

[远程监控]

风力发电场远程集中监控系统的设计及功能实现

文/曹辰雨
北京京能招标集采中心有限责任公司

为提高风力发电场远程集中监控系统运行的效率，实现实时监控的目标，开展风力发电场远程集中监控系统的设计研究，并对其功能实现情况作出测试分析。提出的监控系统应用后，在监控风力发电机组台数增加的情况下，监控功能操作平均响应时间最大不超过100 ms，可行性较高。

风力发电在电力系统中占据着重要的地位，利用风能这一清洁能源，改善了传统发电能源结构不足的问题^[1]。在风电生产过程中，由于风力发电场的环境条件较为恶劣复杂，且风机类型较多，导致风力发电场运行中存在较大的安全风险隐患^[2]。此时，科学的风力发电场监控系统至关重要。现阶段，传统的风力发电场监控系统多数采用文献[3]提出的系统，该系统在实际应用中存在功能单一的问题，监控功能操作响应时间较长，不能较好地实现风力发电场远程集中实时监控的目标。为解决上述问题，本文在传统风力发电场监控系统的基础上，引入远程集中监控理念，开展风力发电场远程集中监控系统的设计研究，并对系统的功能实现情况进行测试分析，为促进风力发电场的安全可靠运行与发展做出贡献。

风力发电场远程集中监控系统硬件设计

本文设计的风力发电场远程集中监控系统采用B/S三层硬件架构，即浏览器-服务器硬件结构，如图1所示。

由图1可知，B/S硬件架构是在C/S硬件架构的基础上，增加了Web服务器，用户只需要在客户端安装浏览器即可直接读取系统监控数据，并将读取

结果传输给浏览器。此种硬件架构一方面为系统的维护与升级提供了较强的便利性，另一方面为系统运行的安全性提供了保障^[4]。

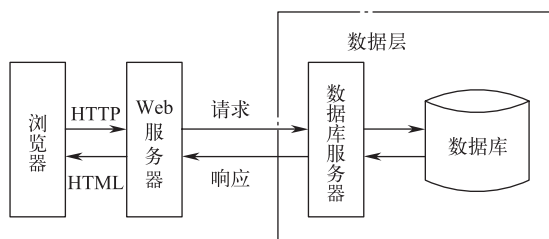


图1 远程集中监控系统B/S硬件架构

本文选用FP-X-C38AT系列主控制器，其配置见表1。

表1 主控制器配置

编号	项目	配置
1	额定电压/V	100~240
2	分辨率	12位 (0~4000)
3	I/O地址分配模拟量	输入：WX2、WX3、WX4、WX5 输出：WY2、WY3
4	脉冲通道	4通道

由于风力发电场运行环境恶劣，运行过程中存在较大的不确定性，因此，系统对控制性能要求较高，严格按照表1所示的配置，设置主控制器，保证其使用性能。

风力发电场远程集中监控系统软件设计

1. 风力发电场运行数据采集

数据采集的主要目的在于让系统实时监控接收到所需要的数据信息，进而系统能够对风力发电场现场各装置的运行数据进行有针对性的采集^[5]。

在系统内设定采样频率，基于设定的采样频率与风力发电场现场工作人员设定的各项参数，采集风电机组出力工况数据、变压器电气参数数据及风力发电机组出力调节系统运行参数数据等信息^[6]。对采集到的风力发电场运行数据进行处理，首先识别数据类型，将不同类型的数据转换为对应的参量。在此基础上，将转换后的参数数据传送给系统的实时监控模块，为系统的远程集中实时监控提供有力的数据支持。

2. 远程集中实时监控

在上述风力发电场运行工况数据采集完毕后，接下来，对系统的远程集中实时监控模块进行设计。

首先，系统的通信通道将上述采集获取到的现场信息数据传输至控制中心。通过展示界面，实时显示各项数据，确保系统对风力发电场各项设施运行工况远程监控的全面性与时效性^[7]。系统对风力发电场的工作情况进行全方位的分析，包括风力发电机组各条线路的传输情况、开关机断路器的工作电流、电压和功率等^[8]。系统采用不同的颜色，对正常运行工况与异常运行工况的发电机组标记。工作人员通过系统内标记的颜色，能够及时发现风力发电场的实时运行工况，并及时应对存在的隐患问题。在此基础上，远程集中实时监控模块还应当根据监控到的内容信息，采取差异化告警处理。一旦风力发电场存在安全风险隐患，该模块应当实时展示告警内容信息，并自动闪烁报警灯，告知管理人员该风力发电机组处于告警状态。待管理人员完成隐患处理后，报警灯方可停止闪烁。本文设计的远程集中实时监控模块具有良好的性能优势，能够提高风力发电场运行的安全性与可靠性。

3. 建立远程集中监控数据库

在风力发电场远程集中实时监控完毕后，在此基础上，建立远程集中监控数据库，存储、维护、检索并管理系统监控获取到的风力发电场运行工况

数据信息，为后续风力发电场日常监控提供有力的数据支持。

本文建立的风力发电场远程集中监控数据库表见表2。

表2 远程集中监控数据库表

字段名	描述	数据类型	是否主键
Wind farm number	风电场编号	INTEGER	是
Number of wind turbines under jurisdiction	下辖风电机组数量	INTEGER	否
Wind farm operation command	风电场操作命令	VARCHAR	否
Total power generation	总发电量	INTEGER	否
Wind turbine model	风电机组型号	VARCHAR	否
Operation status of wind turbine	风电机组运行状态	VARCHAR	否
Number of runs	投运次数	INTEGER	否
Outage times	停运次数	INTEGER	否

按照表2所示的数据库表，存储并管理上述系统监控获取到的风力发电场运行工况数据信息，实现系统前后端数据交互与业务逻辑功能。

系统功能实现

1. 测试准备

上述内容，便是本文提出的风力发电场远程集中监控系统的全部设计流程。按照上述设计的监控系统的运行需求，搭建系统测试的软件运行环境，见表3。

表3 系统测试软件运行环境配置

编号	软件	配置
1	OPC UA服务器	KEPServerEX 5.8
2	组态王	KingView
3	MATLAB	R2017b 8.8

按照表3所示的配置，搭建系统测试软件运行环境。在测试条件具备的情况下，在一周内完成单风场接入系统工作。接入风力发电场的发电机共计640台，总装机容量超过了1 000 MW。利用监控系统，实时监控并显示风力发电场的发电量、无功功率、有功功率和平均风速等。

全面遵循IEC 61970标准，对该监控系统进行全方位、多维度地测试分析。风力发电场远程集中监控系统界面如图2所示。

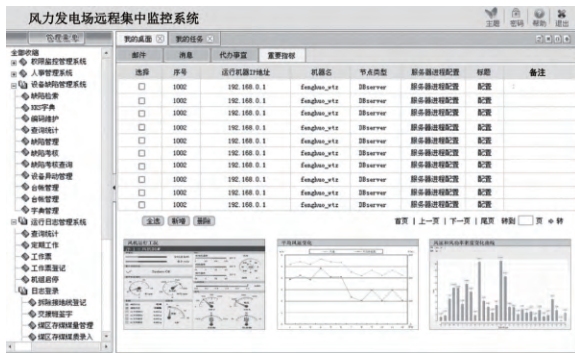


图2 风力发电场远程集中监控系统界面

2. 结果分析

在上述系统测试准备完毕后，对系统的功能实现结果进行客观验证。引入对比分析的方法原理，将上述本文提出的风力发电场远程集中监控系统设置为实验组，将文献[2]、文献[4]提出的监控系统分别设置为对照组1与对照组2，对比三种系统的功能运行结果。

选取风力发电场远程集中监控系统的平均响应时间作为此次测试的评价指标

$$R=R_M/S$$

式中， R_M 为所有风力发电机监控响应时间； S 为风力发电机数量。

设置监控系统在运行过程中，异步数据交互请求的时间间隔为100 ms，系统页面上的数据每隔100 ms自动刷新一次。设定待监控的风力发电机台数分别为100、200、300、400、500、600，利用上述三个系统，对风力发电机进行实时监控，对系统监控中各个功能操作进行响应时间测试，测试对比结果如图3所示。

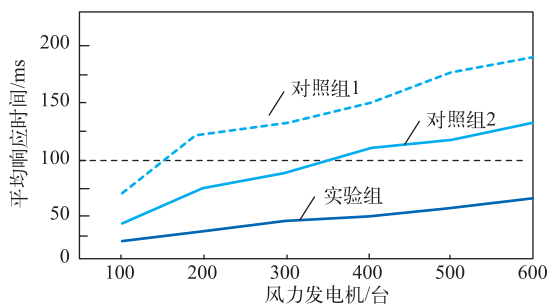


图3 系统监控功能操作平均响应时间对比结果

通过图3的评价指标对比结果可以看出，三种远程集中监控系统应用后，功能操作响应时间存在明显差异。其中，本文提出的监控系统应用后，在待监控风力发电机台数逐渐增加的情况下，系统监控

功能操作平均响应时间始终小于另外两个对照组，平均响应时间最大不超过100 ms。由此对比结果不难看出，本文提出的监控系统具有较高的可行性，能够满足风力发电场远程集中监控实时性的要求，实现监控功能最佳效果。

结束语

综上所述，为提高风力发电场远程集中监控系统运行的时效性，达到系统功能的最佳效果，本文开展了风力发电场远程集中监控系统设计研究。通过图2的对比结果可知，提出的监控系统应用后，在待监测风力发电机台数增加的情况下，系统监控功能操作平均响应时间最大不超过100 ms，满足远程集中监控实时性的要求，具有重要的研究意义。EA

(收稿日期：2024-06-24)

参考文献

- [1] 张军军, 陈果, 卢应强, 等. 风电场主设备预警诊断系统设计与开发[J]. 电气技术, 2023, 24(5): 52-57.
- [2] 周刘俊, 王琨, 宋碧昊, 等. 风力发电场远程集中监控系统的设计及系统应用成果分析[J]. 科学技术创新, 2023(1): 221-224.
- [3] 孔庆香, 卿子龙. 新能源智慧型远程集中管控系统的探讨[J]. 东北电力技术, 2021, 42(12): 1-4+9.
- [4] 卿子龙, 孔庆香. 海上风电场智慧型监控管理一体化系统[J]. 分布式能源, 2021, 6(5): 59-63+70.
- [5] 李科润. 服务器虚拟化技术在风电场电力监控系统中的应用[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(4): 73-75.
- [6] 程占伟, 周珍珍, 陈娜娜, 等. 基于PLC程序和SCADA软件的风机信息采集上传系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2020, 39(12): 77-81.
- [7] 鲁民, 李冰皓. 新能源风力发电系统中自适应控制技术及应用及未来前景探讨[J]. 时代农机, 2020, 47(6): 81-82+84.
- [8] 杨源, 陈亮, 王小虎, 等. 海上风电-氢能综合能源监控系统设计[J]. 南方能源建设, 2020, 7(02): 35-40.