

汽车故障诊断中的振动信号采集

耿立恩 潘旭峰 李晓雷 (北京理工大学车辆工程学院 100081)

摘要:本文搭建了一套以 80386/486 微机为平台的振动信号采集处理系统。发展了一种能长时间高速连续采集、存储大容量数据的技术,使连续采集、实时存储的数据量理论上可达 4GB,应用中则仅受实际装配物理内存的限制。

为满足研究大功率动力传动总成等复杂装置振动监测与故障诊断的需要,我们组织搭建了一套以 80386/486 微机为平台,通过网络联接油料分析等多种仪器的信号采集处理系统。实现了数据资源共享,灵活采用多种处理方法,完成了特征提取,为建立基于数据融合与神经网络技术的专家系统提供了有力支持。本系统已多次用于车辆动力传动总成的故障诊断研究中,取得了较满意的效果。

一、系统硬件组成

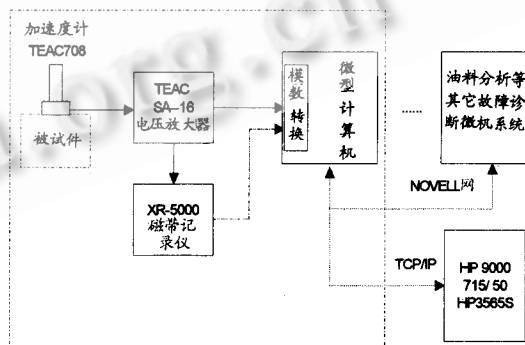
系统的硬件组成如图 1 所示。

TEAC 708:压电晶体加速度计,内置前置放大器,直接输出电压信号,使系统简单而且抗干扰性强。

TEAC SA-16:电压放大器,频响范围大,便于多通道测量。

TEAC XR-5000:磁带记录仪,可同时记录 14 通道数据,最高记录频率为 40KHz。该记录仪配有 GP-IB

接口板 AR-507,用以与计算机的 IEEE-488 通用接口总线连接。通过它,磁带机的每一个功能都可由计算机编程控制,包括设置操作模式和记录、重放的条件。AR507 还有一路 12 位 A/D 转换器,最高采样频率 100KHz,磁带机的输出可利用它,经由 IEEE-488 送入计算机,这使得自动测量系统能简便许多。



模数转换器, 12 位 32 通道, 插在 80386/486 微机 ISA 总线扩展槽中, 用于多通道实时采集。

二、高速大容量数据采集与存储

要准确地对动力传动总成的故障进行诊断, 靠单一传感器已无法满足要求, 而多传感器同时采集又面临如何提高采样频率和实时连续存储大量数据的问题。为此我们研究发展了一种能高速连续采集、存储大容量数据的技术。

此项技术采用 386 汇编语言编程, 在 32 位保护模式下对 1MB 以上内存空间进行直接访问。通过对 8253 和 8255 的编程操作来实现 A/D 转换器工作方式的控制, 最大可能地挖掘了 A/D 板和 80X86 微机性能的潜力, 使每采集一个样点只需要 100 个时钟周期。以主频为 33MHz 的微机为例, 约需 $3\mu s$, 若 A/D 板性能允许, 这种采样系统最高采样频率可达 300KHz。若计算机主频提高, 采样频率还可以相应提高。

更为重要的是, 此项技术理论上连续采集数据容量可达 4GB, 应用中仅受实际装配的 1MB 以上扩充内存的限制。例如微机装有 7MB 扩充内存时, 可连续采集 7MB 的数据, 即 3.5M 个采样点。

三、故障诊断中的特征提取

无论是时域信号还是频域信号, 数据量都很大, 信息过于分散。选取适当的特征量作为故障信息, 虽然只是故障诊断中的一个组成部分, 但它却是很关键的一部分。它是模式分类和诊断的基础。如果没有可靠的特征信息, 就不能对机器的工作状态作出准确的分类, 从而也就无法对故障进行确诊。同样, 基于现代计算机技术的设备诊断专家系统也不可能实现, 因为专家系统知识库的形成依赖于这些特征信息。

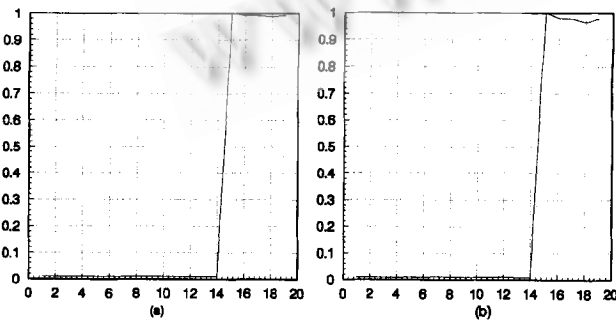


图 2 QQ6170 特征曲线

齿轮和滚动轴承是汽车动力传动总成的重要零件, 也是一般机械中必不可少的零件, 它的运转状态是否良好, 往往直接影响到整个机器的性能。一旦齿轮和轴承发生故障, 其振动信号会有异常变化, 但不易为人的感官所察觉, 经过信号处理才能鉴别出来, 国内外许多学者都对此已作过大量的工作, 其中大部分的研究工作都致力于更有效的信号处理方法和故障的敏感因子, 以提高对故障的识别能力。

本文结合大功率传动总成的特点, 分别提取了振动信号幅域特征量、频域特征量和功率谱图。

1. 幅域特征

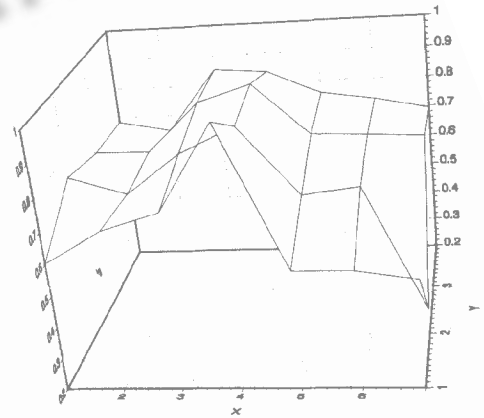


图 3 频谱重心特征曲线

由于机器产生故障时, 会引起冲击脉冲, 导致振动水平提高。衡量设备振动大小最直接的办法是计算振动加速度信号的均方根值、均值、方差等。这些量在一定程度上反映设备的振动水平, 但它们不仅与机械设备的状态有关, 而且与转速、载荷等多种因素有关。因此, 进一步引入无量纲量, 如波形指标、峰值指标、脉冲指标、裕度指标、峭度系数、偏度系数等。实验证明, 这些无量纲特征参数, 基本不随转速和负荷的波动而变化, 能较为准确地反映故障特征。

图 2 是对 QQ6170 汽车驱动桥进行寿命实验时所提取的特征。图 2(a) 是均方值曲线, 图 2(b) 是峭度系数曲线, 在整个寿命实验周期中不同的时刻采样, 横轴表示时间, 两特征值都经归一化处理。

从图中可明显看出, 在第 15 个采样时刻两特征值都明显提高, 表明此时机械装置出现故障。

2. 频域特征

复杂机械设备工作状态的变化常常导致其振动信号

功率谱的特征变化。信号的功率谱反映了信号能量随频率分布情况,既反映了信号中的频率成份,也反映了频率成份的能量大小。当信号中的各频率成份的能量发生变化时,功率谱的谱峰位置也将发生变化。另一方面,当信号中各频谱成份增多或减少时,功率谱上能量分布表现为分散或集中。因此,通过描述功率谱中频带位置的变化以及谱能量分布的分散程度,就可以较好地描述信号频域特征的变化情况。为了能够比较全面而又简便地反映频谱的变化情况,引入了包括均方频率、频谱重心、频域方差、谐波因子等在内的频域特征量。

图3是对CA10B汽车变速箱进行故障诊断实验时所提取频谱重心特征。图中X轴表示不同的故障状态,Y轴表示不同的转速和负荷,数据经过了归一化处理。从图中可看出频谱重心在X轴方向变化较大,表明此特征值对不同的故障状态十分敏感;而频谱重心在Y轴方向变化不大,表明它不随转速和负荷的变化而变化。

为更好地反映频域特征,本文还采用了计算机识别与诊断中经常采用的方法——功率谱图法。将一个谱图沿着频率轴方向等分为n个区域,每个矩形面积内的平均功率构成一个n维向量。

四、神经网络计算

在以上讨论的基础上,已经构成了包括幅域、频域特征在内的特征向量。为了验证这些特征的有效性,我们对CA10B汽车变速箱的故障对比实验数据用神经网络进行学习计算。采用单隐层BP网络,输入节点数为54,输出节点数为6,隐层节点数取30,训练误差曲线如图4所示,表明用特征向量代替原始数据进行计算,收敛速度较快,并大大减少了计算量。

五、结束语

状态监测与故障诊断正在向多功能化、智能化和专家系统化发展,以微机及其网络为平台组织并综合集成各种专用分析仪器,资源共享,优势互补,无疑是加速这一发展的重要手段。

本文介绍的振动状态监测与故障诊断系统已在图1所示的网络环境下运行,高速大容量数据采集也已成为整个系统的重要功能;有效的特征提取方法,完成了对数据的压缩,为进一步的故障诊断奠定了基础。

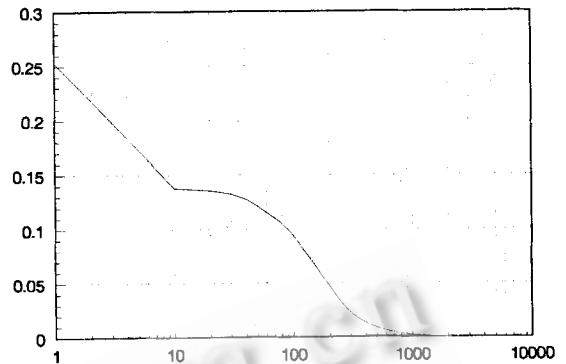


图4 训练误差曲线

参考文献:

- [1]陈阳,车辆CAT/CAD系统大容量数据采集与网络中文环境的研究。北京理工大学车辆工程学院92级硕士学位论文。
- [2]王丹,汽车变速箱的振动监测与故障诊断。北京理工大学车辆工程学院91级硕士学位论文。
- [3]丁汉哲,机械诊断理论与应用。北京中国人民解放军装甲兵工程学院,1987.10。
- [4]李健芳,轴承的信号提取及故障诊断。浙江大学研究生学位论文,1989。
- [5]阎平凡,黄瑞旭,人工神经网络—模型、分析及应用。安徽教育出版社1993.5。

◆消息·动态

Digital 推出 NT Cluster 解决方案 使 Windows NT 应用直接进入企业级

1996年5月13日 Digital 发布了用于 Microsoft Windows NT Server 的 Digital Cluster(以下简称 NT Cluster)解决方案。用户使用上 NT Cluster 之后,可使 Windows NT Server 的应用直接进入企业级。可以保证事务处理、决策支持等高要求的业务应用能跨系统并在系统故障时仍保持有效。

NT Cluster 使工业标准硬件获得文件业务和数据库的高可用性能。Digital 的解决方案有如下几个特点:比竞争对手的文件服务器有更高的可用性,在等待方式时硬件并不空转;故障克服(failover)对用户是透明的;Digital 独有的故障恢复(failback)特性允许用户维护仍按计划进行,集群管理通过一个用户友好图形界面操作。