

[物联网]

基于物联网技术的电力设备状态实时监测与故障诊断系统

文/张弛 谭智钢 何天翔
浙江华云清洁能源有限公司

为提升电力设备日常运维水平，研究物联网技术下的状态实时监测与故障诊断系统。充分掌握电力设备差异性特点，分类分级设置系统访问权限，确保在线监测信息读取及时、故障诊断结果准确可靠。根据系统设计进行测试评估，保障系统应用可行性，为企业提供高质量的设备维护技术手段。

随着电力行业的快速发展与智能电网的普及，电力设备的安全、稳定运行成为保障电力供应可靠性的关键。然而，电力设备在长期运行过程中，因环境、负载、老化等因素易导致性能下降乃至故障发生，对电网安全构成威胁。传统的定期巡检与故障后维修模式已难以满足现代电力系统对高效、精准运维的需求^[1]。因此，基于物联网技术的电力设备状态实时监测与故障诊断系统应运而生，成为提升电力设备管理水平、预防故障发生的重要手段。本研究旨在探讨物联网技术在电力设备状态监测与故障诊断中的应用，通过构建实时监测系统，实现对电力设备运行状态的全面感知与精准分析，为电力行业的智能化运维提供有力支撑。

物联网技术概述

1. 物联网定义

物联网主要通过一系列信息采集设备，完成约定协议连接物品与互联网，实现信息交换、共享、通信。其中，信息采集设备包括射频识别、传感器、红外感应器、全球定位系统和激光扫描器等，借助设备建立识别、定位、监测和诊断一体化的网络结构，为相关人员提供可靠的数据信息作为决策基础。

2. 技术类型

(1) 传感器

这种设备可准确获取物体信息，在物联网中占据重要地位。主要组成构件包括敏感元件、转换元件、变换电路和辅助电源，设备类型包括温度、位置、液面、压力等，可根据用户需求选择合适的传感器进行数据采集与传输。

(2) 通信技术

通信技术处于持续更新状态中，利用WLAN实现信息传递与共享。技术包括NB-IoT、eMTC、LPWAN等，解决了物联网中的各类应用问题。

(3) 云计算

该技术主要作为信息接收端应用，通过多台服务器处理所采集到的数据内容，结合计算功能为用户提供可靠的数据报告。

电力设备状态实时监测与故障诊断系统原理

1. 信号采集

电力设备日常维护系统中，在线监测设备主要检查待测元件运行状态，根据结果判断故障类别，实现状态干预。期间，采集所诊断设备的状态信息后，监测设备电磁、磁力线密度等常规数据，根据表征设备状态数值以及不同信号的特征实现信号采

集^[2]。采集流程：数据采集→定量采集信号→自动采样→基于故障信号调整设备运行。

2. 数据传递及处理

由于系统传输数据时，一般距离被测设备较远，容易受到外界因素干扰。因此在数据传递期间需要转换模数，预处理转化后的数字量后压缩打包，通过通信传输通道将数据传输至数据处理中心。接收到数据信息后，系统将采用不同计算方式处理数据包，从中获取具有应用价值的数

3. 选取故障信号特征量

电力设备发生故障时，通常由多个故障体征量引起。选取的设备运行特征量不同时，诊断结果也会存在一定差异性。如特征量选取不科学，则会产生诊断误差、结果不准确的情况，影响相关人员对设备的运行判断与评估。因此在设计系统时，应注意控制特征量采集，选择代表性高的参量提高故障诊断准确性。

基于物联网技术的电力设备状态实时监测与故障诊断系统设计

充分掌握电力设备状态实时监测与故障诊断系统运行原理，设计基于物联网技术的系统结构，结合测试确定系统可行性。

1. 系统设计需求

以某区域的供电企业为例，该企业内部的电力设备检修工作受到限制，无法实现全面评估，存在数据采集不全面的问题。其主要原因包括人员素质、设备质量等，导致设备日常监测与故障诊断不到位，存在以下问题。

1) 检修停电时间长。由于日常试验停电时间过长，造成区域内部供电不稳定，影响电网企业以及周边居民的用电质量^[3]。部分重要变电设备故障诊断不及时，常出现非计划停运的情况，导致大面积停电。

2) 检修试验间隔长。该企业的电力设备状态检修例行试验为3年，时间过长导致部分设备故障存在运行安全隐患，未及时更换处理造成企业维修成本负担加大。

3) 设备检修工作量大。传统检修方式为人员检修，不仅检修工作量大，而且容易出现诊断误

差。此外，人员疲劳工作下，事故发生率也会随之增大。

基于企业现存的设备监测与故障诊断问题，需设计电力设备状态实时监测与故障诊断系统，合理应用传感器、通信技术、云计算技术提高系统应用质量。

2. 状态监控系统结构设计

采用无线传感器，设计电力设备状态监控系统结构，如图1所示。利用线上状态监测，设置监测记录、监测管理、故障诊断等功能，在设备运行期间实现全面管控，降低设备故障发生率。结合本地控制中心，将所采集到的设备运行信息进行存储与处理，如运行温度、运行压力、环境湿度等，根据参数可判断设备是否处于正常运行状态。系统设计中，采用远程监控终端方便管理人员完成远距离管控，使用手机APP连接系统服务端，实时获取电力设备运行状态。一旦发生异常现象，系统将会第一时间将信息发送至手机APP，提醒相关人员某设备运行异常。

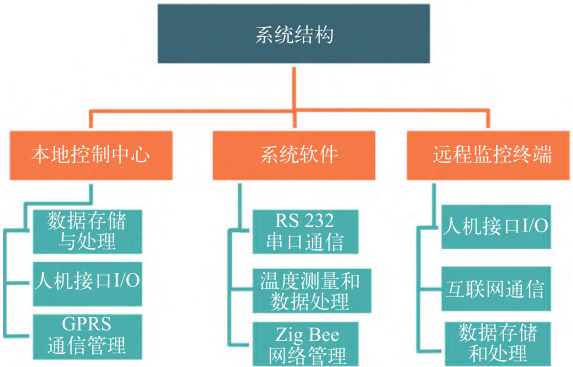


图1 电力设备状态监控系统结构设计

3. 系统功能设计

(1) 在线监测

实时监测期间，利用网络提取电力设备运行的原始数据，存储在数据管理中心，便于系统自动判断设备运行是否处于故障状态。结合深度学习算法计算数据信息，对比原始数据帮助维修人员快速找到设备故障部位。监测期间，记录设备温度、压力等参数数据，通过对比一周的设备运行数据，实现故障诊断。

(2) 离线监测

充分考虑系统离线时的监测性能，保证其在离

线期间也可实现设备监测，为设备运维人员提供可靠的运行数据，避免因离线造成故障巡查疏漏，不利于保障变电站等相关设备的运行安全性。设备处于工作状态或者休眠状态时，均可采用传感器实时获取设备信息，并借助云计算技术计算相关数据。由于离线监测设备运行呈单一特征，因此在设计时可选择结构相对简单以及容量小的电力系统，便于技术人员管理与使用。

(3) 监测装置管理

考虑到统一管理的便捷性，将电力设备状态实时监测系统的监测装置设置在被监测设备周边^[4]。主要管理设备相关基础信息，包括设备名称、生产厂家、生产日期、安装地点和监测项目等。结合新建、保存、删除及更改等功能实现数据管理。

(4) 设备运行监视

设计设备运行监视功能，保证传感器在设备运行异常时发出预警信息，通知运维人员进行故障检修。由于设备类型不一，且故障发生情况均有不同，因此在系统中根据人员级别进行权限分类管理，保证故障精准定位后在有效时间内完成故障处理。功能详情见表1。

表1 设备运行监视功能

序号	功能	详情
1	搜索监测设备	主要搜索被监测设备的告警信息
2	搜索监测装置	主要搜索被监测设备的异常信息
3	告警信息处理	上报告警信息后，对其进行分析处理
4	告警信息搜索	实时搜索告警状态下的设备运行数据
5	新增方案	根据用户需求创建新方案
6	修改方案	根据用户需求修改完善方案信息
7	删除方案	根据用户需求删除有误、冗余以及过期方案
8	删除设备	在某个方案下，删除不需要的监测设备
9	刷新频率修改	根据用户需求调整方案刷新率
10	告警时间区间修改	更高方案告警时间及区间

(5) 统计报表

统计和分析检测装置采集到的设备运行真实数据，帮助企业掌握不同时间段内的辖区变电设备运行情况，并针对性制定后期电网发展计划。合理划分不同类型的表格，生成PDF文件或者EXCEL文件，便于查看。报表包括电力设备运行情况、电力设备告警情况、电力设备告警处理情况等。利用云

计算技术与通信技术，快速计算数据信息并生成报表，存储于数据库中。为保证报表数据的隐秘性，可设置访问权限提高数据信息使用安全水平。

基于物联网技术的电力设备状态实时监测与故障诊断系统应用

为确保电力设备状态实时监测与故障诊断系统设计可靠性，保障后期应用稳定安全，采取系统测试根据测试结果进一步优化系统功能。

1. 系统测试

(1) 监测功能与故障判断测试

对电力设备状态监测功能进行验证，实时显示设备运行状态，实现多维度组合查询，及时生成故障诊断报表。

测试过程：输入变压器设备，确定系统时是否正确判断变压器运行状态。通过筛选查询，统计告警等级与监测数据，生成数据统计图。系统测试后，发现变压器设备运行异常，第一时间发出告警信息，将故障信息传输至管理人员的手机APP上。信息包括设备名称、设备位置、设备故障类型、故障解决措施^[5]。管理人员在获取故障信息后，通过系统后端下发指令至运维人员平台。运维人员收取变压器故障信息，赶往现场进行检测与评估。

运维人员到达现场后，确定变压器确实存在运行异常问题，查找其主要原因为接头过热，与系统生成报告一致。通过更换线夹形状，减少设备负载解决设备故障问题。处理后，设备运行恢复正常。

测试结果显示，系统在线监测与故障诊断良好，及时遏制变压器故障产生的安全生产隐患，保证了区域供电的稳定性。

(2) 性能测试

测试系统不同功能用户数量接近饱和状态时的响应情况与能耗情况，在设计访问极限200个用户同时访问系统时，功能应用仍处于正常运转状态，且页面显示正常。响应时间 ≤ 2 s，电能资源消耗平稳。

测试过程：每隔3 min增加50个访问用户，至200名用户后持续测试5 h。5 h后，每隔1 min减少20个用户，至无用户访问即可停止测试。借助用户模拟器测试脚本录制，并利用云计算方法获取用户脚本信息，创建监控压力模拟模型后，针对测试结

果进行评估。

测试结果：系统访问用户达到200人时，服务器及数据库主机利用率达到30%。其中，前者最高内存利用率达到34%；后者最高内存利用率达到47%。访问人数为50人时，最大响应时间为1.084 s；访问人数为100人时，最大响应时间为1.573 s；访问人数为150人时，最大响应时间为1.684 s；访问人数为200人时，最大响应时间为2.254 s。

根据数据可见，系统性能稳定，且消耗呈现平稳状态。响应时间小于2 s，可保证用户实时查看设备运行状态。

2. 应用评估

(1) 社会效益

采用电力设备状态实时监测与故障诊断系统，可有效监测设备运行状态，并针对故障问题实时处理，降低安全事故发生率，满足区域供电应用需求。基于稳定的供电环境，有利于促进电力企业以及相关产业的可观发展，并提高居民生活质量。

(2) 经济效益

企业应用电力设备状态实时监测与故障诊断系统，实现设备的稳定运行，降低不必要的电能消耗，为企业树立良好形象，有助于经济效益的持续提升。

结束语

基于物联网技术，探究电力设备状态实时监测

与故障诊断系统设计及其应用，解决传统设备检修与维护存在的工作问题，提升供电稳定性与可靠性，满足各类企业及居民的用电需求。设计系统时，首先应掌握物联网技术类型及特征，选择合适的技术应用于系统设计中，确保设备监测中的信号提取、数据传输、故障定位等功能有效，为运维人员提供真实的数据决策基础，实现设备供电的安全运行，适应新时期下的用电需求，推动社会经济的稳定发展。EA

(收稿日期：2024-08-20)

参考文献

[1] 贺明强, 靳君, 关新宇, 等. 基于计算机视觉的电力设备状态监测与故障诊断策略分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(2): 224-225.

[2] 纪良, 汪良坤, 张建华. 电力设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 电子技术, 2023, 52(10): 260-261.

[3] 苏培宇. 电力设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(6): 100-101.

[4] 张洁, 蔡然. 电力设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 电子技术, 2021, 50(12): 274-275.

[5] 杨江, 赵伟哲. 电力设备状态监测与故障诊断[J]. 科技风, 2019, (34): 177.

