

海上换流站智能辅助控制系统方案设计

闫琪, 杨源

引用本文:

闫琪, 杨源. 海上换流站智能辅助控制系统方案设计[J]. 南方能源建设, 2021, 8(S1): 70-74.

YAN Qi, YANG Yuan. Scheme Design of Intelligent Auxiliary Control System for Offshore Converter Station[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(S1): 70-74.

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)

基于换流站的智能辅助控制系统研究

Research on Intelligent Auxiliary Control System Based on Converter Station

南方能源建设. 2015(3): 118-121 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.03.023>

智慧型海上风电场一体化监控系统方案设计

Design of Smart Offshore Wind Farm Integration Monitoring System

南方能源建设. 2019, 6(1): 42-48 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.01.008>

海上风电机组辅助监控系统方案设计

Design of Offshore Wind Farm Auxiliary Monitoring System

南方能源建设. 2019, 6(1): 49-54 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.01.009>

海上柔性直流换流站关键电气设备选型研究

Research on the Selection of Key Electrical Equipments in Offshore VSC-HVDC Converter Station

南方能源建设. 2019, 6(1): 31-35 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.01.006>

海上风电-氢能综合能源监控系统设计

Design of Integrated Offshore Wind Power-hydrogen Energy Monitoring System

南方能源建设. 2020, 7(2): 35-40 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.02.005>

海上换流站智能辅助控制系统方案设计

闫琪, 杨源[✉]

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的] 考虑海上换流站生产监控与运营管理的需求, 分析海上换流站智能辅助控制系统总体设计、主要性能、功能要求。[方法] 该系统由电气设备在线监测、通风空调监控子系统、海缆监测子系统、环境监测子系统、视频监控子系统、火灾报警子系统、雾笛监控子系统、机器人巡检子系统等组成, 通过辅助控制系统后台实现子系统之间以及与消防、暖通、视频等联动控制。[结果] 实现了数据采集、运行监视、操作控制、系统联动等功能。[结论] 方案满足无人值班技术要求, 可有效降低远海风电场的运营维护成本。

关键词: 海上换流站; 智能辅助控制系统; 系统结构; 功能要求

中图分类号: TK89; TM756.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)S1-0070-05

开放科学(资源服务)二维码:



Scheme Design of Intelligent Auxiliary Control System for Offshore Converter Station

YAN Qi, YANG Yuan[✉]

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] In order to meet the requirements of production monitoring and operation management of offshore converter stations, the overall design, main performance and functional requirements of the intelligent auxiliary control system for offshore converter stations is proposed. [Method] The system was composed of electrical equipment online monitoring, ventilation and air conditioning monitoring subsystem, submarine cable monitoring subsystem, environmental monitoring subsystem, video monitoring subsystem, fire alarm subsystem, fog whistle monitoring subsystem, robot inspection subsystem, etc. It realized the linkage control between the subsystems through the auxiliary control system background, including fire fighting, HVAC, video, etc. [Result] The functions of data collection, operation monitoring, operation control and system linkage were realized. [Conclusion] Therefore, the solution meets the technical requirements of unattended operation and can effectively reduce the operation and maintenance costs of offshore wind farms.

Key words: offshore converter station; intelligent auxiliary control system; system structure; functional requirements

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/>).

随着我国在建的浅水区海上风电场陆续完成, 开发建设海上风电也开始从浅水区走向深水区。近海深水区海上风电场离岸距离较远且发电容量更大, 海上换流站比交流海上升压站, 更具备经济性^[1-2]。当前海上换流站的阀厅监测、海缆监测、

变压器监测、GIS监测、视频监控、消防报警、通风空调监控等辅助子系统, 基本上仍相互独立运行, 很难做到多系统的综合监控、集中管理, 增加了管理及运维成本^[3-5]。因此, 通过海上换流站智能辅助控制系统的研究建立, 实现海上换流站的智能运维。

收稿日期: 2021-03-20 修回日期: 2021-04-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“考虑变压器非线性高频特性的海上风电场内部过电压产生机理及暂态特征提取方法研究”(51477054)

1 系统结构

海上换流站智能辅助控制系统, 满足无人值班

技术要求。由电气设备在线监测、通风空调监控系统、海缆监测子系统、环境监测子系统、视频监控子系统、火灾报警子系统、雾笛监控子系统、机

器人巡检子系统等组成,并采用DL/T 860标准进行互联,通过辅助控制系统后台实现子系统之间以及与消防、暖通、视频等联动控制^[6-9],详见图1。



图1 海上换流站智能辅助控制系统结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the structure of intelligent auxiliary control system for offshore converter stations

辅助设备监控系统由辅助设备监控主机、工作站、巡检机器人主机、视频监控主机、就地模块等组成。首先,综合自动化监控系统采集相关I区的数据,通过防火墙,传输至辅助设备监控主机。然后,辅助设备监控主机,通过就地模块,采集II区辅助设备的数据,并在工作站中进行监视。同时,火灾报警等信息通过消防专网传输单元,连接至辅助设备监控系统后台。最后,巡检机器人主机、视频监控主机通过正/反向隔离,将相关数据传输至辅助设备监控主机。

1.1 电气设备在线监测子系统

1) 海缆故障监测。监测对象为连接海上换流站与陆上集控中心之间的直流主海缆和风电场集电用35 kV海缆。

2) 阀厅状态监测。换流站阀厅的主要电气一次设备包括:换流阀、管型母线、避雷器、桥臂纯光式电流互感器、电子式电压分压器、隔离开关等。通过紫外监测、红外监测和可见光,实现全封闭阀厅的测温、电晕监测及噪声监测。

3) 变压器状态监测。监测内容包括变压器局放、油色谱、温度、直流偏磁等。

4) GIS状态监测。监测内容包括GIS开关动作特性监测、绝缘监测和SF₆气体状态监测等。

1.2 通风空调监控子系统

通风空调监控系统包括正压送风系统、应急通

风系统和防火、防排烟系统等。实现对海上换流站暖通空调系统压力、温度、湿度的实时采集和处理,并对除湿机、空调、电动阀等设备进行联动控制,维持海上换流站压力、温度、湿度在设定范围。

1.3 视频监控子系统

具体范围包括:阀厅、主变区域、35 kV及以上配电装置区域、二次设备室等各个房间配置高速球摄像机;海上换流站屋顶配置全景摄像头(可带红外摄像功能)用于监控海域情况。

1.4 火灾报警子系统

具体范围包括:阀厅、GIS、变压器、中低压配电室、二次设备间、蓄电池室及电缆桥架等。

1.5 环境监测子系统

海上换流站的环境监测传感器包括以下内容:风速传感器、风向传感器、温度计、气压计、相对湿度、降水量、浪高、台风预警等。

1.6 雾笛监控子系统

雾笛监控子系统包括标识灯、主副雾笛、雾探测器、蓄电池以及控制柜等,可实现标识灯、主副雾笛、雾探测器的远方控制及自动运行。在全船失电后备用的蓄电池组仍能使整个系统(包括2套雾笛、4只10海里标识灯等)工作至少96 h。

标识灯光源为LED灯,显色为白色,数量4只,最小视光强度为1 400 cd(射程可达10海里);

雾探测器测量范围：(20~10 000 m)/(0.01~5.4 n mile) 主雾笛有效听程不低于2海里，失效时副雾笛自动投入工作，副雾笛有效听程不低于0.5海里。

1.7 机器人巡检子系统

在海上换流站的阀厅、GIS室、变压器室、中低压配电室等主要区域，构建携带人机交互模块、可见光相机、红外相机、局部放电传感器、拾音器等设备的机器人巡检系统。

2 主要性能

- 1) 系统可用率>99.99%。
- 2) 监控后台可同屏同时监看的画面个数应≥4个。在满足网络带宽条件下，视频预览、切换响应时间≤2 s。
- 3) 系统控制响应时间≤1 s。
- 4) 系统数据及运行日志数据存储时间≥1年。
- 5) 系统平均无故障间隔时间(MTBF)≥30 000 h, 系统平均维护时间MTTR<0.5 h。

3 功能要求

3.1 数据采集

1) 电气设备在线监测子系统：采集包括变压器（油箱油面温度、绕阻热点温度、绕组变形量、油位、铁芯接地电流、局部放电数据、油色谱、铁芯接地电流、局放、套管等）、GIS和断路器（SF₆气体压力/密度、SF₆气体的微水含量、局放、断路器弹簧压力、机械特性等）、避雷器（全电流、阻性电流、动作次数等）等海上换流站主设备在线监测的数据、故障告警、运行工况等信息；采集排风机控制设备的状态信息（远方/本地）、故障告警信息、运行工况；采集直流主海缆及35 kV集电海缆的温度状态以及扰动状态；采集海上风电场的船只AIS信息，发现各种船只的运行状态包括停航、低速运行、抛锚等各种船只的状态等。

2) 通风空调监控子系统：采集空调工作状态（开启/关闭）信息；采集风机控制设备的状态信息（远方/本地）、故障告警信息、运行工况；采集SF₆及氢气的气体浓度等。

3) 视频监控子系统：采集实时音视频、抓拍图片、预置位、录像、自检、事件告警、故障告警、运行工况等信息。

4) 火灾报警子系统：通过消防专用传输单元，采集区域火灾报警控制器火警告警点位、屏蔽、传感器在线状态、控制器故障及自检信息，采集消防设备（设施）火警告警点位、启停状态、动作反馈、监管、屏蔽、故障以及其他传感器采集等信息。

5) 环境监测子系统：采集海上换流站温度、湿度、雨量、风速、风向等数据。

6) 雾笛监控子系统：采集标识灯、主副雾笛、雾探测器、蓄电池等信息。

7) 机器人巡检子系统：采集巡检机器人巡检信息（热成像、视频、图片、音频）、机器人运行工况（速度、电池电量、坐标）、巡检任务状态（任务名称、巡检模式、任务进度、启动时间）等。

3.2 运行监视

3.2.1 可视化展示

具有历史查询以及实时显示功能。支持平面布置图、设备列表等运行监视多种方式，并支持图元变色或闪烁、自动弹出告警窗、弹出联动信息、语音警示等多种告警提示方式。

3.2.2 电气设备在线监测子系统的运行监视

监测对象包括：海缆、阀厅、变压器、GIS、断路器、避雷器等；监视范围包括：在线监测的原始数据信息、数据分析告警信息、运行工况等。

3.2.3 通风空调监控子系统的运行监视

监视对象包括：风机、除湿机、空调、电动阀等；监视范围包括：室内温湿度、SF₆、氢气等状态信息，风机和空调等运行工况。

3.2.4 视频监控子系统的运行监视

监视对象包括：摄像机、视频处理单元；监视信息包括：实时视频多画面的方式预览，视频监控窗口集成云台、调焦、变倍控制，支持视频抓拍、多画面视频轮巡、视频分析等监视模式。

3.2.5 火灾报警子系统的运行监视

监视对象包括：区域火灾报警控制器、固定灭火系统及其他消防设施等；监视范围包括：区域火灾报警控制器火警告警点位、控制器故障及自检信息，采集火警告警点位、启停状态、动作反馈、监管、屏蔽、故障以及其他传感器采集等信息等。

3.2.6 环境监测子系统的运行监视

监视对象包括：风速/风向计、雨量计、浪涌

传感器等;监视范围包括:风速、风向、雨量、温度、湿度、浪高、台风等。

3.2.7 雾笛监控子系统的运行监视

监视对象包括:标识灯、主副雾笛、雾探测器、蓄电池等;监视范围包括:设备的运行状态。

3.2.8 机器人巡检子系统的运行监视

监视对象包括:户内外巡检机器人装置、巡检机器人主机等;监视范围包括:巡检机器人巡检过程监视,支持机器人遥信、遥测及视频、红外成像实时监视,集成机器人遥控操作。

3.3 操作控制

3.3.1 电气设备在线监测子系统的操作控制

支持实时监测采样数据的远方控制、数据主动召唤;支持在线监测设备报警确认;通过AIS、海事地图、高频电台,实时对海缆敷设所在海域进行船舶的识别、定位以及通信。

3.3.2 通风空调监控子系统的操作控制

1) 温湿度控制。夏季制冷工况的温度控制通过温度调节器感受回风温度,来控制供液电磁阀调节制冷液的流量。冬季采暖工况由温度调节器调节加热量。冬季湿度的控制,由恒湿器感受室内湿度控制电磁阀,来控制加湿器的开停。

2) 室内外压差控制。室内外压差控制通过压力释放阀和压力控制阀来完成。封闭的危险处所应采用负压通风,比如蓄电池室。同时,配置SF₆及氢气探测器,可与风机进行联动控制。

3.3.3 视频监控子系统的操作控制

支持视频预览模式设置以及摄像机云台控制;支持远程视频通道配置,支持录像、告警策略设置;支持区域越线、火灾报警联动等视频分析功能配置。

3.3.4 火灾报警子系统的操作控制

支持火灾报警系统(温感、烟感、手报、红外等)报警确认;支持区域火灾报警控制器的报警信号的远程校核、复位操作、故障设备隔离操作;支持固定灭火系统的本地和远程的启动、停止操作,支持手动、自动模式本地切换操作。

3.3.5 环境监测子系统的操作控制

支持实时监测采样数据的远方控制、数据主动召唤;支持采集数据的阈值/状态告警配置、采样频率配置、报警确认。

3.3.6 雾笛监控子系统的操作控制

支持雾笛监控子系统标识灯、主副雾笛、雾探测器、蓄电池的远方控制、数据传输以及报警确认。

3.3.7 机器人巡检子系统的操作控制

支持巡检机器人巡检任务设置、自动巡检、手动巡检控制;支持巡检机器人搭载摄像机、热成像仪的变倍、调焦控制。

3.4 系统联动

1) SF₆及氢气监测浓度越限联动。当配电装置室SF₆浓度超标或蓄电池室氢气浓度超标时,自动启动相应的风机,并联动相关区域的摄像头核实。

2) 船只入侵报警联动。发生船只非法入侵时,通过AIS进行船只跟踪,然后利用雾笛系统对非法船只进行驱赶,联动海上换流站甲板上的摄像头对非法船只进行拍摄取证。最后,进行报警并通知值班人员通过高频电台对其喊话驶离。

3) 通风空调监控系统联动。(1) 阀厅、主变室、二次设备间、配电装置室等房间发生火灾时,自动切断通风空调系统的电源,待确认火灾扑灭且不能自燃后开启排烟风机排烟。在过渡季节及冬季事故后排烟风机可兼做通风散热;(2) 柴油机房的排烟风机及其入口处密闭阀与柴油机连锁启停。

4) 消防系统火灾报警联动。发生火灾时,启动现场声光报警以及高压细水雾系统,联动报警设备所在区域的摄像机跟踪拍摄火灾情况、自动切断风机电源、空调电源。

5) 环境监测越限告警联动。室外气象(台风、暴雨、浪高等)数据越限告警,联动现场视频监控。

6) 通过和其他辅助子系统的通信,应能实现用户自定义的设备联动,包括消防、环境监测、报警等相关设备联动。

4 结论

本文提出海上换流站智能辅助控制系统,通过辅助控制系统后台实现子系统之间以及与消防、暖通、视频等联动控制,达到了数据采集、运行监视、操作控制、系统联动等功能。因此,实现海上换流站设备的统一管理和自动检修模式,有效降低远海风电场的运营维护成本。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海上风力发电场设计规范:GB/T 51308—2019 [S]. 北京:中国计划出版社,2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the Personnel's Republic of China. Design code for offshore wind farm:GB/T 51308—2019 [S]. Beijing:China Planning Press, 2019.
- [2] 卢毓欣,赵晓斌,李岩,等. 海上风电送出用柔性直流换流站电气主接线[J]. 南方电网技术,2020,14(12):25-31.
LU Y X,ZHAO X B,LI Y, et al. Main electrical connection of VSC-HVDC converter stations for offshore wind farm integration [J]. Southern Power System Technology, 2020, 14(12): 25-31.
- [3] 王慧,杨秀兰,白小会,等. 智能变电站辅助监控系统分布式体系结构研究[J]. 供用电,2017,34(2):69-75+68.
WANG H,YANG X L,BAI X H, et al. Research on distributed architecture of assistant monitoring system for intelligent substation [J]. Distribution & Utilization, 2017, 34(2): 69-75+68.
- [4] 王磊,李达锋,武梦园,等. 基于三维可视化的智能变电站辅助支持系统设计[J]. 湘潭大学学报(自然科学版),2019,41(2):118-126.
WANG L,LI D F,WU M Y, et al. Design of intelligent substation assistant support system based on three-dimensional visualization [J]. Journal of Xiangtan University (Natural Science Edition), 2019, 41(2):118-126.
- [5] 李宣义,李铁成,李均强,等. 变电站辅助设备智能远程监控技术与实现[J]. 河北电力技术,2020,39(5):27-29.
LI X Y,LI T C,LI J Q, et al. Research and implementation of intelligent remote monitoring technology for substation auxiliary equipment [J]. Hebei Electric Power, 2020, 39(5):27-29.
- [6] 岳增坤,杨帆. 基于换流站的智能辅助控制系统研究[J]. 南方能源建设,2015,2(3):118-121.
YUE Z K,YANG F. Research on intelligent auxiliary control system based on convertor station [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(3):118-121.
- [7] 张雪焱,伦振坚,侯婷,等. ± 800 kV 柔直换流站全封闭阀厅智能巡检系统研究[J]. 南方能源建设,2019,6(4):144-151.
ZHANG X Y,LUN Z J,HOU T, et al. Research on intelligent inspection system in enclosed valve hall of ± 800 kV VSC-HVDC converter station [J]. Southern Energy Construction, 2019, 6(4):144-151.
- [8] 彭冠炎,穆峰磊,官澜,等. ± 1 100 kV 换流站内直流场智能巡检系统设计[J]. 南方能源建设,2017,4(4):118-123.
PENG G Y,MU F L,GUAN L, et al. Intelligence inspection system design of DC indoor switch yard in ± 1 100 kV converter substation [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(4): 118-123.
- [9] 衣福全. 特高压换流站智能运检管控体系[J]. 电力与能源, 2019, 40(2):162-164+274.
YI F Q. Intelligent operation and maintenance management control system of ultra-high voltage converter station [J]. Power & Energy, 2019, 40(2):162-164+274.

作者简介:



闫琪

1981-, 女, 河北保定人, 高级工程师, 学士, 从事电网及海上风电新能源利用研究 (e-mail) yanqi@gedi.com.cn.

闫琪

杨源 (通信作者)

1990-, 男, 广东湛江人, 工程师, 硕士, 从事海上风电新能源利用研究 (e-mail) yangyuan@gedi.com.cn.

项目简介:

项目名称 考虑变压器非线性高频特性的海上风电场内部过电压产生机理及暂态特征提取方法研究 (51477054)

承担单位 华南理工大学

项目概述 项目主要针对海上风电场自身设计的特性, 其集电系统电气设备频繁操作或因故障所引起的高频暂态过电压问题尤为严重, 本研究基于海上风电场关键设备的精确建模, 研究风电场电气设备相互作用之间的电磁能量振荡过渡过程, 并通过准确提取过电压的瞬时特征来优化过电压抑制电路的参数配置。

主要创新点 (1) 构建一个适合于电力系统电磁暂态仿真计算的新型非线性高频变压器数学模型, 并结合启发式优化算法和数学优化算法, 提出一整套有效的变压器模型参数估算和识别的综合优化算法; (2) 运用所建立的风电场关键设备模型库进行精确的暂态仿真分析, 揭示在系统设备各种典型运行工况下, 海上风电场内部暂态过电压产生的机理, 并搭建实验平台来验证所建模型的准确性和通用性; (3) 提出基于形态学小波的瞬时特征提取新算法, 并对风电场暂态过电压的仿真和实测信号进行检测和分析; (4) 通过分析过电压暂态量的陡度、高频分量及阻尼等特性, 建立一个定量计算过电压保护装置参数的理论方法。

(责任编辑 李辉)