

一方面，桥臂电抗器处于启动回路户内中部，距离网侧方向的敞开侧距离约29 m，认为基本不对站区周围有噪音贡献；另一方面，采用户内布置优化设计后可实现桥臂电抗器的自然对流通风，减少了风机及空调噪音^[9-12]。

桥臂电抗器采用干式空心电抗器，通过管母引接至阀厅穿墙套管。进线回路隔离开关以及启动电阻并排布置，充分利用宽度方向空间，节省纵向尺寸。在桥臂电抗器与阀厅穿墙套管之间预留位置，主要用于桥臂电抗器与套管的运输和吊装。所有设备均要求布置在MC1防磁范围外，除与电抗器相连的避雷器可以布置在MC2防磁范围内，考虑其余启动回路设备均布置在电抗器的MC2防磁范围外，避免形成涡流发热。

4 500 kV 交流配电装置布置方案设计比较研究

500 kV 配电装置区域包括换流站东南侧500 kV GIS场地、西北侧500 kV柔直变进线区域。

500 kV 配电装置区域布置因地制宜，考虑运行的需要，结合GIS母线布局，合理安排配串，使GIS分支母线长度减小、交叉减少，节省投资；采用户内布置方案，利于运行。

1) GIS本体区域布置

500 kV GIS设备的母线采用分相高式布置，配电装置完整串断路器一字型布置。结合线路出线方向、500 kV 配电装置接线的配串及站址地形条件，经优化，东南侧500 kV GIS室尺寸为110 m×16 m。

东南侧GIS区域布置：500 kV 出线构架布置于东南侧GIS室的东南边。柔直变进线采用GIS分支母线或GIL管道，连接美观。GIS本体区域采取紧凑型布置。GIS室东南侧场地用于布置500 kV继电器小室。

2) 增城侧柔直变进线设备布置

增城侧毗邻500 kV增城站，本期采用柔直变直接接入500 kV增城站串中的布置方式。靠增城侧进线采用GIS分支母线或GIL管道，无架空线，连接更美观。预留远期500 kV GIS场地。

4.1 采用GIS分支母线

550 kV GIS分支母线多使用气隔盆式绝缘子或者非气隔的支撑盆式绝缘子，绝缘子之间距离

一般为7 m左右, 绝缘子安装在两个法兰之间, 因此外壳上每隔7 m左右设一个法兰。GIS分支母线标准长度为7 m, 每根母线均需使用支架支撑(固定或活动支撑), 一般相隔25 m使用一处固定支撑, 两个相邻支架间距约为7 m, 每两个固定支撑之间需配置一处温补伸缩节, 用于补偿母线的热胀冷缩的伸缩量。550 kV GIS分支母线最大跨度为10 m。

GIS母线的中间导体与盆式绝缘子触座使用插接结构; GIS母线相对GIL标准母线长度较短, 存在导电微粒时容易检查, 通常不专门设置微粒陷阱以捕获导电微粒。

GIS分支母线无三支柱, 且应用的时间久, 经验多, 可避免GIL常见的主要问题。

4.2 采用GIL管道

GIL母线为盆式绝缘子和三支柱绝缘子结构, 标准母线长度12 m; 每根长母线至少使用一处支架支撑(固定或活动支撑), 一般相隔24~36 m间使用一处固定支撑, 两个相邻支架间距约为10 m。

GIL的绝缘子完全处于外壳内部, 除气隔使用

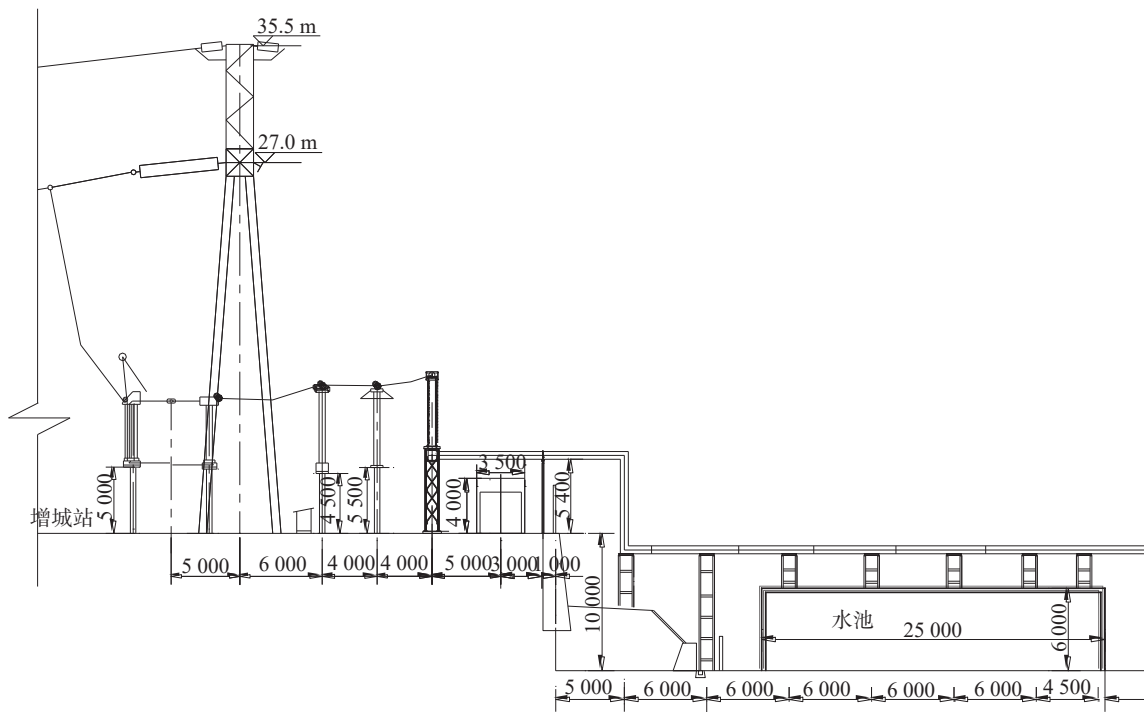
少量盆式绝缘子外, 大量采用三支柱绝缘子进行支撑。GIL的中间导体与支柱绝缘子采用焊接结构, 再与触座进行插接。GIL标准母线长度较长, 安装地点的环境条件较不易控制, 通常设置微粒陷阱。

GIL中三支柱绝缘子部分的参数和性能要求没有固定的国家标准, 运行中发现的问题较多^[13-15]。根据南方电网公司反事故措施(2019版)补充条款要求, 新建工程(未投运工程)应审慎使用GIL设备, 若必须使用GIL设备应对其安装空间、电磁环境、地形条件、环境条件、传输损耗等要求的必要性进行充分论证。

考虑设备的运行可靠性, 推荐西北侧柔直变采用GIS分支母线接入500 kV增城站、东南侧柔直变采用GIS分支母线与500 kV配电装置相连。

4.3 增城侧高差处理方案

如图10所示, 增城站场地与换流站场地标高相差10 m左右, 增城站500 kV出线间隔通过GIS分支母线与换流站内柔直变相连。利用GIS分支母线的垂直段以及加高GIS分支母线的支撑来实现两站的高差过渡。



注: 图中标高单位为m, 其余尺寸单位为mm。

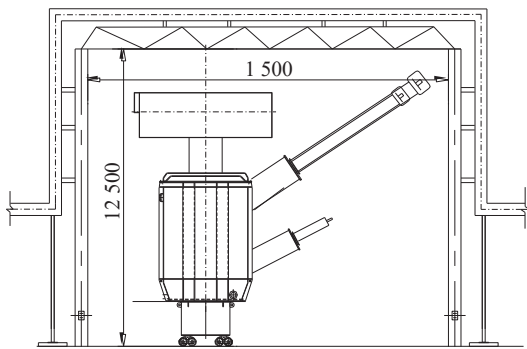
图10 增城站与中通道连接GIS分支母线示意图

Fig. 10 Layout of GIS branch bus connecting Zengcheng substation and middle passage converter station

4.4 分支母线跨路方案

按照目前的设计方案, GIS分支母线需横跨柔直变运输道路, 柔直变高度约为10 m, 宽度约为11.5 m。考虑一定裕度, GIS分支母线横跨柔直变运输道路时, 跨距应不小于15 m, 净空高度不小于12.5 m。

咨询国内的主要500 kV GIS厂家, GIS标准母线长度约7 m, 最大跨距不超过10 m, 底部支撑的高度不超过7.5 m, 不满足本工程的要求; 考虑在GIS分支母线的跨路部分底部做一个门型构架, 对分支母线进行固定支撑。满足柔直变的运输要求, 如图11所示。



注: 图中尺寸单位为mm。

图11 GIS分支母线跨路门型构架示意图

Fig. 11 Layout of frame for GIS branch bus

5 结论

由于中通道背靠背换流站地理位置的特殊性, 工程建设方案须考虑与周围环境的协调一致性, 对站内的设备选型与总平面进行了布置优化; 并分区域对柔直变压器布置方案、启动回路布置方案、500 kV交流配电装置布置方案进行了比较研究与优化设计, 得出以下结论:

1) 柔直变区域: 比较变压器常用三种冷却方式各自的优缺点, 并结合柔直变的参数分析各冷却方式的可行性与噪音水平, 推荐噪音水平低、可全户内布置的强油循环水冷方式(OFWF/ODWF)。

2) 启动回路区域: 推荐启动回路采用户内布置。所有设备均要求布置在MC1防磁范围外, 除与电抗器相连的避雷器可以布置在MC2防磁范围内, 考虑其余启动回路设备均布置在电抗器的MC2防磁范围外, 避免形成涡流发热。

3) 500 kV交流配电装置区域: 考虑设备的运

行可靠性与美观性, 推荐西北侧柔直变采用GIS分支母线直接接入500 kV增城站, 东南侧500 kV配电装置选用户内GIS。增城站与换流站的10 m高差利用GIS分支母线的垂直段以及GIS分支母线的底部支撑来实现; 考虑在GIS分支母线的跨柔直变运输道路部分的底部做门型构架, 对分支母线进行固定支撑。

参考文献:

- [1] 简翔浩, 卢毓欣, 郝为瀚, 等. 广州换流站柔性化改造设计方案研究[J]. 南方能源建设, 2020, 7(4): 54-60.
JIAN X H, LU Y X, HAO W H, et al. Research on design of Guangzhou LCC-HVDC converter station retrofit for VSC-HVDC converter station [J]. Southern Energy Construction, 2020, 7(4): 54-60.
- [2] 谢畅, 陈建华, 钱峰. 超高压柔性直流换流站换流区优化布置研究[J]. 浙江电力, 2021, 40(3): 29-34.
XIE C, CHEN J H, QIAN F. Study on optimal layout of converter area for EHV converter station in VSC-HVDC [J]. Zhejiang Electric Power, 2021, 40(3): 29-34.
- [3] 黄阳, 王建武, 鲁翔, 等. 集约式绿色换流站设备选型及优化布置研究[J]. 南方能源建设, 2020, 7(1): 107-112.
HUANG Y, WANG J W, LU X, et al. Research on equipment selection and optimal layout of intensive green converter station [J]. Southern Energy Construction, 2020, 7(1): 107-112.
- [4] 张磊. 500 kV变压器ODAF冷却系统现场改造工艺及方法研究[J]. 内燃机与配件, 2018, (11): 81-85.
ZHANG L. Research on field modification process and method for 500 kV transformer ODAF cooling system [J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2018, (11): 81-85.
- [5] 闫俊, 周策, 杜丽华, 等. 特高压换流站阀冷却系统优化设计[J]. 山西电力, 2019(3): 12-16.
YAN J, ZHOU C, DU L H, et al. Design optimization of valve cooling system in UHV converter station [J]. Shanxi Electric Power, 2019(3): 12-16.
- [6] 郭峰, 黄徐. 高压直流输电阀门冷却系统优化设计[J]. 云南电力技术, 2010, 38(6): 82-84.
GUO F, HUANG X. Design optimization of HVDC valve cooling system [J]. Yunnan Electric Power, 2010, 38(6): 82-84.
- [7] 韩辉, 吴桂芳, 瞿雪弟, 等. 我国±500 kV换流站设备可听噪声的测量分析及降噪措施[J]. 电网技术, 2008(2): 38-41.
HAN H, WU G F, QU X D, et al. Measurement and analysis of audible noise bringing about by equipment in domestic ±500 kV converter stations and noise reduction measures [J]. Power System Technology, 2008(2): 38-41.
- [8] 陈书敏, 石玉美. 变压器及其冷却方式简介[J]. 变压器, 2010, 47(4): 50-53.
CHEN S M, SHI Y M. Brief introduction of transformer and its

cooling modes [J]. Transformer, 2010, 47(4):50-53.

[9] 旷冬伟,冯春林,张祖安,等. 换流站交流滤波场噪声治理改造经验 [J]. 高压电器, 2019, 55(11):290-294.
KUANG D W, FENG C L, ZHANG Z A, et al. Experience about noise control of AC filter capacitor installation in converter station [J]. High Voltage Apparatus, 2019, 55 (11) : 290-294.

[10] 鲁伟,高湛,张华,等. 特高压换流站噪声控制设计研究 [J]. 电力勘测设计, 2021(2):27-33.
LU W, GAO Z, ZHANG H, et al. Study on noise calculation of HVDC converter station [J]. Electric Power Survey & Design, 2021(2):27-33.

[11] 张鸣,商文念,王亚平,等. 特高压换流站内可听噪声特征及分布规律研究 [J]. 建筑科学, 2017, 33(12):82-89.
ZHANG M, SHANG W N, WANG Y P, et al. Acoustic characteristics and distribution law of audible noise in HVDC converter stations [J]. Building Science, 2017, 33(12):82-89.

[12] 黄莹,黎小林,毕礼孟,等. 高压直流换流站可听噪声的先期治理 [J]. 南方电网技术, 2011, 5(4):19-23.
HUANG Y, LI X L, BI L M, et al. The early treatment of audible noise at HVDC converter stations [J]. Southern Power System Technology, 2011, 5(4):19-23.

[13] 吴德贯,彭翔,李红元,等. 一起500 kV GIL绝缘子炸裂故障分析 [J]. 电瓷避雷器, 2016(1):40-43.
WU D G, PENG X, LI H Y, et al. Analysis of a 500 kV GIL insulator burst fault [J]. Insulators and Surge Arresters, 2016 (1):40-43.

[14] 黎卫国,张长虹,杨旭,等. 500 kV GIL三支柱绝缘子炸裂故障分析与防范措施 [J]. 电瓷避雷器, 2019(3):221-227.
LI W G, ZHANG C H, YANG X, et al. Analysis and protecting measures on burst fault of three-pillar insulator of 500 kV GIL [J]. Insulators and Surge Arresters, 2019(3):221-227.

[15] 王井飞,张强,李祥斌,等. 特高压直流输电工程GIL三支柱绝缘子故障分析及改进措施 [J]. 高压电器, 2020, 56(1):246-252.
WANG J F, ZHANG Q, LI X B, et al. Fault analysis and improvement measures of GIL three-pillar insulator in UHVDC transmission project [J]. High Voltage Apparatus, 2020, 56 (1):246-252.

作者简介:



朱博 (通信作者)

1989-, 男, 陕西渭南人, 工程师, 电气工程专业, 硕士, 主要从事直流站建设、直流设备管理、高压设备检修、试验研究 (e-mail) zhub@guangzhou. csg. cn。

朱博

姚晓健

1979-, 男, 广东普宁人, 高级工程师, 电气工程专业, 学士, 主要从事变电站建设管理及设计 (e-mail) ya-oxj@guangzhou. csg. cn。

吴彦伟

1985-, 男, 陕西渭南人, 高级工程师, 电气工程专业, 学士, 主要从事变电站建设管理 (e-mail) wuyw@guangzhou. csg. cn。

谢剑翔

1978-, 男, 广东广州人, 工程师, 电气工程专业, 学士, 主要从事直流站建设、高压设备试验研究 (e-mail) 316331795@qq. com。

(责任编辑 李辉)

广 告

雅中—江西±800 kV 特高压直流工程输电线路(云南段)	封一
雅中—江西±800 kV 特高压直流工程竣工投运	封二
南方电网首个500 kV 户内GIS变电站顺利投产	封三
中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司	封四