

基于GPRS的火力发电机状态远程监测系统设计

刘吉祥, 张彦凯, 陈军, 达琪, 葛瑞鹏, 朱婷婷

(兰州陇能电力科技有限公司, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 火力发电机运行状态直接影响火力发电站的生产和安全运行, 为实现发电机早期故障的及时诊断, 设计基于GPRS的火力发电机状态远程监测系统。采集火力发电机运行状态信号数据, 利用GPRS无线通信网络将数据安全传送到监控模块; 监控模块接收该数据后, 采用流形半监督K均值聚类算法, 计算并分析该数据, 实现发电机故障诊断, 并进行故障预警, 并将预警结果可视化呈现在界面中。测试结果显示: 该系统可采集发电机在不同时刻下的运行状态数据; 可靠监测不同运行工况下发电机的运行状态; 当发电机的故障残差绝对值为0.055 2时, 逼近设定预警值, 则系统发送预警, 满足火力发电机状态远程监测需求。

关键词: GPRS; 火力发电机; 状态远程监测; 运行状态信号; 网络协议; 故障预警

中图分类号: TP274; TM315 文献标识码: A 文章编号: 1003-7241(2025)01-0105-05

Design of Remote Monitoring System for Thermal Generator State Based on GPRS

LIU Ji-xiang, ZHANG Yan-kai, CHEN Jun, DA Qi, GE Rui-peng, ZHU Ting-ting

(Lanzhou Longneng Electric Power Science & Technology Ltd., Lanzhou 730070 China)

Abstract: The operation status of thermal power generators directly affects the production and safe operation of thermal power plants. In order to realize timely diagnosis of early faults of generators, a remote monitoring system for thermal power generator status based on GPRS is designed. Collect the operation status signal data of thermal generator, and use GPRS wireless communication network system to safely transmit the data to the monitoring module. After receiving the data, the monitoring module uses the manifold semi supervised K-means clustering algorithm to calculate and analyze the data, realize generator fault diagnosis, and conduct fault warning, and visualize the warning results in the interface. The test results show that the system can collect the operating state data of the generator at different times. Reliable monitoring of generator operation status under different operating conditions. When the absolute value of the fault residual error of the generator is 0.055 2, approaching the set early warning value, the system will send early warning to meet the requirements of remote monitoring of thermal generator status.

Keywords: GPRS; thermal power generator; remote state monitoring; operation status signal; network protocol; failure warning

0 引言

火力发电是通过煤炭、燃油等可燃气体为燃料, 结合一定的压力蒸汽, 对汽轮实行推动的一种发电方式, 发电机是实现其发电的核心。因此, 为保证火力发电的正常运行^[1], 各个火力发电厂均依据采集的发电机现场信号, 对发电机的运行状态实行远程监控。但是, 在远程监测过程中, 面临较大挑战, 例如现场采集的信号数据传输的效率无法满足理想需求^[2], 导致发电机状态监测结果发生一定偏差。因此, 在进行火力发电机状态监测时, 现场信号数据的传输效率尤为重要。GPRS也称为通用无线分组业务, 其结合了移动和数据两种通信技术, 实现固定信道资源的共享; 并且对于具有间断性、突发性、频繁特性的数据具有显著的优势, 能够通过分组的方式, 灵活实现

数据的传输业务。

针对火力发电机状态远程监测问题, 刘建东等人设计发电机组多能级监测系统, 系统采用模糊C均值聚类算法, 采集火电机组数据, 以此为依据实现火电机组在线监测^[3]; 潘远等人则对发电机状态监测需求展开分析后, 设计基于卷积神经网络的发电机状态检测系统^[4]。上述系统在实际应用中, 对于大数据量的传输效果以及早期故障的监测和诊断结果仍旧需进一步验证。

因此, 为针对发电机早期故障实现可靠、实时的监测效果, 并完成预警动作, 本文设计基于GPRS的火力发电机状态远程监测系统, 利用GPRS的数据通信优势, 实现火力发电机状态远程监测。

1 火力发电机状态远程监测

1.1 火力发电机状态远程监测系统架构

*基金项目: 河北省科技厅科学技术项目(2020HMS125)

收稿日期: 2023-06-01

针对火力发电机状态远程监测当下存在的问题以及监测需求,设计基于GPRS的火力发电机状态远程监测系统,整体结构如图1所示。

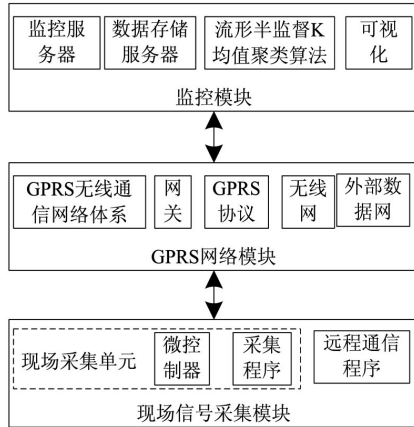


图1 GPRS的火力发电机状态远程监测系统结构

该系统主要包含现场信号采集模块、GPRS网络模块、监控模块,各个模块的详情如下所述:

(1) 现场信号采集模块:该模块中含有现场采集单元、远程通信程序等,其中采集单元以带有TCP/IP协议的微控制器(MUC)为核心,并且设有采集程序。该模块的主要作用是实现火力发电机运行状态信号数据采集。

(2) GPRS网络模块:该模块主要以GPRS无线通信网络体系为主,以及外部数据网、无线网、通信网关、GPRS协议组成。其中,GPRS无线通信网络体系包含GPRS网关支持节点(GGSN)、GPRS服务支持节点(SGSN)等部分组成,主要作用是实现现场采集的火力发电机运行状态数据信息的传输。该模块在传输过程中,可将传送的数据实行分组处理,通过无线网络传送至GPRS网络后,再经由外部数据网传送至监控模块,在该传送过程中,需结合MUC带有的TCP/IP协议和GPRS协议完成。

(3) 监控模块:该模块主要包含监控服务器、数据存储服务器、流形半监督K均值聚类算法等多个部分组成,其主要作用是对采集的火力发电机运行状态数据实行分析处理^[5]、存储、状态监测以及监测结果可视化等。

(4) 现场信号采集模块通过现场采集单元对现场发电机状态实行采集,并通过单元中的MUC和GPRS网络模块连接,实现采集数据的传输;GPRS网络模块连接将数据传送至监控模块,监控模块以GPRS协议为依据,接收传送的现场火力发电机运行状态数据后,将其存储至数据库中。并通过流形半监督K均值聚类算法对这些数据实行分析,获取能够描述发电机状态的数据^[6],实现发电机远程监测,并实现监测结果的可视化;同时监控模块可依据监测结果,下达相应的执行指令,如果发电机存在故障,则可采用短信的方式,将相关信息发送给现场检修人员,即使进行故障运检,保证发电机的运行。

1.2 现场信号采集模块硬件设计

现场信号采集模块主要是依据采集单元完成现场火力发电机运行状态信息采集,采集单元在采集过程中,主要是以微控制器(MUC)为核心实现。系统考虑火力发电机运行状态采集需求,选择C8051F350型号的微控制器进行火力发电机运行状态采集,结构如图2所示。系统选择MUC控制器作为采集单元的核心,是集采集、存储、发送、接收以及控制为一体的微控制器,能够满足火力发电机运行状态信息采集需求。该微控制器整体包含3个部分,分别为控制器核、模拟外设以及数字I/O,通过3个部分的功能结合,实现火力发电机运行状态信息采集^[7];并且该微控制器设有模数转换器,用于完成采集信号的转换,形成数字数据,该转换器具有8路有效位数以及12位的输入通道,支持14位的AD转换,为监测模块直接提供可用的数据信息。

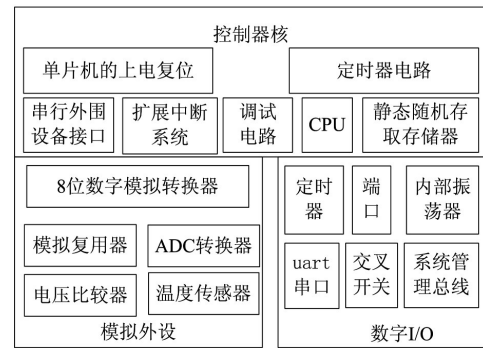


图2 MUC微控制器结构

1.3 GPRS网络模块设计

1.3.1 GPRS无线通信网络体系结构

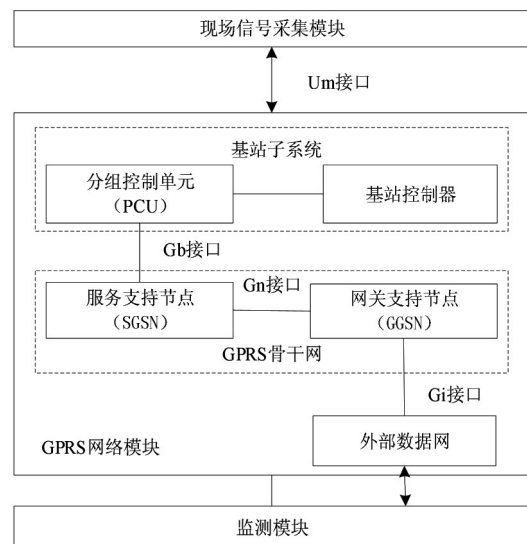


图3 GPRS无线通信网络通信结构

GPRS网络模块是系统实现监测的基础,承担现场采集的火力发电机数据传输任务,为监测提供可靠数据。GPRS无线通信网络体系作为该模块的主要网络,在数据

传输过程中具有重要作用。GPRS无线通信网络体系结构如图3所示。

GPRS无线通信网络体系主要由分组控制单元(PCU)、GGSN、SGSN组成,以此,可实现数据的分组发送和接收。

(1) PCU:主要作用是对通信数据业务量实行处理,能够进行业务量的分离处理,获取业务中的数据业务,同时,其具有分组功能,能够对业务实行分组处理,并且可对无线链路实行控制,实现同一个无线资源的多用户共享。

(2) GGSN:主要作用是实现GPRS无线通信网络和外部数据网络之间的连接,和采集单元中的MUC相连接,现场数据先经由GGSN传送到外部数据网络中后,再经由SGSN将数据传送到监控模块。

(3) SGSN:主要作用是完成数据分组交换指令的传输和现场采集数据的处理和传输,具备边缘网关集成功能,保证GPRS无线通信网络体系各功能之间的可靠连接,确保数据传输的实时性。

1.3.2 GPRS无线通信网络协议

GPRS无线通信网络在进行火力发电机状态现场数据传输时,传输的安全性尤为重要。因此,该网络在进行数据传输过程中,采用GPRS无线通信网络协议栈保证数据传输的安全性。该协议结构如图4所示。该协议是由多个层组成,包含媒质接入控制层(MAC),依据数据的通信需求,实现逻辑信道定义、分配以及共享,是该层的主要作用;逻辑链路控制层(LLC),该层直接建立在高速数据链路规程上,以SNDC层为基础,构建完成的LLC帧,该帧是由LLC地址和帧字段组成;逻辑链路传递层(LLR),形成的LLC帧则需通过该层进行传递;子网依赖结合层(SNDC),传输的数据需经过该层实行分组处理^[8-9],同时对采集单元中的TCP/IP协议实行确定以及加密;网络层是将数据传送到检测模块中。除此之外,该协议还设有多种网络接口,以此,例如,Um接口、Gb接口、Gi接口等,结合不同接口的不同功能,实现不同通信和传输业务的执行和操作。



图4 GPRS无线通信网络协议栈结构

1.4 火力发电机故障诊断

监测模块接收GPRS网络模块传送的发电机运行数据后,对该数据实行分析和计算,判断发电机的运行状态,识别发电机故障。本文系统结合火力发电机状态远程监测需求,为保证监测的可靠性,采用流形半监督K均值聚类算法对接收的数据实行计算,实现火力发电机的故障诊断。流形半监督K均值聚类算法对输入的数据实行自动区分处理,获取数据中的故障标签数据;在此基础上,结合聚类中心的自动确定理念,确定数据聚类中心,并且确定数据之间的相似性标准和约束条件,前者以流形距离为主,后者以数据间欧氏距离为主。以此为依据,获取和故障标签数据之间距离最近的聚类中心,进行数据归属划分后,对聚类中心进行过更新。依据上述步骤不断进行迭代运算,并在迭代过程中,对各个数据样本实行划分,判断其是否满足上述设定的距离条件。如果满足,则对数据实行分类;反之,则继续实行迭代,对聚类中心实行更新,并判断其是否满足约束条件^[10-11]。按照该步骤,当所有数据均完成划分后停止。具体步骤如下:

输入:没有状态标签、有故障状态标签的两种火力发电机状态数据集,分别用 $D=\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 和 $L=\{L_1 \cup L_2 \cup \dots \cup L_k\}$ 表示,其中 n 表示数据数量, k 表示数据类别,且聚类中心数量为 K 。

(1) 初始聚类中心为 $C_k=\{c_k, c_k \in L_k\}$ 。

(2) 对 L 实行划分处理,将 L 中包含的全部故障数据实行类别划分,形成 k 个类别,获取 L 的故障聚类结果为 $A=\{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ 。

(3) 通过更新的方式,对 A_k 实行处理,获取故障标签数据聚类中心,其计算公式为:

$$C_k = \left\{ c_k, c_k = \frac{1}{L_k} \sum_{x \in L_k} x \right\} \quad (1)$$

(4) 计算各个没有状态标签数据 X_n 和故障标签数据聚类中心 C_k 之间的流形距离 $D(X_n, C_k)$ 。

(5) 依据步骤(4)的计算结果,获取和 X_n 之间距离最近的 C_k ,对其实行类别划分,归属于 A_k 中。

(6) 回转至步骤(3),重新更新聚类中心,获取 A_k 的新聚类中心 \tilde{C}_k ,其计算公式为:

$$\tilde{C}_k = \left\{ c_k, c_k = \frac{1}{L_k} \sum_{x \in L_k} x \right\} \quad (2)$$

(7) 当满足设定的迭代次数或者达到设定的故障聚类中心时,停止算法迭代。

输出:最后的火力发电机状态数据聚类结果为: $\tilde{A}=\{A_1, A_2, \dots, A_k\}$,以此完成火力发电机状态数据分类,实现其故障诊断,并将诊断结果呈现至监控站服务器,同时发送诊断结果至现场检修人员。

2 测试分析

为验证本文系统对于火力发电机状态远程监测的应用效果,将本文系统用于某火力发电站中,该发电站使用的发电机组的整体装机容量为220 MW,单机的额定功率为10 kW,额定电压为400 V,额定转速为1 500 r/min,额定频率为50 Hz。以机组中任意一组发电机(3台)为测试对象,在其上下方分别部署传感器组,用于采集实验发电机的运行状态信号,采集频率为45 kHz,采集时间间隔为15 min,数据包包含发电机的绕组温度、前轴承温度、后轴承温度、冷却空气温度、环境温度、顶控柜温度以及振动信号。搭建实验火力发电站的GPRS网络,其波特率为600~15 200 bps,待机功耗为90 mA/5 VDC,工作环境温度为-20~+70℃之间,应用期望为网络的传输速度达到57.6 kB/s。

为验证本文系统对实验火力发电机的运行状态数据采集效果,通过本文系统对采集的信号实行转换后,获取3个采样时间点下的实验火力发电机运行状态数据结果,如表1所示。对表1的测试结果进行分析后得出:本文系统具有良好的火力发电机运行状态数据采集能力,能够完成发电机在不同时刻下的运行状态数据采集,为远程监测提供数据依据。

表1 发电机的运行状态部分数据

采集内容	采集时间点/min		
	15	30	45
绕组温度/℃	39.6	41.5	44.7
前轴承温度/℃	22.5	24.4	26.2
后轴承温度/℃	30.5	31	33.5
冷却空气温度/℃	33.6	38.7	40.8
环境温度/℃	0	0	0
顶控柜温度/℃	22.6	28.2	32.5
振动信号频率/Hz	55.2	56.4	54.7

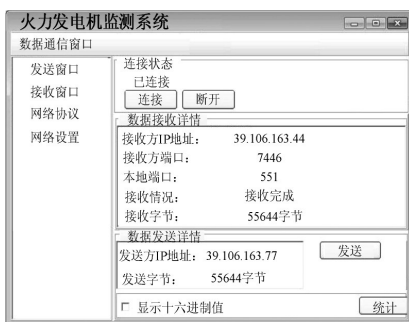


图5 数据收发窗口的接收结果

为验证本文系统的数据远程通信效果,获取本文系统远程监测时火电发电机现场数据的远程传输过程中,数据收发窗口的接收结果,如图5所示。对图5的测试结果进行分析后得出:本文系统的通信效果良好,在进行数据传输过程中,能够对传输的数据实行分组和传输,呈现

分组传输详细情况;并且在传输过程中,可明确收、发端的TCP/IP协议,并确定两端的IP地址;同时,在发送过程中,能够显示接收端的接收情况,包含接收字节结果等。因此,本文系统具有可靠的数据传输效果,保证火力发电机运行现场数据的安全传输。

为验证本文系统对于发电机的远程监测效果,设定发电机3种运行工况,工况1为空载运行,工况2为2 kW运行,工况3为混合负载运行。在上述3种工况下,采用本文系统监测火力发电机的实时运行状态,依据采集的发电机现场运行数据,对其进行故障诊断,获取故障诊断结果,如图6所示。对图6的测试结果进行分析后得出:本文方法应用后,能够在不同的运行工况下,对发电机的运行状态进行监测,有效诊断出发电机的运行故障。由于本文系统在监测过程中,引入流形半监督K均值聚类算法对发电机的故障实行诊断,能够依据发电机现场运行状态数据对其实行分类,判断数据的类别归属,以此,判断发电机的故障情况。

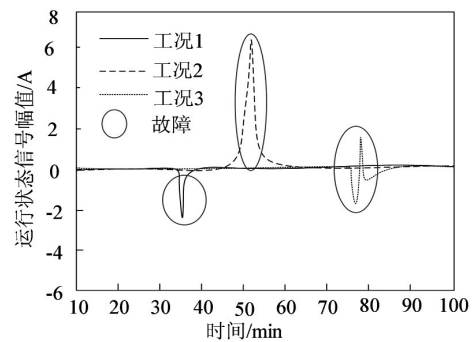


图6 发电机故障诊断结果

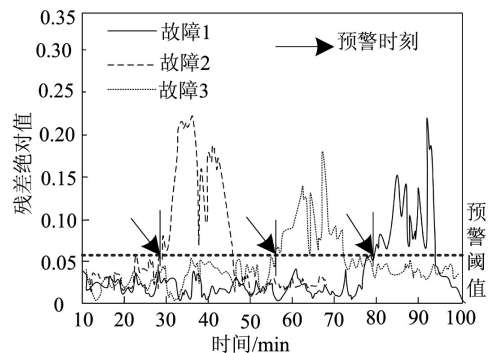


图7 3种故障的预警结果

为验证本文方法的应用性,选择3种发电机故障进行测试,3种故障分别为:故障1发电机三相绕组故障、故障2发电机侧断路器故障、故障3发电机加热故障,设定预警阈值,获取本文系统在进行监测过程中,3种故障的残差绝对值(指的是检测过程中获取的气体浓度结果和设定的预警阈值之间的逼近程度)结果,如图7所示。对图7的测试结果进行分析后得出:本文系统应用后,能够及时对该故障实行预警,并且,预警时间在故障发生早期。当故障

残差绝对值逼近设定的预警阈值时,系统则进行预警。因此,当3种故障残差绝对值逼近预警阈值0.055 2时,系统则发送预警。因此,本文系统能够充分依据其现场运行数据对发电机的运行状态进行决策,可在早期故障时,及时进行预警,避免发电机发生严重故障,影响整个机组的正常运行。

通过迭代完成火力发电机状态数据的分类,实现故障诊断,诊断结果呈现至监控站服务器。为直观验证本文系统对于火力发电机状态远程监测应用效果,获取本文系统应用后,火力发电机的实时监测呈现结果,如图8所示。对图8的测试结果进行分析后得出:本文系统应用后,能够呈现发电机实时状态结果,例如电压情况、电流情况。除此之外,本文系统能够呈现全站发电机运行情况、预警记录等结果,应用性良好,满足火力发电机状态远程监测需求。

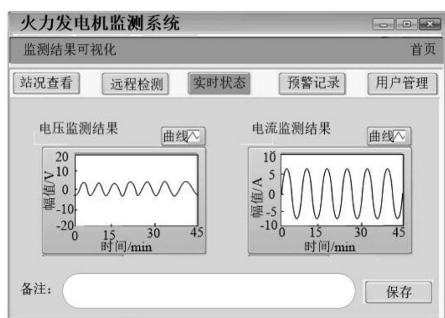


图8 火力发电机的实时监测呈现结果

3 结束语

火力发电机在运行过程中,其运行状态直接影响整个发电站的生产情况以及运行安全情况。因此,及时、全面、可靠掌握火力发电机的运行状态,是保证发电站稳定、安全运行和生产的核心。针对火力发电机运行特点以及监测需求,设计基于GPRS的火力发电机状态远程监测系统。对该系统实行相关测试后得出:本文所设计

的监测系统具有良好的应用性能,具有发电机运行现场数据实时采集能力,并且安全、可靠完成采集数据传输,可有效监测不同运行工况下,发电机的运行状态,完成发电机故障诊断,为火力发电的安全提供可靠保障。

参考文献:

- [1] 盛举,贾庆岩,孙建军,等.基于多尺度形态学滤波的火电机组一次调频控制方法[J].电力自动化设备,2022,42(2):194-200.
- [2] 刘家兴,翟世杰,赵晨旭.针对脉冲发电机突变负载的微型燃气轮机工作性能研究[J].机械制造与自动化,2022,51(1):203-206.
- [3] 刘建东,丁启磊,张勇.火电机组多能级系统泄漏智能在线监测系统的应用研究[J].热能动力工程,2022,37(7):27-33.
- [4] 潘远,陈章国,蔡新雷,等.基于卷积神经网络的发电机运行状态实时监视[J].能源与环保,2021,43(6):186-191,196.
- [5] 盛锴,邹鑫,朱晓星,等.火电机组一次调频性能实时监测系统[J].热能动力工程,2022,37(8):197-203.
- [6] 蒋雄杰,罗雨颀,王印松,等.基于Hurst指数的火电机组控制系统性能评价方法[J].控制工程,2021,28(9):1850-1855.
- [7] 张超,赵广翰.基于SCADA数据协整分析的风力发电机状态监测[J].机床与液压,2022,50(12):17-21.
- [8] 赵永生,倪超,贾娜,等.基于大数据与关联规则的低电压供电可靠性自动化监测方法[J].自动化技术与应用,2024,43(10):81-85.
- [9] 朱世超,王骋程,王超,等.基于支持向量聚类与模糊粗糙集的交通流数据修复方法[J].森林工程,2023,39(1):157-165.
- [10] 程辉.基于大数据分析的2×1000MW火力发电机组不良数据识别方法研究[J].自动化与仪器仪表,2020(2):167-170.
- [11] 张龙,宗成强.非线性信息融合技术在火力发电机组故障诊断中的应用[J].广东电力,2013,26(5):8-14.

作者简介:刘吉祥(1978-),男,硕士,高级工程师,研究方向:发电厂技术监督。

(上接第83页)

常流量检测[J].计算机应用,2021,41(2):433-440.

[5] 魏建行,衣龙洋,魏俊甫.基于数据挖掘的船舶通信网络流量异常识别方法[J].舰船科学技术,2022,44(14):147-150.

[6] 武慧娟,赵天慧,孙鸿飞,等.基于支付意愿的数字阅读用户画像聚类研究[J].情报科学,2022,40(5):118-127,136.

[7] 戴礼灿,代翔,崔莹,等.基于深度集成学习的社交网络异常数据挖掘算法[J].吉林大学学报(工学版),2022,52(11):2712-2717.

[8] 杨志勇,王环环,刘灿.基于无线感知和集成学习的人流量监测方法[J].计算机工程与设计,2022,43(11):3243-3249.

[9] 肖敦夏,董嘉慧,刘华玮,等.基于Session识别的高校图书馆电子资源用户访问行为画像分析[J].图书馆杂志,2022,41(1):98-105.

[10] 杨碎明,曹雅蓉.基于集成分类器的网络异常流量特征选

择模型[J].自动化技术与应用,2022,41(4):34-37.

[11] 刘云朋,霍晓丽,刘智超.基于贝叶斯分区数据挖掘的光纤网络异常分析算法[J].红外与激光工程,2021,50(8):295-299.

[12] 周丽,秦香春.基于数据挖掘的光网络异常行为检测研究[J].激光杂志,2022,43(10):120-125.

作者简介:王小戈(1985-),男,本科,高级工程师,研究方向:网络安全。