

齿轮箱润滑油在线监测系统总体设计

钱勇武¹,张萌萌²,吴同浦³

- (1. 江苏国信靖江发电有限公司,江苏 泰州 214500;
2. 南京师范大学 能源与机械工程学院,江苏 南京 210046;
3. 南京韦伯测控技术有限公司,江苏 南京 210037)

摘要: 润滑油品质在线监测可以提高齿轮箱系统的故障监测水平。设计一种齿轮箱润滑油在线监测系统,根据油液检测的相关知识建立整体结构,合理选用系统前端的传感器单元,介绍了通信部分的设计,进行上位机软件设计,给出系统的软件模块及界面设计,并利用数据库进行辅助分析。该监测系统对于提高齿轮箱故障监测水平具有重要意义。

关键词: 齿轮箱;润滑油;在线监测;油液分析

中图分类号:TK414.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)03-0207-03

Overall Design of On-line Monitoring System for Gearbox Lubrication

QIAN Yongwu¹, ZHANG Mengmeng², WU Tongpu³

- (1. Jiangsu Guoxin Jingjiang Power Generation Co., Ltd., Taizhou 214500, China;
2. School of Energy and Mechanical Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;
3. Nanjing Weber Measurement and Control Technology Co., Ltd., Nanjing 210037, China)

Abstract: The failure detection capability of gearbox can be enhanced by the technology of lubricant monitoring. An online monitoring system was designed. By the principle of the oil analysis, the overall structure of the system was established. With reasonable selection of the transducer of the front end of the system, the communication part was introduced and the software of upper machine was designed. And the software module and interface of the on-line monitoring system were provided with auxiliary analysis by relevant databases. The system has great significance for improving the safety of the gearbox.

Keywords: gearbox; lubricating oil; on-line monitoring; oil analysis

0 引言

润滑油在轴承内部能够起到减少磨损、延长使用寿命的作用^[1-2]。现有油液监测技术可以利用光、电、磁学等手段,监测润滑油的性能变化趋势及其中裹挟的磨损微粒的状态,获得机器的润滑和磨损信息^[3]。该技术对于降低事故发生率、提高设备的可靠性具有重要意义^[4]。

国外许多企业对油液在线监测技术进行了研究,以提高设备故障诊断效率^[5]。麻省理工大学的 W W Seifert 教授通过对机器润滑油中磨损微粒的研究,提出了铁谱技术的原理,继而成功研制出了世界上的第一台铁谱仪^[6]。加拿大人工智能产品公司对油液进行光谱分析和理化分析,并设计 500 多种规则,用来评价柴油机的磨损状态^[7]。北美某公司生产的一款名为 METAICAN 的油液监测传感器,可以全流量监测润滑油中金属颗粒的大小及总质量^[8]。相关研究使得油液的在线监测分析技术日趋成熟。

国内学者对油液在线监测技术同样进行了大量的研究^[9]。陈卫民等^[10]设计了基于变介电常数式电容传感器

的润滑油品含水率变送器,实现了对液压系统的润滑油含水率进行多点实时监测。孟庆民^[11]利用油液中悬浮状态的颗粒对光线的吸收特性,设计了一种油液光纤监测系统。吕晓军等^[12]研制出一种可用于不透光润滑油的磨粒图像可在线监测铁谱仪,通过磨粒的情况在线反映机械磨损状态。

为了提高齿轮箱润滑系统的故障监测水平,本文设计了一套油液在线监测系统,以实时监测润滑油的多项参数指标,为设备的管理和维护提供保障。

1 油液监测基本知识

通过监测齿轮箱润滑油连续运行状态下的数据,能够对齿轮箱的早期磨损及故障进行诊断和分析,预知维修需求及视情滤油或换油。一旦齿轮箱发生故障,维护人员能够在第一时间获得齿轮箱在故障发生前后的运行数据,对齿轮箱故障原因分析及诊断有重大意义^[1, 13]。

油液监测分析分为对油液自身物理和化学性能的监测分析、油液携带固体颗粒的监测分析以及油液污染度分析三方面,图 1 所示为油液监测分析技术手段及目的。

第一作者简介:钱勇武(1973—),男,江苏泰州人,工程硕士,研究方向为大型燃煤火力发电机组生产及设备可靠性管理、控制自动化、智慧电厂。

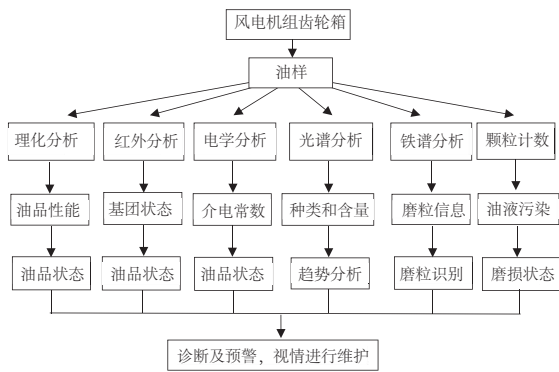


图1 油液监测分析技术手段及目的

结合对实际工况的设计要求,本文采用红外分析、光谱分析以及激光光阻法,应用于齿轮箱润滑油的在线监测,对润滑油黏度、温度、密度、介电常数、水含量、水活性、颗粒度进行实时在线监测并进行对照分析。

2 系统总体设计

2.1 总体结构设计

系统总体结构如图2所示,主要由传感器、传感器与数采控制模块间通信、数采控制模块、数采控制模块与上位机间通信、上位机5个部分组成。系统进入正常工作状态后,数采控制模块开始对传感器的输出信号进行实时采样,将模拟信号转换为数字信号,完成A/D转换;接着数采控制模块通过数据处理等算法提取各参数的信息数据,分析得到的多种数据信息存储在内置的存储器中;当上位机向数采控制模块请求数据时,利用通信程序将所采数据发送给上位机。

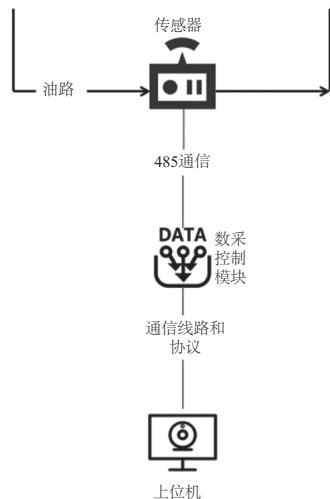


图2 系统总体结构图

为更好地实现润滑油的监控和管理,系统中通常会安装监测与数据采集模块,系统结构如图3所示,包括现场采集,控制执行和远程操作3个模块,利用通信网络将3个层次串联在一起,从而实现组态的概念。

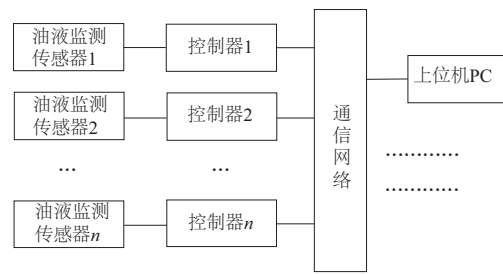


图3 集散控制系统总体结构图

2.2 传感器的选用

本文选用的传感器主要包括颗粒度传感器和油液品质传感器。

在线颗粒度传感器选用某公司的YFJ-4传感器,采用遮光法原理研制,可实时给出所测样品的颗粒计数及污染度等级。如图4所示,平行光束垂直射过截面积为A的样品流通室,照射到光电接收器设备上,当液流中没有固体颗粒时,电路输出的电压即为E;当液流中有一个投影面积为a的颗粒通过样品流通室时,就会阻挡平行光束,使透射光产生衰减,此时在电路上输出一个幅度为E₀的负脉冲。

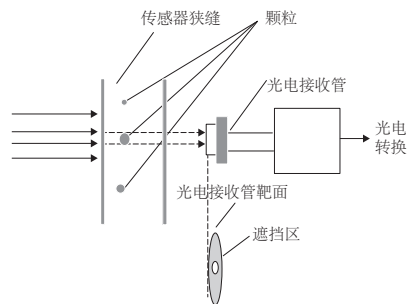


图4 遮光法原理图

本监测系统选用YFVW-6油品特性传感器来实现对油品的监测。此型号传感器采用压电谐振MEMS元件,通过内部集成的高精度信号采样与处理单元,可以实时自动检测液体的水分、密度、黏度、介电常数、水分活度和温度6项指标。

综合监测方案与所选传感器的设置,集成之后的传感器系统监测内容汇总如表1所示。

表1 监测内容汇总表

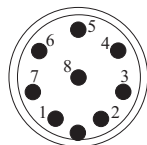
测量项目	测量范围	精度误差
黏度/(mm ² /s)	1~400	±2.0%
密度/(g/cm ³)	0.6~1.25	±1.0%
温度/℃	-40~120	±0.1
介电常数	1~6	±1.0%
水含量/(mg/L)	0~30 000	±2.0%
水活性	0~1	±2.0%
颗粒度/μm	1~100	±2.0%

2.3 通信部分的设计

本系统传感器与数采控制模块间的通信采用 RS485/Modbus 方式,两者的通信模块接口设置为 RS485 串行通信接口,并工作在 Modbus RTU 通信模式下。串口默认设置如表 2 所示,通信电缆电气连接如图 5 所示。

表 2 串口默认设置

参数	属性
地址	1
波特率	9 600
数据位	8
停止位	1
校验位	无



接口定义:

- 1 — RS485+/A
- 3 — RS485-/B
- 5 — GND
- 8 — +24 V DC

图 5 通信电缆电气连接

数采控制模块通过有线或者无线的方式与上位机进行通信,有线方式主要是 RS485 总线、以太网;无线通信方式则可采用 Wi-Fi、4G、5G 通信技术接入互联网,同时无线通信为实现与地面各类终端以及它们之间的通信提供了便捷,包括手机、平板和 PC 等通信需求。

3 在线监测系统上位机软件设计

3.1 系统主程序流程图

主程序流程图如图 6 所示,分两种途径对数据进行处理,其一是经补偿处理之后在用户界面的实时显示,可以选择单参数实时趋势分析曲线图和双参数特性趋势分析曲线图;其二是将初始的数据存入数据库,以供用户查询历史数据或曲线。针对实时性要求强的特性,系统设计过程中用到多线程技术,可以解决缓冲区溢出的问题。

3.2 软件模块及界面设计

在线监测系统软件功能模块如图 7 所示,主要分为基本信息设置、实时数据处理、信息统计查询、生成报表等 4 个模块。

实时数据显示模块是系统的核心,主要将接收的数据经过补偿等算法处理后在用户界面显示,在一定程度上可以为齿轮箱的运行状态评估和故障诊断提供参考依据。

由于油品监测还未形成一定的在线标准,油液信息查询在标准成型之前可以使用设备润滑研究院和油液检测中心等机构制定的经验值来做替代,此参考值会不定期进行更新,因此依旧可以起到一定作用。

生成数据报表模块是根据所选的时间段,整理出相应

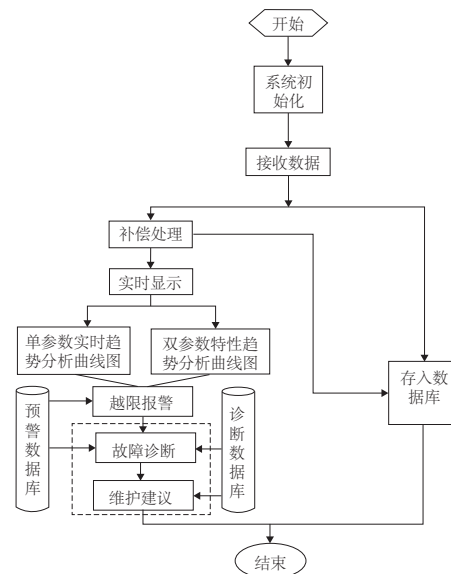


图 6 系统主程序流程图

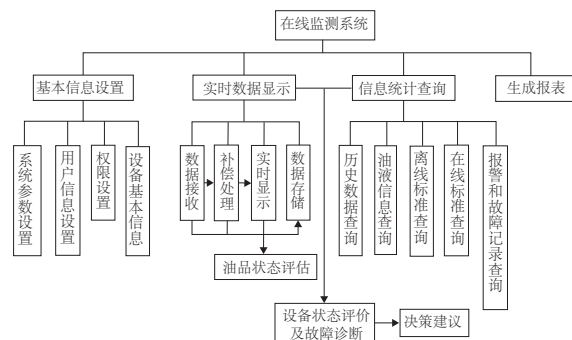


图 7 软件功能模块

的数据,按照预定的格式打印出油品特性和颗粒度的数据表或是曲线,以便之后的统计和查询。

监测系统采用 C#语言进行软件编程,软件程序通过 Visual Studio 2013 开发环境编译。以润滑油型号为 320# 工业闭式齿轮油的 1 号齿轮箱为例,程序提供两种实时数据曲线模式,每种模式下也可以人性化地选择想要查看的具体参数,每种趋势曲线均以弹出窗体的形式来展现,历史数据界面可以查看油液早期的状态,为维护人员预估换油时间和诊断设备提供依据。

3.3 数据库的设计

油液监测系统的数据库主要有 3 个功能:1)存储油液的状态及颗粒度参数的各项数据;2)提供储存容器;3)保存油液的各项标准、经验值及故障报警记录。基于这 3 项基本功能而设计的主要数据库表如图 8 所示。

通过对系统进行的功能需求分析和总体设计,可以把实体对象设计为实时数据类型、用户、监测设备、油液、标准、经验值和故障实例等多个实体。对实体 E-R 关系进行设置并对实体信息进行属性分析将有利于数据表的构建。

(下转第 219 页)

中非常重要的试验装置之一。本文通过对地面试验加载系统设计和应用,提出了加载系统设计的方案及关键问题,并依据工程实践提出了解决方案。通过试验验证,该加载系统能够满足试验要求,正确有效地模拟作动系统的气动载荷。

参考文献:

- [1] 邹海峰,孙力,阎杰. 飞行器舵机电液伺服加载系统研究[J]. 系统仿真学报,2004,16(4):657-659.
- [2] 张家盛,段婷婷,刘波. 大型飞机铁鸟升降舵集中式加载方法分析研究[J]. 液压与气动,2014(8):80-83.
- [3] 王立,乔伟,芦涛. 飞机飞控铁鸟试验台舵面加载系统设计[J]. 航空科学技术,2017,28(3):41-45.
- [4] 隋杰飞. 分布式舵面电液伺服加载系统的设计与实现[J]. 民用飞机设计与研究,2011(2):26-31.
- [5] 陈建国,司冀,白钧生,等. 飞机铁鸟舵面加载系统[J]. 兵工

- 自动化,2015,34(1):71-75.
- [6] 李倩,吴亮,田建升. 舵机加载试验系统设计与实现[J]. 航空科学技术,2017,28(12):47-50.
- [7] 郭晨策,侯冬冬,沈刚. 基于改进前馈逆补偿的电液加载试验系统力跟踪控制研究[J]. 液压与气动,2019(8):89-96.
- [8] 刘晓琳,王春婷. 飞机舵机电液加载系统多余力抑制方法研究[J]. 系统仿真学报,2017,29(2):409-417.
- [9] 邵鑫,宋建民. 基于先进补偿控制的起落架支柱加载系统设计[J]. 液压与气动,2018(9):114-120.
- [10] 蒋毅,王海波,钱宇. 电液负载模拟器多余力的混合补偿策略[J]. 液压与气动,2017(3):43-48.
- [11] 曾宪忠. 试验台多通道加载系统的控制方法研究[J]. 测控技术,2013,32(8):71-74.

收稿日期:2020-05-29

(上接第209页)

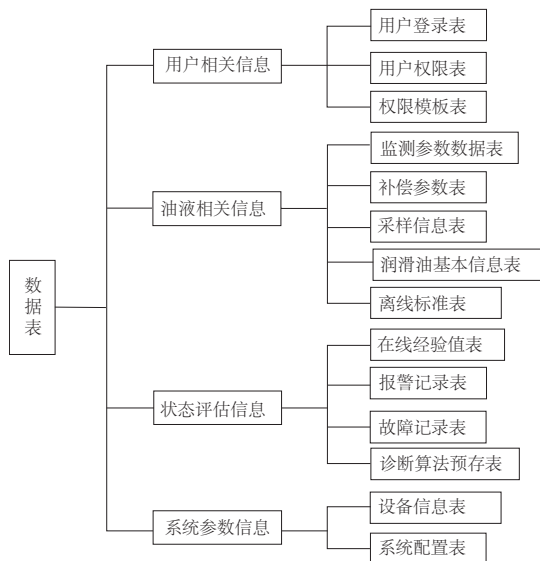


图8 主要数据库表

4 结语

1) 本文阐述了齿轮箱故障及常用的油液监测内容和分析方法,提出了适用于本系统的油液监测方案。

2) 本文提出了系统的总体设计方案,结合系统的功能需要和设计目的,选择了相应的传感器、控制芯片和通信方式及协议。

3) 本文设计了上位机数据软件的功能模块和显示界面、上位机数据库等,阐述了主程序处理流程和各模块组成及作用。

参考文献:

- [1] 高志朋. 风电设备变速箱润滑油在线监测及维护[D]. 南京: 南京航空航天大学,2013.
- [2] 陈继明,马希直,李响. 轴承润滑油膜厚度测量理论及仿真研究[J]. 机械制造与自动化,2020,49(1):68-70.
- [3] 严新平,张月雷,毛军红. 在线油液监测技术现状与展望——2011年全国在线油液监测技术专题研讨会综述[J]. 润滑与密封,2011,36(10):1-3,7.
- [4] 陈闽杰,刘小波,贺石中. 大型盾构机主轴承润滑故障诊断与对策[J]. 润滑与密封,2010,35(5):113-117.
- [5] 杨其明,严新平,贺石中. 油液监测分析现场实用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [6] CANTER N. Technical advances with condition monitoring techniques are allowing end-users to get better information about their lubricants in less time and with greater accuracy[J]. Tribology and Lubrication Technology, 2006, 62(9):36-45.
- [7] C P. Bearing condition monitoring and fault diagnosis [D]. Calgary: University of Calgary, 2000.
- [8] 黄文杰,左洪福. 滑油系统全流量磨粒在线监测静电传感技术研究[J]. 航空学报,2013,34(8):1786-1794.
- [9] 严新平,谢友柏,萧汉梁. 油液监测技术的研究现状与发展方向[J]. 中国机械工程,1997,8(1):102-105.
- [10] 陈卫民,钱晓耀,呼兴福. 油品含水率多点实时监测系统的研制[J]. 中国计量学院学报,2007,18(2):99-102.
- [11] 孟庆民. 润滑油液污染颗粒监测系统与实验研究[J]. 传感器与微系统,2007,26(3):31-33.
- [12] 吕晓军,谢友柏,郑南宁,等. 图像可视在线铁谱仪的实验研究[J]. 摩擦学学报,2006,26(6):580-584.
- [13] 谭武中,王祁波. 面齿轮在直升机传动系统中的应用前景分析[J]. 机械制造与自动化,2020,49(1):52-55.

收稿日期:2020-05-26