

试
验
检
测

机车油压减振器在线测试系统的设计

邓木生, 陈新喜

(湖南铁道职业技术学院, 湖南 株洲 412001)



摘 要:介绍了铁路机车油压减振器在线测试系统硬件与软件,通过对SS₉型电力机车油压减振器在线检测得到了大量数据,填补了国内油压减振器在线检测领域的空白。油压减振器在线检测数据能为机车油压减振装置的合理设计及机车车辆转向架悬挂装置的设计提供依据。

关键词:电力机车;油压减振器;在线检测

中图分类号:U269.32*2;U260.331*5 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-128X(2012)02-0062-03

作者简介:邓木生(1967-),男,副教授,研究方向为电气控制、高等职业教育、应用电子技术。

Design of Locomotive Oil Damper On-line Detecting System

DENG Mu-sheng, CHEN Xin-xi

(Hunan Railway Professional Technology College, Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: The on-line detection hardware and software system for locomotive oil damper were introduced, which was applied to obtain a large number of data for SS₉ electric locomotive oil damper running on rail and filled the blank in oil damper on-line detection field in our country. The data of oil damper on-line detection can provide basis for design of locomotive oil damp equipment, as well as for design of the bogie suspension system of rolling stock.

Key words: electric locomotive; oil damper; on-line detection

0 引言

列车运行平稳性取决于转向架上的弹性悬挂和减振装置,因此有必要研究出阻尼性能符合我国高速列车实际运行工况的油压减振器来快速衰减高速列车的振动,提高列车运行平稳性。为了达到这一目的,就必须获取高速列车运行中油压减振器在线工作的实际内部阻尼参数和运动状态参数,并了解这些参数跟机车振动加速度的关系。把这些真实可靠的参数作为设计减振器的依据,能使减振器有效地降低列车振动加速度,保证列车运行平稳。这样就必须进行油压减振器在线数据检测^[1-2]。

目前国内机车油压减振器的测试都是在测试台上进行,测试时的速度和位移都是人为设置的,这种人为设置得到的数据与实际运行的结果有较大出入。基于此,研究和设计了机车油压减振器在线检测系统。

1 系统总体设计

根据系统目标,本系统的主要设计任务包括:机

械改造、硬件设计和软件设计3个方面。

机械改造包括油压减振器的改造、采集系统的防振改造。其中减振器改造包括安装于减振器内部的温度传感器、压力传感器的位置安装及固定,信号线的引出及减振器的密封,外部位移、倾角传感器的安装等。考虑到在线测试过程中,采集系统的关键设备工控机如果直接放在机车上,那么机车的振动对硬盘影响较大,所以专门做了一个架子,架下采用了多根弹簧,使工控机既平稳又没有刚性振动,从而较好地保证了测试的顺利进行。

系统硬件设计主要包括:系统硬件的组成、各主要部件的选型等。油压减振器检测系统硬件组成如图1所示,主要由油压减振器、测量传感器系统、工控机、数据采集系统、铁路专用逆变电源、屏蔽导线和数据采集与处理软件组成。

系统软件设计主要包括:数据实时采集、数据存储、数据分析处理。首先系统通过传感器获取减振器各检测点参数,对获取的数据以图形显示并存储,然后分析处理数据,生成图表,根据图表对减振器使用效果进行分析。

收稿日期:2011-11-07

基金项目:湖南省教育厅科学研究基金资助项目(08D087)

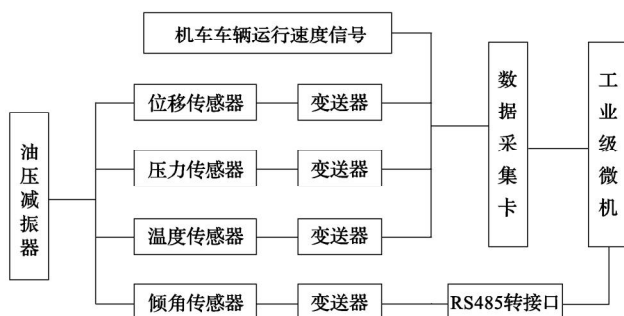


图 1 机车油压减振器在线测试系统基本组成

2 系统硬件设计

系统采用位移传感器测量减振器振动位移, 试验采用的油压减振器为 SS9 型机车垂向减振器, 其最大位移是 ± 50 mm, 位移传感器量程为 140 mm, 结构为拉杆滑动型, 精度为 0.1 mm, 便于安装。

系统需要测量油压减振器的拉伸力和压缩力, 采用压力传感器安装不便, 所以选用了压强传感器测量内、外缸的压强, 再通过“压力=压强 $\times$ 截面积”计算而得。因为截面积为固定值, 所以只要测得压强就能得到压力。压强传感器的量程选择以减振器试验台上测得的最大拉伸力和压缩力为参考依据, 考虑裕量系数, 量程扩大了 1 倍。

温度测量选择集成化模拟温度传感器, 考虑到在测试台上测试时缸内温度最高能达到 100°C 以上, 选择量程为 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的温度传感器, 其在整个量程内性能良好, 输出 $0\sim 20$ mV 的模拟量, 通过变送器转换成 $0\sim 10$ V, 与采集卡配套。

系统测量的角度为减振器的 X、Y 轴上的倾角, 在测试台上其角度为 $\pm 5^{\circ}$ 左右, 所以选择 ZTC 型双轴智能倾角传感器, 测量范围为 $-15^{\circ}\sim 15^{\circ}$, 输出 RS485 串行数字信号, 为半双工通信方式。

关于机车运行速度数据采集, 由于机车上已有专门速度传感器, 其信号已接到机车端子柜上, 信号为脉冲方式, 机车轮子每转 1 周输出 200 个脉冲, 其幅度为差分信号 ± 7.5 V, 因此设计了转换电路, 转换成采集卡所需的 $0\sim 5$ V 的脉冲信号, 接到采集卡的计数通道, 通过公式[速度=脉冲数(个/s) $\times 3600$ (s/h) $\times 200$ (个/周) $\times$ 轮子周长(m)/1000]可以准确测量计算机车运行速度(km/h)。

数据采集卡的关键性能指标是采集卡各通道采集速度、接口数量和接口类型, 参考测试台中采集卡的性能指标, 选择了速率为 500 kb/s 的 PCI8360, 其与工控机的接口为 PCI。外部接口参数如下: 模拟量输入通道为单端 32 路、双端 16 路, 输入信号范围为 $0\sim 10$ V、 $0\sim 20$ mA, 输入精度为 12 bit; 最大采样频率为 500 kHz; 启动转换方式为软件/外触发启动; 开关量部分为 TTL 电平方式, 输入输出通道数为各 16 路; 计数部分使用 82C54 芯片, 输入输出通道数各为 3 路。

3 系统软件设计

系统采用可视化程序设计语言 Visual C++ 语言编写。该软件完成试验参数的设定、绘制被测油压减振器工件的拉/压力曲线、位移曲线等, 并能够进行数据存储与图形打印。机车减振器在线测试系统软件主窗体如图 2 所示。



图 2 软件系统主窗体图

3.1 参数设置

所采用的传感器既有模拟信号, 也有数字信号。传感器安装完后, 需要设定相关参数, 并对传感器的初始值进行标定, 参数设置窗口如图 3。



图 3 参数设置窗口界面图

3.2 数据处理及报表

数据采集是系统的关键功能, 通过实时采集传感器数据, 并且以曲线图实时显示。采集速度太慢则数据不准确, 图形不连续; 采集数据太快则数据量大, 存储空间要求大, 处理速度会很慢。通过分析发现采集的数据中位移、压力变化快, 而倾角、温度、机车速度变化缓慢, 所以采集和存储的速率可以不同, 确定每秒钟采集存储的数据结构为: 50 帧 $\times$ [20 帧 $\times$ (位移+压强1+压强2+压强3+压强4)+1 帧 $\times$ (温度1+温度2+倾角1+倾角2+速度)], 这些数据存储在文件 1 中, 这样较好解决了数据量、采集速度、波形质量等问题。

数据报表是系统最终测试结果的表现, 能否对采集的数据进行处理、分析、计算并生成有效的报表是系统成功与失败的标志。测试系统通过多次采集数据、处理、生成报表的试验, 如果在采集到的 800 MB 数据

中找出每种数据的特性值,如最大、最小值需要时间很长,所以采用每采集 1s 数据就进行运算处理,处理结果存储在文件 2 中,这样每秒钟在文件 1 中的数据为 10 500 B,处理后在文件 2 中就只有 46 B。文件 2 数据结构为:最大最小(位移+压力 1+压力 2+压强 1+压强 2+温度 1+温度 2+倾角 1+倾角 2+振动动速度+机车速度)+秒数,每一个数据 2 B,共 46 B,通过这种方法很好地解决了数据处理问题,能够快速地在文件 2 中查找各种关心条件下的数据和生成报表。通过文件 2 中的数据记录的秒数,快速计算相关数据在文件 1 的位置,这样就能对文件 1 中的数据以曲线图的形式直观又准确地表示处理结果。

3.3 系统验证

本测试系统在设计完成后,在铁道部产品监督检验中心机车车辆检验站根据 TB/T2229—2004《机车车辆油压减振器试验台技术条件》进行了检验,系统硬件、软件设计符合标准,测试各项数据准确,处理结果真实可靠,可以上车在线测试。

3.4 现场测试

对在南昌—鹰潭线路上运行的 SS9 型机车进行了在线检测,获得了大量油压减振器真实运行资料,采集了大量的数据。图 4 是现场安装实物图。测试报表如表 1,图形报表如图 5、图 6 所示。

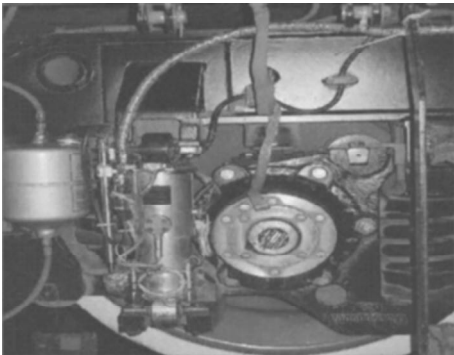


图 4 现场安装图

表 1 减振器在线检测数据报表

项目	参数
文件名	G:\减振器测试系统\data\20071019731.dat
车型	SS9
减振器型号	减振器 1
位移/mm	最大值 10.7/ 最小值 -5.9
压力 1/kN	最大值 20.4/ 最小值 -0.47
压力 2/kN	最大值 19.7/ 最小值 -0.65
压强 3/MPa	最大值 0.38/ 最小值 -0.05
压强 4/MPa	最大值 0.4/ 最小值 -0.05
温度 1/℃	最大值 34.2/ 环境温度 19.2
温度 2/℃	最大值 45/ 环境温度 19.2
X 倾角/(°)	最大值 9.3/ 最小值 -7.9
Y 倾角/(°)	最大值 7.9/ 最小值 -3.9
振动速度/m·s ⁻¹	最大值 0.179/ 最小值 -0.189
速度/km·h ⁻¹	最大值 117.8/ 最小值 0

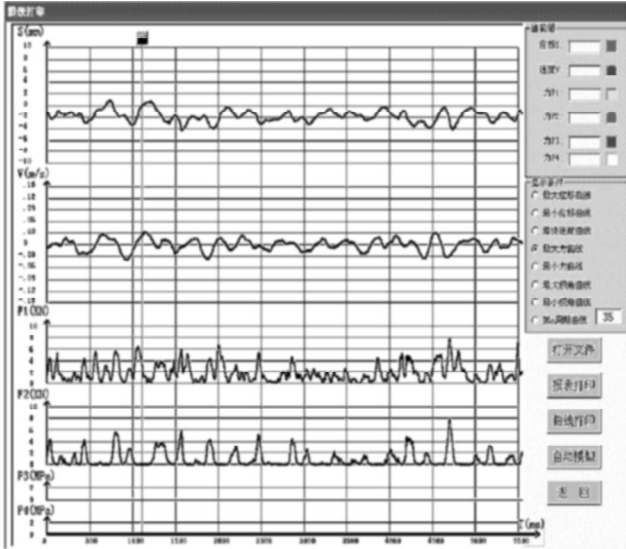


图 5 过岔道在线检测图形报表

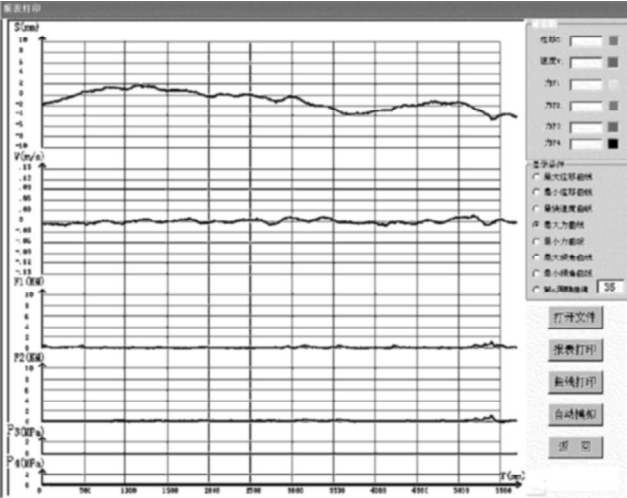


图 6 直线平滑轨道在线检测图形报表

在线检测系统从机车车辆在线运行的实时采集数据经分析处理后得到的参数有减振器的最大拉伸阻尼力和压缩阻尼力、活塞的拉压行程、活塞拉压行程的运动速度、减振器活塞的振动频率、减振器的最大摆角和旋转角、减振器内部关键部位的压力、减振器内部关键部件的温度。

图 5 与图 6 分别是机车过岔道与在平滑轨道上行驶时在线检测获得的图形报表。通过对数据及图形报表的对比分析,可以得出以下结论:

- ①测试曲线和数据与轨道线路状况有直接关系,过岔道和直线运行时,曲线明显不同,过岔道的振动位移最大为 16 mm、频率最高为 15 Hz,而直线时振动位移最大为 7 mm、频率最高为 3 Hz。
- ②减振器内温度变化不大,在环境温度为 19.2℃ 时,在线测试最高温度为 45℃,而在测试台测试的最高温度达 100℃ 以上。
- ③在线测试时压力 1、2 对应活塞内缸阻尼力最大为 20 kN,而在测试台测得阻尼力最大为 30 kN。

(下转第 69 页)

20% 负载牵引工况下, 变压器二次侧电流谐波畸变率 (THD) 高达 17.48%; 动车组一次侧电流谐波畸变率 (THD) 达到 7.66%。由此可见, 轻载情况下, 多重化策略并不能显著降低一次侧电流 THD。

2) 牵引工况下 100% 额定负载

有关电压电流波形见图 10 和图 11。

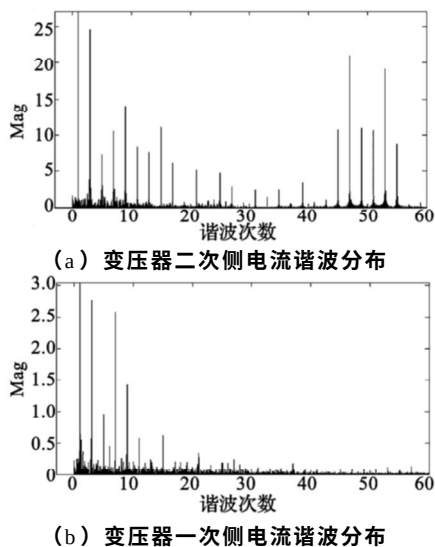


图 10 100% 额定负载电流频谱分布图

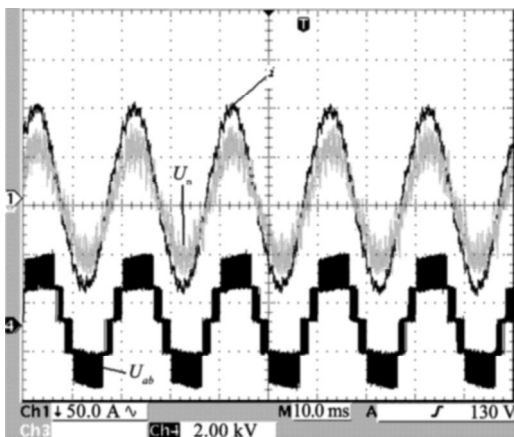


图 11 100% 额定负载网侧变流器波形

100% 负载牵引工况下, 变压器二次侧电流 THD 只有 4.13%; 4 重化处理后, 动车组一次侧电流 THD 只有

1.47%。由此可见, 负载功率提升后, 相同开关频率下, 动车组一次侧和变压器二次侧电流 THD 均明显降低。

从图 8、图 10 二次侧电流 THD 分析波形看出, 高次谐波主要集中在 $50 \pm 1 (2N' \pm 1)$ 、 $50 \pm 3 (2N' \pm 3)$ 次上, 这与理论分析一致; 对比图 9 和图 11 试验波形, 负载功率从 20% 提升到 100% 时, 变压器二次侧电流的正弦度明显提升, 其谐波畸变率相应也会有较大改善。

5 结论

本文对 CRH₂ 型动车组的单相三电平网侧变流器输入电压及输入电流谐波进行傅里叶分析, 并与二电平网侧变流器分析结果进行对比; 完成单相三电平网侧变流器输入电感选取计算。理论分析及仿真结果表明:

①单管开关频率相同条件下, 单相三电平网侧变流器显著改善输入电压的谐波分布, 它相当于将二电平网侧变流器单极性调制的开关频率提高了 1 倍。

②三电平网侧变流器可以有效改善输入电流的品质, 但在负载较小时, 输入电流谐波含量同样很高, 谐波畸变率较大。

参考文献:

- [1] Hongyang Wu, Xiangning He. Single phase three-level power factor correction circuit with passive lossless snubber [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2002, 6 (17): 946-952.
- [2] Bor-Ren Lin. Analysis and implementation of a three-level PWM rectifier and inverter [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronics System, 2000, 3 (6): 948-955.
- [3] 张志学. 单相电压源 PWM 变流器的谐波分析 [J]. 大功率变流技术, 2006 (5): 17-22.
- [4] 刘凤君. 现代逆变技术及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [5] 章志兵, 张志学. 单相三电平整流器控制方法及中点平衡研究 [J]. 机车电传动, 2008 (4): 25-29.
- [6] 张崇巍, 张兴. PWM 整流器及其控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

(本篇文章为南车株洲电力机车研究所有限公司 2011 年度学术交流论文)

(上接第 64 页)

④在线测试倾角变化范围为 $-10^\circ \sim +10^\circ$, 在测试台不能测试该项参数。

4 结语

机车油压减振器在线检测系统能获得减振器真实的在线运行性能指标, 如最大拉伸阻力力和压缩阻力力、活塞的拉压行程、活塞拉压行程的运动速度、减振器活塞的振动频率、最大摆角和旋转角、减振器内部关键部位的压力、减振器内部关键部件的温度等油压减振器在线运行数据, 达到了设计目标。

本系统是国内第 1 个减振器在线检测系统, 将传感器检测技术、计算机技术、机车运行等有机结合, 将测

量结果通过图形及报表直观显示出来, 并成功地实现了在线检测, 填补了国内该领域的空白。

参考文献:

- [1] 杨国桢, 王天福. 机车车辆液压减振器 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [2] 黄伟福. 微机控制油压减振器试验台的研制 [D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [3] 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996.
- [4] 于兆华, 尚景华. 国内油压减振器试验台现状及未来发展探讨 [J]. 铁道技术监督, 2005 (2).
- [5] 薛群. 新型油压减振器的研制 [J]. 机车电传动, 1997 (2).
- [6] 梁志杰, 柯坚, 等. 一系垂向油压减振器仿真系统的研究 [J]. 机车电传动, 2002 (3).