

基于分布式网络的电机智能监测系统

杜玉晓¹, 彭国军²

(1 广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090; 2 常德机场航务部, 湖南 常德 415134)

摘要: 针对多台电机参数的在线监测和电机故障在线诊断问题, 提出基于分布式网络的电机智能监测系统, 底层智能监测模块实现实时数据采集和处理, 采用模糊专家技术实现电机运行状态识别, 采用神经网络和专家系统实现电机故障智能诊断. 为电机测控技术领域提供了一种具有信息监测分布式、信息处理集中性和智能化、信息管理网络化的有效工业实现方法.

关键词: 分布式网络; 智能监测; 状态识别; 故障模式提取

中图分类号: TP277

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2007)02-0040-04

目前国内大多数电机生产厂家和电机使用厂家往往采用电流表、电压表、转速表等较为原始的仪表进行电机试验和电机检修, 存在着劳动强度高、测试误差大、效率低等缺点, 不能完全满足多台电机在线实时监测、信息管理和故障诊断要求. 在冶金、化工、石油、制药等工业部门, 电机的在线实时监测和故障诊断是安全生产、优质高产的保证. 现有的电机故障诊断技术很多都是离线运行的, 没有结合实时采集的数据进行分析处理, 一些基于小波分析、神经网络的故障诊断技术还停留在理论研究阶段, 难以实现电机运行状况的实时识别、故障诊断和预测, 给人员设备安全和工业生产带来了巨大的隐患^[1-6].

在此提出一种基于分布式网络, 能够实现单台或多台电机的同步监测, 达到电机监测的实时性、易操作性、强扩展性、网络化、高精度和安全可靠要求的智能电机监测系统. 该系统包括现场底层智能监测子站、高层智能监测总站, 以及用于进行数据采集与信息处理实现电机监测功能的模块化系统应用软件. 按照上述方案制成的分布式智能电机监测系统, 为电机测控技术领域提供了一种具有信息监测分布式、信息处理集中性和智能化、信息管理网络化的电机监控系统, 从而实现了单台或多台电机电量参数、转速、转矩、温度、噪声、绝缘、振动等多项指标的实时监测, 并通过智能化技术进行电机运行状态实时识别和故障诊断.

1 系统基本结构

分布式智能电机监测系统包括智能监测硬件系统、信息管理故障诊断系统软件组成. 数据通信网络采用分布式结构, 子站是底层的智能监测模块, 主站

(总站)是工业控制计算机, 系统软件主要实现信息管理、电机状态识别和故障诊断功能.

1.1 系统硬件结构

智能监测硬件系统主要包括底层智能监测子站和高层智能监测总站(计算机), 其中监测子站与对应位置的电机相连, 由包含监测仪器、仪表、数据采集器的智能监测模块组成, 智能监测总站是由实现电机信息集中处理和智能监测的计算机构成. 底层监测子站按照对应电机的型号和位置确定对应的独立站号或 IP 地址, 电机的电量参数、转速、转矩、温度、噪声、绝缘、振动等多项指标由对应的底层监测模块采集和显示. 底层智能监测子站与高层计算机之间可以采用串行通信网络、工业以太网或者现场总线网络进行数据通信. 系统硬件结构原理图如图 1 所示.

智能监测模块主要包括电机温度监测、转速转矩监测、振动监测、电量监测、绝缘电阻测试、直流电阻测试、电源模块和智能网络接口模块及扩展模块. 其中智能网络接口进行网络通讯协议之间的转换, 实现不同网络之间的互连. 扩展模块根据电机监测的实际需要, 添加传感器、仪表进行噪声监测、耐压监测、接地电阻测试等.

1.2 信息管理故障诊断系统软件

信息管理故障诊断系统软件主要包括数据通信与预处理模块、实时监视模块、电机运行状态识别模块、电机故障诊断模块、数据库管理模块、打印、系统安全及帮助模块. 系统软件结构框图如图 2 所示.

有效利用实时采集的电机各项运行参数实现电机的状态识别和故障诊断是系统软件结构中的关键环节, 在此主要采用模糊专家识别和智能故障诊断技术.

收稿日期: 2006-06-06

作者简介: 杜玉晓(1973-), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为计算机网络控制、复杂过程智能控制.

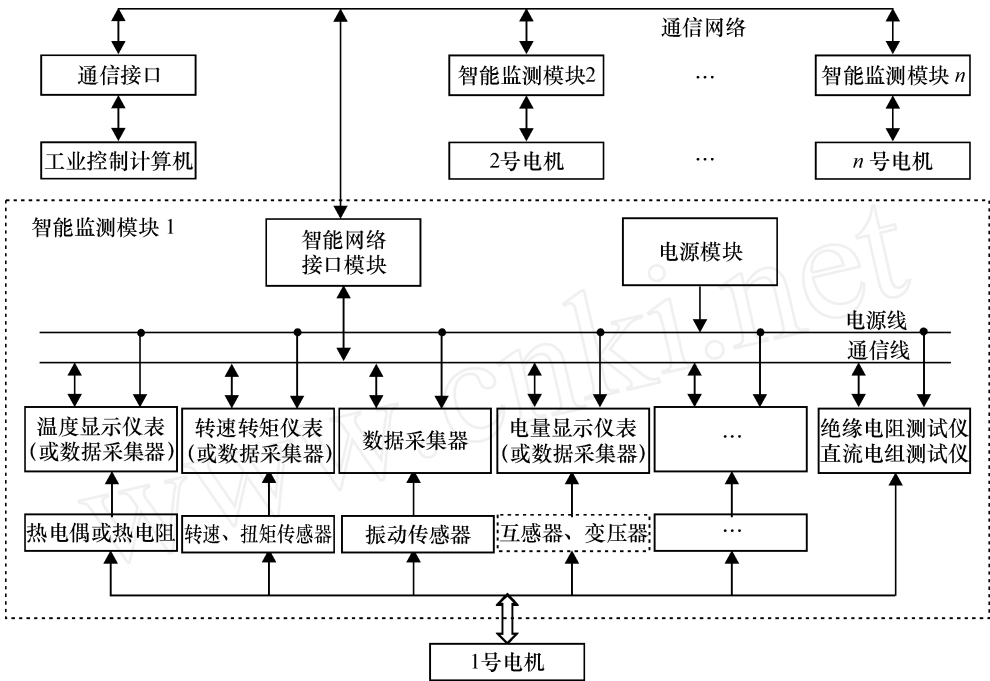


图 1 分布式智能电机监测系统硬件结构原理图

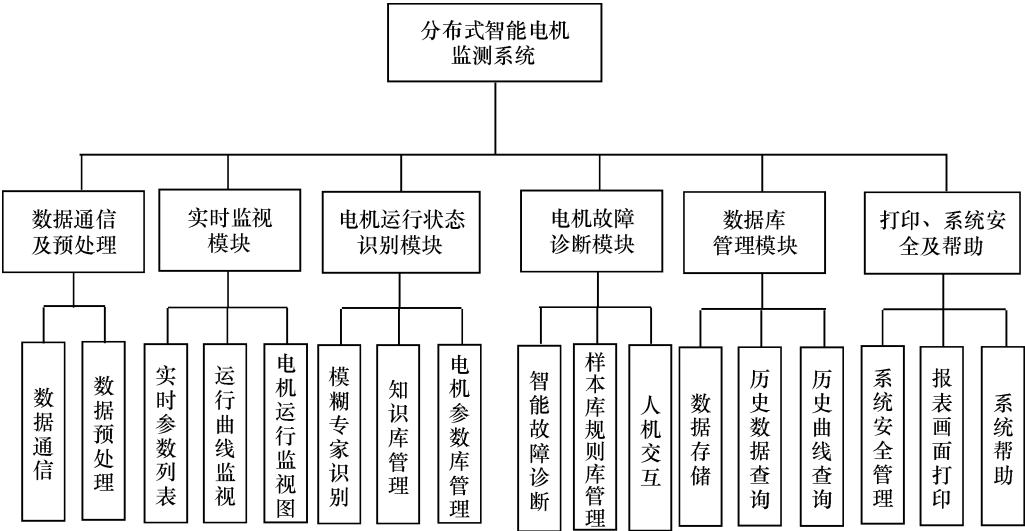


图 2 信息管理故障预警系统软件结构图

2 电机运行状态智能识别

电机运行状态智能识别主要包括模糊专家识别、知识库管理、电机参数库管理 3 个部分. 知识库主要存储用于电机运行状态识别的模糊专家规则, 知识库可以由操作人员或专家进行查询、修改、更新, 知识库的管理使得运行状态识别具有在线学习功能, 并提供方便的人机接口, 可以使操作人员及时掌握电机运行状态信息, 以及状态识别对应的规则. 电机参数库根据需要存储不同型号电机的技术参数, 为状态识别、故障诊断和预测奠定基础. 在电机运行状态识别模块中采用模糊专家智能化技术, 是由模糊控制器和专家系统组成, 根据电机各项运行

数据、技术参数数据进行电机运行状态在线实时识别. 电机故障智能诊断原理图如图 3 所示.

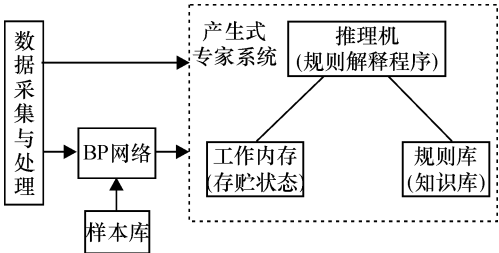


图 3 电机故障智能诊断原理图

可以把电机的运行参数分为: 电量类别、转速转矩类别、温度类别、噪声振动类别、电阻类别, 其中电量类别包括电流、电压、功率 (频率、效率); 转速转

矩类别主要是电机转速和转矩;温度类别包括各检测点的温度;噪声振动类别包括电机运行噪声和振动指数;电阻类别包括绝缘电阻、直流电阻、接地电阻等.人类评价一个事物,往往分为“好”“中”“差”3个级别.类似地,将这些参数也分为3个等级:“GO”(好)、“STOP”(注意)、“BACK”(差),这3个等级是模糊语言逻辑描述的模糊集合,3个等级对应的得分(GS数)分别为2、1、0.根据操作经验确定各个类别参数对应的模糊子集和隶属度函数.

将各个参数分类计算类别的得分GS数,方法如下:

类别集合 $W = \{W_1, W_2, W_3, W_4, W_5\}$ 分别对应{电量类别、转速转矩类别、温度类别、噪声振动类别、电阻类别},它们的GS数用 $P_{W_j} (j = 1, 2, 3, 4, 5)$ 表示.类别中各个参数的GS用 P_{ij} (第 j 个类别的第 i 个参数的评判得分)表示,而单个参数评判结果的隶属度用 u_i 表示.

根据各参数在类别评价中的重要程度,对各参数赋以不同的权值 w_{ij} (表示第 i 个参数对第 j 个类别评判的影响权重),满足

$$\sum w_{ij} = 1, \tag{1}$$

则类别GS数的计算公式为

$$P_{W_j} = \sum w_{ij} | P_{ij} |. \tag{2}$$

类别评判的确定度 CF_j 用公式(3)计算:

$$CF_j = \sum w_{ij} u_i. \tag{3}$$

对每个类别也像单个参数一样,根据操作经验值设定模糊子集和隶属函数,判断“好”(GO)、“注意”(STOP)、“差”(BACK).

在类别评判的基础上,对5个类别GS数进行加权累加,作为总的电机运行状态水平判断GS数:

$$P_{GS} = \sum_{j=1}^5 w_j P_{W_j}, \tag{4}$$

其中的权值 w_j 根据各个类别在运行状态水平中所占的比重确定. P_{GS} 的值越大,则表明电机运行状况越好;越接近于0,危险性越大.采用模糊专家技术就可以有效地实现电机运行状况的在线有效识别.

3 电机故障智能诊断

故障智能诊断主要采用神经网络技术和专家推理技术,在在线监测的基础上,从监测数据的分析结果中提取故障的特征值,从而得到机组的运行情况,并判断机组是否会发生故障以及故障出现的原因和部位,对电机进行故障诊断、给出故障报警指示,同时提出电机维修、更换专家的建议.电机故障诊断的

关键技术在于如何准确提取每一种故障的特征值,并在此基础上建立一个实用有效的规则库,需要深入研究每一种故障的机理及特征,并结合领域的专家知识和现场工程师的经验.电机故障诊断模块中的智能故障诊断采用神经网络进行电机故障模式的提取,并采用产生式专家系统的双向推理进行电机故障诊断,产生式专家系统是由推理机、工作内存和知识库3部分构成,利用前向推理和逆向推理相结合的双向推理进行电机故障诊断.

3.1 神经网络故障模式提取

神经网络系统是一个高度复杂的非线性动力系统,具有分布处理、自学习、记忆、并行处理和自适应等特点,广泛应用于模式识别、语音识别、智能控制、信号处理、生物工程、非线性优化等领域.

采用BP误差反向传播神经网络进行电机故障智能预测,根据电机运行状况,进行过载故障、轴承故障、绝缘故障等模式的提取,在此采用3层(输入层、单隐层、输出层)的BP神经网络建立3种故障模式模型,采用主元分析法、相关性分析法等技术对电机的运行参数进行分析,获得不同故障模式的特征变量作为模型的输入变量.BP神经网络隐层节点数=2倍的BP神经网络输入层节点数+1;BP神经网络学习率=2/(BP神经网络隐层节点数+1).在实际过程中可以根据神经网络学习和预测的误差对神经网络的结构进行调整.通过建立神经网络电机故障模式提取模型,就可以根据电机运行数据进行电机故障的模式提取,从而获得各种故障出现的概率.故障模式识别的结果和实时数据一起送入到专家系统进行综合推理.

3.2 专家故障诊断

产生式专家系统由推理机、工作内存和知识库3部分构成,根据电机运行数据和神经网络故障模式提取的结果进行双向推理,从而实现电机故障的智能诊断.

前向推理采用“扫描规则库→冲突解决→更新工作内存”3个步骤进行.在前向推理中,当规则的条件部分与工作内存的状态相匹配时,这条规则的动作部分得到执行,根据所得的结果增加、修改或更正工作内存的状态,这样周期地进行.这种由规则的条件部分向动作部分的方向进行的推理,对应着由观测的数据得出结论或生成假设的过程.在逆向推理中,首先是规定应该达到的目标,然后根据动作满足这一目标的规则,再把这条规则的条件部分作为下一个目标,继续根据动作部分满足这一目标的规则,这样按相同的方法周期地进行.这种推理方法对

应着检验假设的过程.

4 结论

本文提出一种基于分布式网络的智能电机在线监测系统,具有信息监测分布式、信息处理集中性和智能化、信息管理网络化的特点,底层智能监测模块可以实现多台电机电量参数、转速、转矩、温度、噪声、绝缘、振动等多项指标的实时采集和处理,高层为工业控制计算机,可以实现电机运行参数实时监视、数据的存贮和管理,同时采用模糊专家技术实现电机运行状态识别,采用神经网络和专家系统实现电机故障智能诊断.

电机各项运行参数的网络监测、信息化管理是生产过程自动化、信息化发展的趋势,电机运行状态的在线识别和故障诊断是安全生产、优质高产的保证.分布式智能电机监测系统为解决上述问题提供了一种有效的工业化实现方法,可以广泛应用于冶

金、化工、石油、制药等工业部门电机实时监控系统中.

参考文献:

- [1] 余涛,王晶,沈善德,等. 分布式水电机组故障诊断集成专家系统的研究[J]. 动力工程, 2002, 22(4): 1092-1097.
- [2] 赵从毅,王健,郁黎扬. 轧机大电机运行状态监测系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2003, 17(2): 75-80.
- [3] 杨鸿儒,曹俊. 电机状态监测结果的模糊逻辑方法评定[J]. 中国设备工程, 2005, 8: 40-42.
- [4] 乔海涛,冯永新. 大型汽轮发电机组故障诊断技术现状与发展[J]. 广东电力, 2003, 16(2): 9-13.
- [5] 陈长征,勾铁,王毅,等. 基于遗传神经网络的汽轮发电机组故障诊断研究[J]. 高电压技术, 2003, 29(8): 1-2, 25.
- [6] 冷军发,荆双喜,李臻. 基于小波分析的电机鼓掌诊断研究[J]. 大电机技术, 2003, 5: 28-30.

The Intelligent Monitor System of Motors Based on Distributed Network

DU Yu-xiao¹, PENG Guo-jun²

(1. Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China;

2. Navigational Matters Section of Changde Airport, Changde 415234, China)

Abstract: To diagnose the motor faults and monitor the multi-motors parameters on-line, this thesis proposes the intelligent monitor system of distributed network for motors, which realizes the collection and management of real-time data, practical status identification and intelligent fault diagnosis, with the low-level intelligent monitoring module, fuzzy expert technique and neural network and expert system, respectively. Thus, it will provide an efficient industrial method with distributed information monitor, concentrated and intelligent information processing, and networked information management.

Key words: distributed network; intelligent monitoring; status identification; fault pattern abstract