

电力系统自动化监控系统设计

宿亚遵

河北港湾电力技术有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在电力行业持续发展的进程过程中,传统的电力系统监控模式对于人工的依赖性较高,不仅难以实现电力系统关键参数的实时监测,而且会浪费大量的人力与时间成本。因此,文章研究通过设计涵盖数据采集、数据传输、数据处理、监控显示及报警控制模块的电力系统自动化监控系统,可实现对电力系统中关键参数的实时采集及异常预警,进一步提升电力系统运行的稳定性和可靠性,以供参考。

[关键词]电力系统; 自动化监控; 分层架构; 数据采集; 报警控制

DOI: 10.33142/hst.v9i1.18974

中图分类号: TM734

文献标识码: A

Design of Power System Automation Monitoring System

SU Yazun

Hebei Gangwan Electric Power Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In the process of continuous development of the power industry, the traditional power system monitoring mode relies heavily on manual labor, which not only makes it difficult to achieve real-time monitoring of key parameters of the power system, but also wastes a lot of manpower and time costs. Therefore, the article studies the design of a power system automation monitoring system that covers data acquisition, data transmission, data processing, monitoring display, and alarm control modules. This system can achieve real-time collection of key parameters and abnormal warning in the power system, further improving the stability and reliability of power system operation for reference.

Keywords: power system; automated monitoring; hierarchical architecture; data collection; alarm control

引言

电力系统作为社会生产生活的核心支撑,其稳定运行对国计民生有着直接的影响。这些年来伴随着电力系统规模的持续扩大,然而采用的传统监控方式的弊端也日益凸显,高度依赖人工巡检以及手动记录,无法实现实时监控,导致监控出现盲区,准确性难以保障。当电力系统发生故障时,传统的监控模式响应速度比较慢,导致故障未能第一时间解决。随着电力系统规模的逐步扩大,传统依赖人工巡检、手动记录的监控方式,已无法满足实时监控、快速响应的需求,存在监控盲区、数据误差大、故障处理不及时等弊端,易引发电力供应中断等安全隐患。电力系统自动化监控系统通过融合通信技术、电子技术和计算机技术,无需人工干预即可完成常规监控和异常预警,并且在提高系统可靠性、降低能源浪费以及促进可再生能源集成方面发挥着关键作用。因此,为了实现电力系统运行状态的实时监控和异常报警,本次设计聚焦核心监控需求,设计一套操作便捷的自动化监控系统,为电力系统安全稳定

运行提供保障。

1 系统总体设计

1.1 设计原则

本次电力系统自动化监控系统设计,严格遵循以下原则:(1)实时性原则。在电力系统中,数据采集的实时性是整个监控系统的基础,优化数据采集、传输和处理速度,满足电力系统实时监控需求;(2)可靠性原则。选用性能稳定的硬件设备和软件技术,确保系统 24h 连续稳定运行;(3)扩展性原则。在简化设计的基础上预留一定的接口和扩展空间,便于后续灵活增加监控点位和功能模块,降低系统升级成本。

1.2 总体架构设计

结合设计原则和电力系统监控核心需求,本次设计的电力系统自动化监控系统采用分层分布式架构。现场采集层作为系统的“感知终端”,负责采集电力系统中发断路器、输电线路等关键设备的运行参数和运行状态,将模拟信号转换为数字信号,上传至数据传输层。数据传输层负

责将现场采集层上传的数字信号,通过可靠的通信方式传输至监控中心层。监控中心层负责接收、处理数据传输层上传的监控数据,对异常数据进行监测、判断和报警,实现对现场设备的远程控制。

1.3 系统工作流程

系统工作流程简洁清晰,分为数据采集、数据传输、数据处理、监控显示和报警控制。数据采集环节,现场采集层的传感器与采集终端按预设频率实时采集电力设备和电网运行参数及状态数据,并完成模拟到数字信号的转换;数据传输时,数据传输层借助选定通信方式将数字信号实时可靠传至监控中心层,期间进行简单信号滤波;数据处理阶段,监控中心层接收数据后校验、清洗、分析,剔除无效数据,判断是否在正常范围并生成运行状态报告;监控显示方面,通过监控界面直观呈现处理后的运行参数、设备状态和电网运行情况,方便工作人员实时查看;报警控制上,数据超范围系统自动触发声光报警,记录报警信息,工作人员可据此下发简单指令或到现场处理。

2 系统硬件设计

2.1 现场采集层硬件设计

现场采集层的核心功能是完成电力系统运行数据的采集和信号转换,传感器是数据采集的核心部件,根据电力系统监控需求,选用4类核心传感器,具体选型如下表1所示。

表1 不同类型传感器的测量范围、核心功能

传感器类型	选型型号	测量范围	精度	核心功能
电压传感器	JD194-BS4U	0~1000V	±0.5%	采集输电线路、设备两端电压数据
电流传感器	JD194-BS4I	0~500A	±0.5%	采集输电线路、设备运行电流数据
功率传感器	JD194-BS4P	0~200kW	±1.0%	采集设备运行功率、有功功率数据
温度传感器	DS18B20	-55℃~125℃	±0.1℃	采集变压器、断路器等设备表面温度

传感器安装便捷,电压等传感器以串联或并联、温度传感器用粘贴式固定在监控设备与线路上,输出4-20mA模拟信号。数据采集终端以STM32F103单片机为核心,由其A/D转换器(选ADC0832转换信号)、信号滤波模块(用RC滤波电路去干扰)、接口模块(设RS-485接口上传数据)组成,工作流程为接收模拟信号、滤波、转换、校验处理后上传。现场采集层设备24h运行,电源模块选直流开关电源,输入AC220V、输出DC5V和DC12V供电,有过压过流保护,还配续航不低于4h的备用电池。

2.2 数据传输层硬件设计

数据传输层核心是达成现场采集层与监控中心层的数据双向传输,选用简单可靠且成本低的有线通信方式,以RS-485总线为主配合通信转换器完成传输。其硬件有RS-485总线(用双绞线,抗干扰强、传输远、可连多终端、成本低)、RS-485转RS-232通信转换器(因监控中心计算机接口为RS-232,用于信号转换)、信号放大器(传输超500米时增强信号防数据丢失误差)。工作流程为接收现场采集层数字信号,经RS-485总线传至转换器转成RS-232信号传至监控中心,同时接收监控中心指令转成RS-485信号传至采集终端。

2.3 监控中心层硬件设计

监控中心层是系统的核心控制和显示终端,无需复杂的服务器集群,监控中心层硬件配置实用且连接简便,选用配置为CPU Intel Core i5、内存8GB、硬盘500GB的普通工业计算机,运算和存储能力强,能完成数据处理、存储与指令下发,运行稳定适合工业现场;搭配24英寸高清监控显示器,可实时简洁直观呈现电力系统运行参数、设备状态及报警信息;报警装置由声光报警器和报警指示灯构成,异常时声光报警且指示灯变红,音量和亮度可调;选用普通激光打印机打印监控数据、报警记录与运行报告以便存档查阅。工业计算机通过自带接口就能分别与通信转换器、监控显示器、报警装置和打印机连接,调试便捷,无需复杂接线配置。

3 系统软件设计

3.1 数据采集软件设计

为确保软件开发效率和运行稳定性,选用简单、成熟的开发环境。数据采集软件运行于现场采集层以STM32单片机为载体的数据采集终端上,核心功能为控制传感器采集数据、实现模数转换、简单滤波校验并上传数据。该软件用C语言开发,结构简单,涵盖初始化、数据采集、信号转换和数据上传四大模块。初始化模块在软件启动后,对单片机、A/D转换器、传感器及接口初始化,设置采集频率(默认1次/秒且可手动调整)、信号转换与通信参数;数据采集模块依预设频率控制传感器采集多类数据,接收模拟信号并传递给信号转换模块;信号转换模块操控A/D转换器将4~20mA模拟信号转为数字信号,用RC滤波算法过滤干扰;数据上传模块对数字信号校验,剔除无效数据,经RS-485接口上传,上传失败自动重试(不超过3次)。

3.2 数据传输软件设计

数据传输软件分两部分,分别运行于现场采集终端与监控中心工业计算机,核心是实现数据双向稳定传输。该

软件以 C 语言开发, 基于 RS-485 通信协议简化逻辑。采集终端侧传输软件接收数据采集软件上传的数字数据, 按协议简单封装后发至 RS-485 总线, 同时接收控制指令并解析传给数据采集软件; 监控中心侧传输软件通过 RS-232 接口接收通信转换器传来的数据, 解析封装格式提取有效数据传给数据处理软件, 还接收控制指令封装后经转换器和总线传至现场。传输中采用 CRC 校验算法判断数据完整性, 校验失败自动请求重传, 保障传输可靠性。

3.3 数据处理软件设计

数据处理软件部署于监控中心工业计算机, 以 Python 开发, 聚焦核心处理需求, 实现监控数据接收、处理、分析及传递等功能。它涵盖五大模块: 数据接收模块实时获取数据传输软件上传的含采集时间、点位及各类参数的监控数据; 数据清洗模块剔除无效数据, 用相邻数据均值填充缺失值, 保障数据准确完整; 数据判断模块将清洗后数据与预设范围对比, 判定设备与电网运行状态; 数据存储模块把有效数据及报告以 CSV 格式存于硬盘, 存储周期可手动设置, 默认 1 年且超期自动删旧数据; 数据传递模块将实时数据与状态传给监控显示软件供查看, 异常时立即传给报警控制软件触发报警。

3.4 监控显示软件设计

监控显示软件安装于监控中心工业计算机, 以 Python 开发, 借助 Tkinter 库打造简洁界面, 操作简易无需专业培训。其核心是接收数据处理软件传来的实时数据与运行状态, 直观呈现电力系统运行状况。系统状态界面显示系统整体运行状态、传输状态等信息, 异常时明确显示原因; 实时监控界面以数字和折线图、柱状图等简单图表, 实时呈现各监控点位的电压等参数, 标注名称单位, 数据依采集频率更新, 可通过下拉菜单切换点位查看详情; 历史数据界面支持工作人员设置查询时间与点位, 以表格或图表形式查看历史数据与运行报告。此外, 界面设计简洁, 颜色搭配合理, 异常数据红色标注、正常数据黑色标注, 方便工作人员快速区分, 且可手动调整大小与分辨率, 适配不同显示器。

3.5 报警控制软件设计

报警控制软件运行在监控中心的工业计算机上, 核心功能是接收数据处理软件传递的异常数据, 触发报警功能, 记录报警信息, 同时支持工作人员下发简单控制指令, 处理异常情况。软件采用 Python 语言开发, 结构简单, 主要包括报警触发模块、报警记录模块和控制指令模块。当接收到异常数据时, 立即触发声光报警装置, 发出声音和灯光报警, 报警持续时间可手动设置, 同时在监控显示界

面弹出报警提示, 标注报警点位、异常数据和报警时间; 报警记录模块自动记录所有报警信息, 存储至硬盘中, 便于工作人员后续查阅和追溯, 报警记录不可删除; 控制指令模块工作人员查看报警信息后, 可通过该模块下发简单控制指令, 指令通过数据传输软件传递至现场采集终端, 实现对现场设备的远程控制, 下发指令后, 软件自动反馈指令执行结果。

4 系统调试与性能测试

为确保系统设计合理、运行稳定, 满足电力系统自动化监控需求, 在系统设计完成后, 进行简单的调试和性能测试, 确保系统符合设计要求。硬件调试中将现场采集层、数据传输层、监控中心层的硬件设备按照设计要求连接, 接通电源, 检查各设备运行状态, 排查设备无问题; 测试传感器采集精度, 确保采集的数据准确; 测试数据传输线路, 确保数据能够正常传输, 无明显干扰; 软件调试分别启动各模块软件, 测试软件运行状态, 排查软件闪退、报错等问题; 测试数据采集软件, 确保能够正常采集和转换数据; 测试数据传输软件, 确保数据双向传输正常; 测试数据处理软件, 确保数据处理准确、存储正常; 测试监控显示软件, 确保界面显示正常、数据实时更新; 测试报警控制软件, 确保异常数据能够触发报警, 控制指令能够正常下发。

性能测试重点测试系统的 4 项核心性能指标, 测试结果如下表 2 所示。

表 2 性能测试结果

性能指标	设计要求	测试结果	是否合格
采集频率	1 次/秒, 可调整	1 次/秒, 调整范围 0.5~5 次/秒	合格
数据传输延迟	≤500ms	≤300ms	合格
报警响应时间	≤1s	≤0.5s	合格
连续运行时间	≥72 小时	≥100 小时, 无故障	合格

测试结果表明, 该电力系统自动化监控系统数据采集准确、传输稳定, 报警响应及时, 满足电力系统简单自动化监控的需求, 减少停电时间。自动化设备降低了操作和维护的成本, 减少了人工干预的需要, 同时提高了电力系统的效率。此外, 智能监控与自动化设备可以帮助平衡供需, 减少过剩供电和浪费, 提高能源效率。

5 结论

为了适应当前社会不断发展的需求, 电力供电系统应该提升自身的自动化水平, 满足社会对电力供电系统的需求。本文围绕电力系统自动化监控需求, 设计了一套结构简洁、操作便捷的系统, 完成各环节设计与调试测试, 结

论表明系统采用分层分布式架构,硬件选用成熟低成本设备,软件设计简单易懂,各模块功能正常,能提升电力系统稳定性,保证电力供电系统维持稳定的供配电水平。但是本系统有一定的局限性,后续可在扩展监控功能、优化通信方式、提升智能水平方面优化升级,且会继续遵循实用原则,以适应日益复杂多变的电力系统运行环境,为社会经济的持续发展提供可靠、优质的电力保障。

[参考文献]

- [1]黄明波.自动化技术在电力系统运行中的应用[J].光源与照明,2023(6):207-209.
- [2]巩冬梅,马源,张祎玮.智能化技术在电力系统电气工程自动化中的应用研究[J].科技创新与生产力,2023,44(11):111-114.
- [3]周铁.试析电力物联网技术在电力设备在线监测中的应用[J].中国设备工程,2023(17):167-169.
- [4]李林绒.电力系统智能监控与自动化技术应用[J].电子技术,2024,53(10):328-329.
- [5]单君竹.电力自动化监控系统设计研究[J].现代制造技术与装备,2024,11(12):68-70.
- [6]闫音蓓,张悦,史光宇.电气工程自动化技术在电力系统中的应用[J].光源与照明,2023,11(10):201-203.
- [7]刘建文,颜勇,林桂柯,等.提高变电站电力系统自动化技术途径研究[J].中国设备工程,2023,11(20):231-233.
- [8]张晓敏.电力系统调度与监控自动化及其发展方向探究[J].黑龙江科学,2022,13(10):122-123.
- [9]高志远,彭林,李炳林,等.新兴 ICT 技术对电力系统自动化的协同支撑作用研究[J].电力系统保护与控制,2021,49(7):160-166.
- [10]崔明勇,曹朋,朱大伟,等.基于 FOPI+FOPD 控制器的单区域电力系统频率控制及电压调节[J].燕山大学学报,2022,46(2):157-165.

作者简介:宿亚遵(1999.2—),毕业院校:河北科技大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:河北港湾电力股份有限公司,职务:员工,职称级别:初级。