

文章编号:1671-251X(2015)03-0093-03

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.03.023

庞维建,马海龙,朱益军. EMD 滤波在煤矿电动机故障诊断中的应用[J]. 工矿自动化,2015,41(3):93-95.

EMD 滤波在煤矿电动机故障诊断中的应用

庞维建¹, 马海龙², 朱益军²

(1. 太原理工大学 信息工程学院, 山西 太原 030024;

2. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015)

摘要:针对煤矿电动机信号故障特征难以提取的问题,提出将 EMD 滤波方法应用于煤矿电动机的振动信号分析,通过分析电动机故障特征频率的分布特征,采取不同的 EMD 滤波方法来去除振动信号中的噪声。现场应用结果表明,该方法可以有效降低噪声,提高信号的信噪比。

关键词:煤矿; 电动机故障; 故障诊断; EMD 滤波

中图分类号:TD614

文献标志码:B

网络出版时间:2015-02-12 16:03

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150212.1603.023.html>

Application of EMD filter to fault diagnosis of coal mine motor

PANG Weijian¹, MA Hailong², ZHU Yijun²

(1. College of Information Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Tiandi (Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China)

Abstract:In view of problem that fault feature of coal mine motor signal was difficult to extract, EMD filter method was proposed to apply to vibration signal analysis of coal mine motor. By analyzing distribution characteristics of characteristic frequency of motor fault, noise in vibration signal was filtered out through different approaches of EMD filtering. Field application results show that the proposed method can effectively reduce noise and improve signal to noise ratio.

Key words:coal mine; motor fault; fault diagnosis; EMD filter

0 引言

煤矿井下环境极端恶劣,阴暗潮湿,在设备运行过程中充满煤尘与各种冲击性振动,因此,电动机的故障特征难以提取。提取煤矿电动机故障特征的关键在于如何消除信号中的噪声,提高信号的信噪比。参考文献[1]将 Kalman 滤波应用到机械系统的故障诊断中,有效地消除了机械振动信号中的噪声,并检测出振动信号中的微弱信号特征。参考文献[2]将 Kalman 滤波应用于液压电动机的故障诊断中,取得了较好的效果。但是 Kalman 滤波需要确定并建立系统模型,模型的精确程度决定了 Kalman 滤波的效果。经验模式分解(Empirical Mode Decomposition,EMD)^[3]滤波是一种基于信号自身

特点的滤波方法,避免了系统模型的建立以及低通滤波器截止频率的选择。参考文献[4]将 EMD 滤波与分形维数相结合,对转子系统的不对中、碰磨等故障进行识别。参考文献[5]利用 EMD 滤波对低频振动信号进行自适应滤波。参考文献[6]将 EMD 滤波与数字滤波、Kalman 滤波、小波滤波等方法进行了对比。本文将 EMD 滤波应用于煤矿电动机的振动分析,通过分析电动机故障特征频率的分布特征,并对电动机振动信号采取不同方式的 EMD 滤波,来去除信号中的噪声,提高信号的信噪比。

1 EMD 滤波方法

EMD 滤波方法假设:任何一个信号都可以被分解为若干个基本模式分量(Intrinsic Mode

收稿日期:2014-09-01;修回日期:2014-12-15;责任编辑:胡娴。

作者简介:庞维建(1986—),男,河北沧县人,硕士,从事矿山机电设备监测与故障诊断研究工作,E-mail:sxkower@163.com。

Function, IMF) 与一个趋势项之和。基本模式分量必须满足以下 2 个条件:

(1) 在信号中,极值点(包括极大值点和极小值点)的数量 N_e 与过零点的数量 N_z 必须相等,或最多相差一个,即

$$(N_z - 1) \leq N_e \leq (N_z + 1) \quad (1)$$

(2) 在任一时间点上,信号局部极大值确定的上包络线 $f_{\max}(t)$ 和局部极小值确定的下包络线 $f_{\min}(t)$ 的均值为零,即

$$[f_{\max}(t_i) + f_{\min}(t_i)]/2 = 0, t_i \in [t_a, t_b] \quad (2)$$

式中: t_a, t_b 分别为信号的时间范围的下限和上限。

EMD 分解过程:① 确定时间序列 $x(t)$ 的所有局部极值点,然后将所有极大值点和所有极小值点分别用一条曲线连接起来,得到 $x(t)$ 的上、下包络线,记上、下包络线的均值为 $m(t)$ 。② 用原始时间序列 $x(t)$ 减去包络线的均值 $m(t)$, 令 $h_1(t) = x(t) - m(t)$, 检测 $h_1(t)$ 是否满足基本模式分量的 2 个条件。如果不满足,将 $h_1(t)$ 作为待处理数据,重复步骤(1),直至 $h_1(t)$ 是一个基本模式分量,记 $f_1(t) = h_1(t)$ 。③ 用原始时间序列 $x(t)$ 分解出第 1 个基本模式分量 $f_1(t)$ 之后,用 $x(t)$ 减去 $f_1(t)$, 得到剩余值序列 $x_1(t) = x(t) - f_1(t)$; 将 $x_1(t)$ 当作一个新的“原始序列”,重复上述步骤,依次提取出第 2、第 3 个 IMF,直至第 n 个 IMF;最后剩下原始信号的余项 $r_n(t)$ 。

EMD 分解从滤波的角度看就是一个滤波的过程,输出的滤波信号为

$$x(t) = \sum_{l=1}^h \text{IMF}_j(t) \quad (3)$$

式中: $\text{IMF}_j(t)$ 为本征模式分量; $l, h \in [1, N]$, N 为本征模式分量个数。

式(3)中,根据 l, h 取值不同,可分别实现带通滤波、高通滤波和低通滤波。

2 应用案例

以电动机联轴器不对中故障为例,说明 EMD 滤波方法在煤矿电动机故障诊断中的应用。某矿主斜井带式输送机进行在线监测与故障诊断系统调试与试运行期间(2013-06-04—08),发现 3 号电动机输出轴的振动比 1 号电动机输出轴的振动剧烈。该电动机的测点分布如图 1 所示。电动机振动幅值变化趋势如图 2 所示。从图 2 可以看出,1 号电动机的振动相对比较平稳,3 号电动机的振动幅值波动较大,且其幅值约为相邻电动机的 2 倍。为确定该

电动机是否存在故障隐患以及存在何种故障隐患,对在线监测与故障诊断系统采集到的数据进行分析。电动机振动信号的时域波形及信号频谱分别如图 3、图 4 所示。

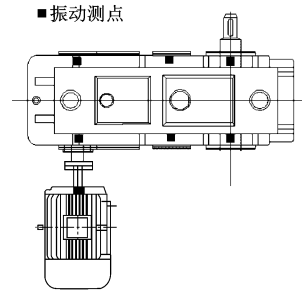


图 1 电动机测点布置

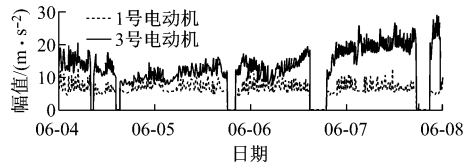


图 2 电动机振动幅值变化趋势比较

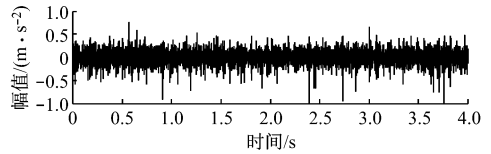


图 3 时域波形

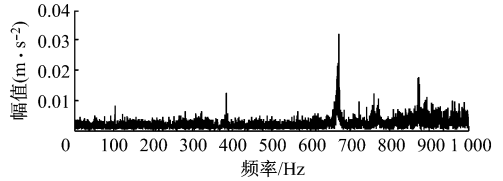


图 4 信号频谱

从图 3、图 4 可以看出,信号中设备有效信息被噪声淹没,所以需要得到信号进行降噪处理,下面采用 EMD 滤波方法对信号进行滤波处理。鉴于电动机故障特征频率都集中在低频段,因此,采用低通滤波的方式对信号进行滤波处理,滤波处理后得到的信号频谱如图 5 所示。

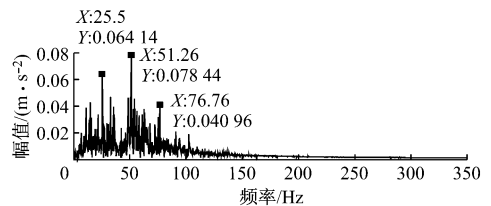


图 5 信号滤波后得到的频谱

从滤波后的频谱可以看出,滤波以后信号的低频特征突显出来。在频谱中可以找到电动机的转频

25.5 Hz 及其倍频成分,符合电动机联轴器不对中的频谱特征。因此,该电动机存在不对中故障特征。在当月的停产检修中,对该电动机的联轴器进行检查,发现联轴器磨损严重,从而导致不对中现象的出现。更换联轴器后,该电动机振动幅值恢复正常。

3 结语

将 EMD 滤波方法用于煤矿电动机故障诊断,现场电动机振动信号分析结果表明,EMD 滤波方法可以有效去除信号中的噪声,提高信号信噪比。同时,EMD 滤波方法也可以作为处理煤矿电动机信号的预处理方法,用于提高信号处理速度和效率。

参考文献:

[1] 赵锦剑,杨光永,周安然,等. 旋转机械振动信号的 Kalman 滤波及故障诊断[J]. 仪表技术与传感器, 2014(5):80-83.

[2] 徐兰兰,裴润,陈龙. Kalman 滤波在液压电机故障诊断中的应用[J]. 哈尔滨商业大学学报:自然科学版, 2009,25(3):309-310.

[3] 胡劲松,杨世锡,吴邵同,等. 基于经验模态分解的旋转机械振动信号滤波技术研究[J]. 振动、测试与诊断, 2003,23(2):20-22.

[4] 程军圣,于德介,杨宇. 基于 EMD 和分形维数的转子系统故障诊断[J]. 中国机械工程,2005,16(12):1088-1091.

[5] 侯王宾,刘天琪,李兴源. 基于经验模态分解滤波的低频振荡 Prony 分析[J]. 物理学报,2010,59(5):3531-3537.

[6] 曹冲锋. 基于 EMD 的机械振动分析与诊断方法研究[D]. 杭州:浙江大学,2009.

[7] 孙艳争,黄炜,于波. 基于 EMD 的非线性信号自适应分析[J]. 电子科技大学学报,2007,36(1):24-26.