

Study of Online Oil Monitoring Technology Based on Dielectric Constant Measurement*

ZHANG Xiao-fei, YANG Ding-xin, HU Zheng, YANG Yong-min*

(College of Mechatronics Engineering & Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Engine's malfunction information is contained in the wearing off process of lubricating oil. Meanwhile, the oil's dielectric constant has some change during the wearing out process. The method of online oil monitoring based on dielectric constant measurement is proposed, and the principle for oil monitoring is introduced. Oil monitoring system is also developed, which includes capacitance sensor, tiny capacitance detecting circuit and software of monitoring and analysis. Experiments are carried out on lubricating oil with different contamination. The results show that change of lubricating oil's dielectric constant can be detected effectively and properly, which has some reference meaning in lubricating oil replacing and fault diagnosis.

Key words: fault diagnosis; online monitoring; dielectric constant; capacitance sensor

EEACC: 7230; 7310K

基于电介质介电常数测量的油液在线监测技术研究*

张晓飞, 杨定新, 胡政, 杨拥民*

(国防科学技术大学机电工程与自动化学院, 长沙 410073)

摘要: 润滑油的劣化过程蕴含着发动机的故障信息, 在这一过程中其介电常数会有对应的变化。提出了一种基于电介质介电常数测量的油液在线监测方法, 并对监测原理进行了介绍, 设计了油液在线监测系统包括电容传感器、微小电容变化量检测电路及相应的测试分析软件。对不同污染度的润滑油进行了检测实验, 结果表明该系统能够准确有效地监测油液的介电常数的变化, 可为发动机更换润滑油及故障诊断提供参考依据。

关键词: 故障诊断; 在线监测; 介电常数; 电容传感器

中图分类号: TM930.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-1699(2008)12-2088-04

磨损是导致各类机器设备工作异常和失效中最常见的故障形式之一。设备内部摩擦副磨损的必然产物—悬浮于润滑系统油液中的磨损微粒, 则是反映设备内部磨损状况(程度、部位和类型)的重要信息载体。润滑油的劣化是一个缓慢的过程, 在常规情况下, 没有根据机器实际状态变化来更换新油, 经常造成浪费或劣质油延期使用而引发故障^[1]。根据调查表明离线油样分析的结果, 50%没有发现问题, 45%显示失效即将发生, 仅5%检测出严重问题^[2-3]。这样消耗了大量人力物力, 也很难保证数据的时效性, 无法及时地诊断故障。因而, 一种切实可行的在线油液监测与分析技术十分必要。

油老化或被污染, 油液中的极性分子和颗粒物含量发生变化, 油液的介电常数也随之改变^[4]。通过监测管路中油液的介电常数可以反映油液品质, 磨损故障等信息。本文根据这一原理将电容传感器应用在发动机油液在线监测中, 设计了一套监测系统。该系统使用成本低, 对发动机维修保养和故障预报具有重要意义。

1 传感器原理与设计

润滑油变质时, 油中部分碳氢化合物分子被氧化生成过氧化物、酸和其他化学物质, 使分子极化。随着氧化产物和热降解产物的积累, 外来污染物的

基金项目: 部委级国家重点基金项目资助(B2820060069)

收稿日期: 2008-06-30 修改日期: 2008-08-29

不断增加, 油中极化分子也不断增多, 这样会导致润滑油的介电常数发生变化; 同时, 由于摩擦和磨损, 磨损的金属微粒和其它导电性强的化合物也会使润滑油的介电常数发生变化^[4-5]。

电容传感器的基本工作原理是基于被测电介质介电常数的变化可以转化为电容量变化的这一特点。油液电介质介电常数的变化不能直接测量, 因此要建立电容值的变化与介电常数间的映射关系。在其它条件相同时, 让混合油液流经一个电容传感器, 不同品质的油液作为电容器的中介质时, 所形成的电容值必然不同^[6]。考虑到测量对象是回路中的油液, 为了与油液回路连接方便, 电容传感器设计成同心圆柱型, 如图 1、图 2 所示。其中实心铜柱作为电容的一极, 外壁的圆筒作为电容的另一极。油液从传感器两极中间流过, 圆柱形电容传感器的电容值反映了油液介电常数的变化。

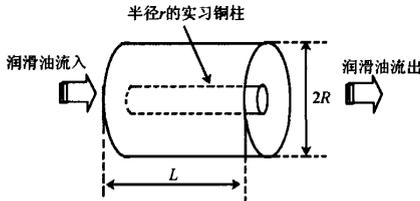


图 1 电容传感器原理图

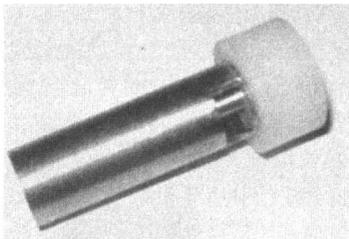


图 2 电容传感器实物图

根据电磁学的相关理论我们可以得到图 1 所示电容器的电容理论值(不考虑边缘电场影响时):

$$C = \frac{Q}{\Delta U} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln \frac{R}{r}} \quad (1)$$

式中 L 为电容传感器电极的长度; ϵ_0 为真空中的介电常数, 8.85×10^{-12} F/m; ϵ_r 为滑油混合液的相对介电常数; R 为圆筒的内径; r 为铜柱的半径。

电容传感器的结构设计主要考虑两个因素: 一是传感器要有较高的灵敏度并便于安装, 二是后续电容测量系统的测量范围对电容值的限制。设纯净润滑油的相对介电常数 $\epsilon_r = 2.3$, 初步设计 $L = 0.05$ m, $R = 0.01$ m, $r = 0.003$ m, 此时电容值 $C_0 = 5.31$ pF。当滑油中混有微小的金属颗粒时, 相对

介电常数会发生变化, 假设变化范围在 $\pm 10\%$ 的范围, 则电容器电容值的变化范围 $|\Delta C|$ 约为 0.5 pF。

2 系统设计

利用油液老化或被污染时介电常数发生变化这一特性, 设计电容传感器, 通过数据处理分析得出发动机系统的状态信息。由于电容式传感器的电容量一般较小, 而且受分布电容及寄生电容的影响, 这样微小的电容变化量采用常规的电容检测方法难以实现高精度测量。因此需要寻找高精度微小电容检测方案。如果利用高精度、高分辨率的电容量检测与转换电路, 检测出电容传感器电容量的变化, 就可以反推出介电常数的变化, 从而通过后续处理, 反映出油液的品质状况。

本系统主要由以下几部分组成: ① 被测电容 C_x , 即电容传感器; ② 测温三极管, 测油液的温度; ③ 二阶高精度调制器, 电容量到数字信号的转换以及测温三极管电压信号的 AD 转换; ④ 三阶数字滤波器; ⑤ USB 接口芯片, 选用 Cypress 公司的 Cy7c68013a 接口芯片。系统组成框图如图 3 所示:

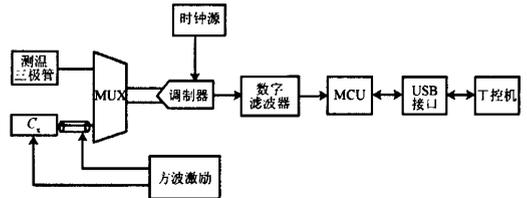


图 3 电容测量系统框图

微小电容变化量的检测采用 $\Sigma-\Delta$ 技术。 $\Sigma-\Delta$ 技术是一种成熟的技术, 标准 $\Sigma-\Delta$ 调制器通过切换固定的电容, 并平衡可变电压输入和固定的电压基准输入之间电荷来实现的。被测电容 C_x 连接在 $\Sigma-\Delta$ 调制器输入和地之间, 电容到数字信号的转换通过在 C_x 上加上方波激励信号, $\Sigma-\Delta$ 调制器对 C_x 电荷的不断采样实现。

主控机采用 USB 接口进行控制和采集电容量和温度数据, 接口芯片采用 EZ-USB FX2LP 系列。该芯片是一款性能较高的 USB2.0 微控制器, 在单片机上集成 USB2.0 收发器、SIE(串行接口引擎)、增强型 8051 微控制器、I²C 控制模块和可编程外围接口^[7]。FX2 系列是 USB2.0 的整体解决方案, 不仅仅是 USB2.0 的接口芯片。其串口智能引擎 SIE 对串行数据进行解码和编码, 同时还负责 USB 所需要的错误校验, 位填充和其他一些信号级的处理。使用内部 RAM 来存储程序和数据。USB 接口芯片利用 I²C 接口进行控制采集和传输数据。

被测电容 C_x 在调制器输入和地之间,所有这端的电容(包括寄生电容)都被当作 C_x 测量,这些电容甚至和 C_x 是一个数量级。如果寄生电容是变化的,那么电容传感器连接产生的寄生电容的变化就会被当作电容传感器电容量的变化,严重影响系统精度。为了消除电容传感器与地之间的寄生电容,增加一路方波屏蔽信号,与方波激励信号一致。所有电容输入和地之间的连接都用这一屏蔽信号加以屏蔽,缩短电容传感器输入引线的长度,并且固定,可以有效消除寄生电容的影响。本测量系统电容值的测量精度为 ± 8 fF,温度测量精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

电容传感器受环境温度的影响必然引起测量误差。温度误差主要是由于构成传感器的材料不同其温度膨胀系数不同^[8]。当环境温度变化时,传感器的几何形状、尺寸发生变化,从而引起电容量变化。本设计温度检测环节采用三极管测量环境温度,根据检测的温度进行软件补偿。

监测系统软件主要包括:电容和温度数据采集、USB 固件(firmware)、主机 USB 设备驱动程序和主机数据显示分析与处理软件,如图 4 所示。电容和温度采集和 USB 通信软件的功能主要是控制数据采集以及通过 USB 接口与主机进行数据通信。主机数据显示分析处理软件在 Labwindows/CVI 环境下编写,将电容和温度数据进行分析处理,显示出处理结果,画出分析图形。

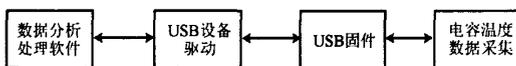


图4 软件系统框图

3 测量实验与分析

油液监测实验系统由电容传感器,微小电容测量电路,工控机及软件系统组成。利用本系统对五种不同品质的润滑油样品做定性分析验证试验。所测的五种油样依次为:① 全新润滑油,② 仅微量水污染的同类润滑油(体积 $<1\%$),③ 仅微量铁粉污染的同类润滑油(铁粉直径为 $3-5\ \mu\text{m}$),④ 稍少量铁粉污染的润滑油,⑤ 柴油发动机的废弃润滑油,如图 5 所示(从左至右依次为油样 a、b、c、d 及 e)。

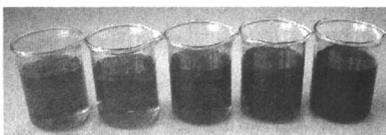


图5 测试油样

空气中测得电容传感器的 1 000 点平均值为

3.442 pF,均方误差为 0.000 5 pF,可说明本系统在确定的实验条件下的测定稳定性相当好,数据是可靠的。设置采样点数为 1 000 点,采样频率 13.2 Hz,总的采样时间一分多钟,环境温度 20°C 。五种油样的测试参数条件未经特别说明参数与此相同。

此次测量实验模拟在线监测过程,电容传感器依次浸入五种待测油样。利用电容传感器对五种不同品质的润滑油分别采集电容量与温度数据。通过计算分析得出 b、c、d、e 四种油样相对介电常数(100 点平均)与全新油样相比的变化曲线如图 6 所示(全新油样的相对介电常数变化量为 0)。可见,几条不同品质油液的相对介电常数变化曲线没有重叠。这说明利用电容传感器监测油液的介电常数可以有效区分五种被测油液。

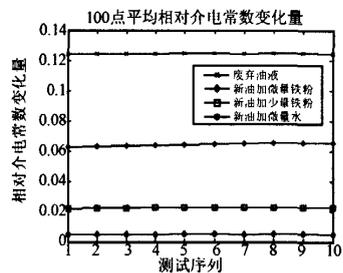


图6 不同品质油样相对介电常数的变化

目前发动机油的换油指标通常根据水分、酸值、和铁含量等的变化程度而定^[4]。随着发动机润滑油老化或被污染以及运动副的摩擦磨损,油液的介电常数逐渐增大,原因主要是油液中的极化分子和导电性强的金属微粒增加。可以理解,介电常数是一个反映油液老化、被污染以及磨损状况的综合参数。油样②、⑤对比表明极性分子的增加导致油液介电常数增大,油液介电常数变化与极性分子数量有一定的相关性。油样②、③、④表明导电铁磁性微粒增加同样导致油液介电常数增大,介电常数变化与铁磁性微粒数量,进而与发动机运动件的磨损故障也有很好的相关性。油样①、⑤对比表明废弃油液的介电常数与全新油液相比增大明显。

在具体工作环境下工作的发动机处于各个磨损阶段的润滑油介电常数变化曲线不同。这样,结合工作环境、全寿命周期的阶段性和润滑油的型号,通过采样分别标定出润滑油的劣化曲线(介电常数的上升曲线),在软件中设定报警阈值,我们就可以确定换油时间,预报故障信息。

4 结束语

根据此次实验分析,介电常数的变化与润滑油

的理化指标、发动机的磨损故障有很好的相关性,其增大的趋势与润滑油理化指标劣化的趋势、发动机发生磨损故障的趋势一致。介电常数的变化能够反映润滑油的劣化情况和发动机的故障信息。但是润滑油介电常数变化与其劣化、被污染以及磨损故障间的关系还有待进一步确定。

我们知道发动机工作在不同条件下,处于不同磨损阶段,油液的劣化过程,污染物种类,以及磨损曲线不同。不同阶段介电常数变化的原因与曲线不同。磨合磨损阶段:油液中金属磨粒逐渐增多,介电常数逐渐增加。稳定磨损阶段:外来污染物和金属磨粒缓慢增多,介电常数缓慢增加;急剧磨损期金属磨粒迅速增加,介电常数迅速上升。通过研究分析采用在线监测润滑油介电常数来对发动机的健康状态进行监控,能够为故障诊断提供信息,确定最佳换油期。本设计经过进一步的量化改进,可以应用于发动机润滑油的在线监测,提高其运行的稳定性、可靠性,实施视情维修与预防维修,降低维护费用,减

少事故的发生。

参考文献:

- [1] 高虹亮,赵新泽,汤双清等. 油液污染度分析在船用柴油机状态监测中的应用[J]. 宜昌:三峡大学学报,2003,25(2):157-160.
- [2] 黎琼炜. 新型油液在线监控技术[J]. 测控技术,2005,24(4):6-7.
- [3] Wilson, Bary W, et al. Development of a Modular In-Situ Oil Analysis Prognostic System [C]// International Society of Logistics (SOLE) 1999 Symposium. Las Vegas, Nevada, 1999: 201-207.
- [4] 曹凯. 介电常数法评价发动机油的性能[J]. 合成润滑材料, 2004,31(2):4-6.
- [5] 费逸伟,李华强,钟新辉. 润滑油液污染的快速测定研究及应用[J]. 新技术新工艺,2005, 10:22-23.
- [6] 姚玉峰,刘金松,孙以泽. 分段电容传感器对原油罐分层界面的检测讨论[J]. 传感技术学报,2003, 6(2):226.
- [7] 钱峰. EZ-USB FX2 单片机原理、编程及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [8] 金海龙,王玉田,潘勇. 基于介电常数法的便携式车用汽油辛烷值测定仪研究[J]. 仪表技术与传感器,2004,1:53-5.



张晓飞(1983-),男,国防科技大学机电工程与自动化学院硕士研究生,主要从事故障检测与诊断方面的研究工作, zhangxiaofei@nudt.edu.cn



杨拥民(1966-),男,国防科技大学机电工程与自动化学院教授,主要从事故障诊断与维修性设计等方面的研究工作, Yangyongmin@163.com

基于电介质介电常数测量的油液在线监测技术研究

作者: [张晓飞](#), [杨定新](#), [胡政](#), [杨拥民](#), [ZHANG Xiao-fei](#), [YANG Ding-xin](#), [HU Zheng](#),
[YANG Yong-min](#)

作者单位: [国防科学技术大学机电工程与自动化学院, 长沙, 410073](#)

刊名: [传感技术学报](#) **ISTIC** **PKU**

英文刊名: [CHINESE JOURNAL OF SENSORS AND ACTUATORS](#)

年, 卷(期): 2008, 21(12)

引用次数: 0次

参考文献(8条)

1. [高虹亮](#), [赵新泽](#), [汤双清](#), [萧汉梁](#) 油液污染度分析在船用柴油机状态监测中的应用[期刊论文]-[三峡大学学报\(自然科学版\)](#) 2003(2)
2. [黎琼炜](#) 新型油液在线监控技术[期刊论文]-[测控技术](#) 2005(4)
3. [Wilson, Bary W](#) Development of a Modular In-Situ Oil Analysis Prognostic System 1999
4. [王凯](#) 介电常数法评价发动机油的性能[期刊论文]-[合成润滑材料](#) 2004(2)
5. [费逸伟](#), [李华强](#), [钟新辉](#) 润滑油液污染的快速测定研究及应用[期刊论文]-[新技术新工艺](#) 2005(10)
6. [姚玉峰](#), [刘金松](#), [孙以泽](#) 分段电容传感器对原油罐分层界面的检测讨论[期刊论文]-[传感技术学报](#) 2003(2)
7. [钱峰](#) EZ-USB FX2单片机原理、编程及应用 2006
8. [金海龙](#), [王玉田](#), [潘勇](#) 基于介电常数法的便携式车用汽油辛烷值测定仪研究[期刊论文]-[仪表技术与传感器](#) 2004(1)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [周云龙](#), [孙斌](#), [杨静](#), [Zhou Yunlong](#), [Sun Bin](#), [Yang Jiang](#) 25MW锅炉水循环可靠性在线监测与故障诊断 - [仪器仪表学报](#) 2005, 26(z1)

论述了运用所开发的锅炉水循环在线监测与故障诊断系统在25MW电站锅炉上所作的水循环安全在线监测与故障诊断。在线监测与故障诊断的目的主要是检验该锅炉水循环的可靠性。监测与诊断结果表明: 锅炉经常发生在炉膛四角爆管事故, 是由于水循环工况不良而引起的。同时提出了水循环系统的改进措施。

2. 学位论文 [赵彤](#) 有载分接开关机械状态的在线监测与故障诊断技术研究 2008

变压器有载调压分接开关(On-load Tap Changer, OLTC)在电力系统中发挥着稳定负荷中心电压、调节无功潮流、增加电网调度灵活性等重要作用, 而机械故障是其主要故障类型。在线监测OLTC的机械运行性能, 对保障电力系统的安全、稳定与可靠运行具有重要意义。针对OLTC机械状态在线监测与故障诊断技术的研究现状和尚待解决的关键技术课题, 本文开展了系统的研究工作, 重点集中在以下几个方面: 基于非介入性感测技术, 研究多路信号的监测方法, 进而构成OLTC在线监测的硬件系统; 从混沌动力学的角度去研究能反映OLTC操作时不同振动模式变化的特征参数提取方法, 并建立相应的故障诊断策略; 将应用于语音识别领域的隐马尔可夫模型(Hidden Markov Model, HMM)引入到OLTC机械性能的故障诊断中, 从新的角度发展OLTC的机械故障诊断方法; 分析复合式SYJZZ型有载分接开关的常见故障与发生机理, 构建OLTC机械性能的综合式故障诊断专家系统; 基于图形化编程和虚拟仪器技术, 设计开发OLTC机械性能的在线监测软件系统。通过论文的研究工作, 取得了如下主要成果: 将非介入性与多传感器式综合量测技术应用到OLTC的机械状态监测中, 在不影响变压器正常运行的条件下, 有效获取反映设备运行状况的多路传感信号——机械振动信号、局部过热高频噪声信号、驱动电机电流信号与旋转角度信号, 使得机械状态特征的提取多样化并更加有效。通过监测驱动电机的旋转角度与电流信号, 可间接反映OLTC操作过程中电机驱动力矩的变化, 继而结合瞬态频率分析与小波分析等算法, 提出一种评估OLTC操动机机构机械运行状态的特征提取方法, 为实现故障诊断提供了一个有效依据。

针对OLTC操作时的机械振动模式进行混沌动力学分析, 研究一种基于多维坐标空间的相轨图几何特征提取方法; 进一步提出将模糊集理论引入到OLTC的机械故障诊断中, 建立各状态模糊集的正态隶属函数, 并针对单个待测样本与待测样本集两种情况, 分别应用最大隶属度原则与择近原则进行模糊推理, 最终实现OLTC的机械故障诊断。通过振动功率谱的区间化、归一化和矢量量化, 建立了一种振动信号离散谱矢量的特征提取方法。针对提取的振动信号特征向量, 进一步提出了基于HMM的OLTC机械故障诊断新方法。通过不断积累现场监测的原始数据, 可实现HMM标准状态训练和模式库的自动更新, 提高OLTC机械故障诊断的成功率。大量的实验模拟和现场测试表明, 该故障诊断方法具有非常优异的故障分类功能。

通过分析复合式SYJZZ型OLTC的常见故障与发生机理, 总结了在线监测信号的故障特征变化规律。在前述的各种特征提取方法和故障诊断算法的基础上, 构建了基于决策树推理与监测信号综合分析相结合的OLTC机械性能综合式故障诊断专家系统。该专家系统既能发挥决策树擅于处理非数值型数据和推理迅速的优点, 又能发挥各个诊断子程序对监测信号的多角度分析与综合故障诊断能力。研制成功综合式网络化的“有载分接开关机械性能的在线监测与故障诊断系统”, 并在山东电网获得了实际推广应用。该监测与诊断系统由功能完备的硬件和软件子系统构成, 实现了基于局域网技术的“虚拟医院”功能。在硬件系统设计中, 还提出了橡胶棒式软连接方法用于固定旋转角度传感器, 解决了现场安装技术难题, 可有效提高测量精度并延长传感器的使用寿命。软件系统开发采用模块化结构, 实现了数据采集、分析、存储、检索、打印以及网络传输等丰富功能, 可保证大量现场监测信号的准确获取与积累更新, 具有较好的可拓展性与可移植性。

3. 期刊论文 [周云龙](#), [孙斌](#), [杨静](#), [Zhou Yunlong](#), [Sun Bin](#), [Yang JIANG](#) 25MW锅炉水循环可靠性在线监测与故障诊断 - [仪器仪表学报](#) 2005, 26(8)

论述了运用所开发的锅炉水循环在线监测与故障诊断系统在25MW电站锅炉上所作的水循环安全在线监测与故障诊断。在线监测与故障诊断的目的主要是检验该锅炉水循环的可靠性。监测与诊断结果表明: 锅炉经常发生在炉膛四角爆管事故, 是由于水循环工况不良而引起的。同时提出了水循环系统的改进措施。

4. 学位论文 [杨廷方 变压器在线监测与故障诊断新技术的研究](#) 2008

离线的变压器油中溶解气体分析(DGA),由于操作复杂、试验周期长、人为影响的误差大,所以无法做到实时了解变压器的内部绝缘状况,很难尽早地发现设备内部存在的潜伏性故障。因此无法采取防范措施以避免突发性事故的发生。而在线监测可以克服传统方法的不足,实现真正的在线检测、分析和诊断一体化,为管理者提供及时、准确、连续的决策依据。目前我国已经有大量的变压器在线监测装置投入使用了。但是据统计,已安装的在线监测装置有很多发挥的作用不大。不少装置不仅自身的故事率很高,而且其故障诊断的准确率很低。这些都为变压器的在线监测带来了许多负面的影响。因而增强变压器在线监测设备的可靠性和提高变压器故障诊断的准确率,已成为目前变压器在线监测系统所面临的主要任务。本文在深入分析变压器故障征兆与故障机理的复杂关系的基础上,不仅对于变压器故障诊断的方法进行了研究和分析,还基于光谱吸收原理设计了一套光纤气体传感器用于变压器油中溶解气体的在线监测。论文主要包括以下几个方面的内容:

第2章针对变压器单一故障诊断方法的局限性,提出了基于Borda模型的多种比值法组合诊断专家系统,将Rogers三比值法、日本电协法、无编码比值法、改良三比值法、IEC-60599、大卫三角形法这六种成熟的比值法组合起来对变压器故障进行综合诊断。该方法积极的探索了多种方法综合诊断变压器绝缘故障的合作结构和机制,实现了六种比值法诊断的诊断有机组合,消除了单个方法的诊断偏好对最终诊断和评估结果所产生的影响,解决了多种诊断方法的诊断结果相融合的问题。该方法实现了多种方法协同合作的诊断模式,比单一的诊断方法更可靠。从变压器故障实例的诊断结果来看,该方法比六种单项方法诊断的故障诊断准确率更高。其诊断效果也远优于该六种单项比值诊断法。

为了更完整、更充分地利用变压器原始诊断数据中蕴含的有利信息,并考虑到模糊因素对故障诊断的影响,第3章把模糊理论引入到变压器的故障诊断中。将改良三比值法与模糊C-均值聚类算法结合起来对变压器进行故障诊断。并建立了新型的变压器故障聚类诊断模型。还利用Matlab进行了实例仿真和测试。仿真结果表明了该方法基本上解决了比值法中关于“编码缺失”以及边界绝对化的问题。第4章将支持向量机回归理论引入到变压器油中气体浓度预测中,建立了基于支持向量机回归理论的预测模型,以实现变压器故障报警和绝缘故障预报。实验结果表明了该方法能够满足工程实践的要求,有助于变压器运行状态的预测。

第5章将BP神经网络、灰色理论、线性回归预测算法和基于支持向量机回归模型这四种单项预测算法综合起来,采用最优加权组合预测模型,对油中溶解气体浓度的发展趋势进行精确的组合预测,为变压器油中溶解气体浓度的预测提供了新的途径。该组合预测方法能很好的综合各种单项预测方法的优势,与四种单项预测方法相比具有更高的预测精度。其可以有效地降低单项预测算法的预测误差,增强预测的稳健性,克服单项预测方法信息缺失以及考虑角度片面性的劣势。实例分析也表明了该组合预测方法比单项预测方法具有更高的准确性、可靠性和有效性。

由于变压器传统的在线监测系统一般采用色谱法,需要消耗载气和载气,而且色谱柱和传感器需定期标定,装置可靠性不高,检测气体成分过程繁琐,因此第6章根据比尔-朗伯特(Beer-Lambert)定律,按照光纤气体差分吸收的原理,设计了一套基于光纤气体传感器的变压器在线监测系统。该系统主要用于监测乙炔,甲烷,乙烯和二氧化碳四种变压器油中溶解气体的浓度,以判断变压器的故障状况。该系统不需要消耗载气和色谱柱等易耗品,且灵敏度高,方便,可靠,快速。并具有环保以及抗电磁干扰能力强的特性。该系统也不需复杂的气路和油路控制回路,能实现多组分气体在线实时分离和检测。第7章总结全文,并提出了有待进一步研究的主要问题。

5. 期刊论文 [李娟,蔡晖,丁晓群 电力变压器状态在线监测和故障诊断的新方法](#) -[电力自动化设备](#)2002, 22(12)

介绍一种电力变压器绝缘在线监测和故障诊断的新思路,一方面通过在线色谱分析仪检测6种故障特征气体含量和产气率,运用模糊理论及专家系统等人工智能技术对电力变压器的绝缘状态进行跟踪监测;另一方面尝试用参数辨识的方法进行变压器三相电气量的在线监测,依据变压器绕组结构及参数在故障前后会改变的原理,用参数辨识的方法,进行变压器绕组故障及其故障部位的识别,实现故障局部定位,提高变压器状态监测和故障诊断的准确性。

6. 学位论文 [段珪 变电站小四器在线监测与故障诊断方法研究](#) 2004

变电站高压电气设备越来越趋向于在不可能长时间停役检查和检修的情况下运行,因此必需适时地开展状态检修。这就有必要对运行中的变电设备进行监视和诊断,以便能检测到异常情况的征兆或使用寿命终结的迹象。该文在查阅了大量相关资料的基础上,对变电站高压设备的在线监测和故障诊断技术进行了深入研究。简要综述了电气设备状态检修的现状及其发展;着重讨论了作为状态检修基础的在线监测和故障诊断方法,认为一个安全、可靠、实时的在线监测系统无疑将为变电站电气设备的状态检修提供更为有利的条件。详细阐明了变电站电气设备在线监测的一些基本概念和原理,展望了新兴技术在电气设备在线监测中的应用前景。该文选择变电站高压电容量设备作为在线监测的对象,探讨了高压电气设备在线监测系统的构成,在理论上分析了变电站小四器的绝缘特点,并对其在在线监测和故障诊断中可能出现的误差进行了分析和判断。此外,还介绍了综合智能技术在绝缘在线诊断专家系统中的应用,提出了诊断的分层结构,初步实现了对故障的综合诊断。最后,该文以实例说明在线监测和故障诊断系统对早期潜伏性故障作出预先判断的可行性和正确率。

7. 会议论文 [周云龙,孙斌,杨静 25MW锅炉水循环可靠性在线监测与故障诊断](#)

本文论述了运用所开发的锅炉水循环在线监测与故障诊断系统在25MW电站锅炉上所作的水循环安全在线监测与故障诊断。在线监测与故障诊断的目的主要是检验该锅炉水循环的可靠性。监测与诊断结果表明:锅炉经常发生在炉膛四角爆管事故,是由于水循环工况不良而引起的。同时提出了水循环系统的改进措施。

8. 学位论文 [朱学彪 2800轧机液压系统在线监测与故障诊断](#) 2005

本文以“2800轧机液压AGC在线监测与故障诊断系统”的课题为依托,在广泛研究国内外相关文献资料及工作的基础上,结合武钢轧板厂的实际情况,对轧机AGC液压在线监测与故障诊断理论与技术问题进行了较为深入的研究。本文首先从2800轧机液压系统的构成与原理入手,通过分析不同建模方法的特点,提出了基于“基本单元和面向对象”的建模方法,利用仿真软件AMESim对轧机液压系统中的关键元件—电液伺服阀进行故障仿真。根据轧机分布式控制及模拟量、数字量混合控制的实际工况,利用轧机控制回路中的数据,开发了基于VME总线和PLC的数据采集技术,创建基于SIEMENS-S7的液压在线监测诊断的系统框架。研究了电液伺服系统的状态变化特性因子,并运用“面向对象表示法”对液压AGC诊断知识进行层次分解,以AGC液压系统的压力故障为例实现了诊断知识的提取。

本文最后研究了轧机AGC液压在线监测与诊断系统的实现问题,建立了基于SIEMENS-S7及工业以太网技术的AGC在线监测系统,并运用组态软件开发了液压AGC在线监测与故障诊断软件。

9. 期刊论文 [周召发,陶建忠,陈雪松,黄先祥, ZHOU Zhao-fa, TAO Jian-zhong, Chen Xue-Song, HUANG Xian-xiang 基于无线遥测的大型装备在线监测与故障诊断](#) -[兵工学报](#)2005, 26(4)

针对某大型武器装备系统庞大、故障检测难的特点,提出一种基于无线遥测技术的在线监测与故障诊断方案。方案中各检测仪与上位主机之间通过无线通讯来传递信号与命令,且检测仪直接安装于装备上,从而减少了上位主机与各检测仪之间的大量电缆连接,实现了诊断系统的便携、小型化。该方案采用多级分布式检测与单板多机技术相结合方法,实现了检测信号的高速采集,并运用模式识别与神经网络等技术来实现设备工作状态的自动搜索与在线监测。实验表明,该技术方案能够实现大型武器装备的快速、准确故障定位与远程监测。

10. 期刊论文 [李德刚,于德介,张邦基 凉水塔风机网络化在线监测与故障诊断系统研究](#) -[化工设计通讯](#)2003, 29(4)

凉水塔风机是石化生产中的关键设备,对其实施自动监测和综合保护意义重大。该文研究了该设备的网络化在线监测与故障诊断系统,包括监测方案、软硬件结构、网络体系、系统功能及特点等。系统已成功应用于现场。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cgjsxb200812027.aspx

下载时间: 2010年4月15日