

文章编号: 1000-5013(2012)02-0134-04

交流接触器运行噪声的在线测量实验

杨建红, 张认成, 吴晓梅

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 首先通过大量的交流接触器样本实验,在标准消声室中分别使用传声器、加速度传感器和声级计提取振动噪声信号;然后,采用零阶声源模型构建交流接触器的标准声辐射指数信息库,并对标准声辐射指数信息库修正;最后,通过测振法开发交流接触器运行噪声在线测量系统.测试结果表明:基于测振法在线测量系统和声级计测量结果误差为 ± 1.5 dB,重复性误差为 ± 1 dB,测量结果不受背景噪声影响.

关键词: 交流接触器; 声辐射; A 计权; 噪声; 测振法

中图分类号: TM 343.03 **文献标志码:** A

国家机械部标准 JB/T 7435—2006《CXJ 系列交流接触器》中规定:交流接触器在控制吸合电压为额定电压的 85%~110%时,在距离 0.5 m 处,运行噪声应在 40 dB 以下^[1-2].因此,交流接触器吸合后的运行噪声测量是其重要的检测指标.由于生产现场复杂的背景噪声,将导致交流接触器运行噪声无法直接在线测量,同时无法将每个交流接触器都放入消声室中进行测量.由于复杂背景噪声的干扰,声级计无法实现交流接触器运行噪声的在线测量.很多交流接触器生产公司仅仅依靠熟练工人的耳听、手摸来判断其是否合格.人工经验的判断受到诸多因素影响,很容易产生漏判和误判.德国 BBC 公司基于振动法实现了交流接触器噪声自动化在线检测^[2].美国海军军用标准(MIL)中规定用振动法测定微电机的噪声.国际标准化组织(ISO)公布了测振法测量噪声的标准技术文件^[3].国内一些学者对振动法测量噪声展开了较为系统的研究,其研究技术在电机和电器上得到了一定的应用.但是,这些研究对电机和电器的测量都是基于标准的声辐射指数曲线,而针对于交流接触器的专用标准声辐射指数的研究较少,基本上都基于电器标准声辐射指数来测量交流接触器,测量结果存在较大的误差^[4].本文基于测振法开发出交流接触器运行噪声的在线测量系统.

1 实验部分

1.1 声辐射指数测量方法

交流接触器运行噪声是其表面机械振动的结果.表面机械振动使周围空气介质发生相应的振动,从而以声波的形式向外辐射声音.辐射的噪声来自于多个振源并具有较宽的频率特征.交流接触器内部组件较多,而且存在不同的联接形式.由于其表面振动振型非常复杂,无法直接使用理论推导得到振动噪声辐射指数效率,因此必须通过大量的实验得到交流接触器声辐射指数曲线.交流接触器尺寸较小,采用球面波的理论分析较为合理,其振动速度的声强级为

$$L = 20\lg \frac{v_1}{v_0} + 10\lg \frac{\rho c}{\rho_0 c_0} - 20\lg (Kr_0 \delta_m Kr_0). \tag{1}$$

式(1)中: K 为波数; L 为振动速度声强级; v_1 为球表面振动速度; v_0 为参考速度; ρc 为声阻抗; $\delta_m Kr_0$ 为声辐射指数的 Hankel 函数.

收稿日期: 2011-06-11

通信作者: 杨建红(1974-),男,副教授,主要从事先进传感与检测技术的研究. E-mail: yjzhong@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2010J01294);福建省厦门市科技计划项目(3502Z20113016);华侨大学国家自然科学基金培育计划资助项目(JB-ZR1102)

为了简化计算,假设交流交流接触器为零阶次振型,则式(1)可简化为

$$L = 20\lg \frac{v_i}{v_0} + 10\lg \frac{\rho}{\rho_0 c_0} - 10\lg \sigma. \tag{2}$$

式(2)中: σ 为声辐射指数.由式(2)可知,实验中同时采集振动速度和振动速度声强级信号,可以得到交流接触器的声辐射指数;通过加速度传感器测量得到振动加速度,而由一次离散积分得到振动速度,噪声声强级信号通过传声器测量得到.

1.2 声辐射指数测量实验系统

在开发在线测量系统之前,精确测量各种类型交流接触器声辐射指数是非常关键的,其实验方案如图 1 所示.为了保证所开发的噪声在线测量系统能直接用于交流接触器自动化生产线上,自行开发了交流接触器自动定位工装系统.工装采用轻质镁铝合金,加速度传感器通过螺栓直接安装在工装底部,同时在底部安装减震阻尼器,减少环境振动对接触器振动的影响.声辐射效率指数的测量需要在消声室中完成,在消声室中同时采集声压、声功率和振动加速度信号.

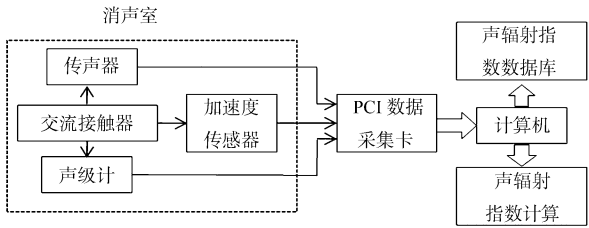


图 1 声辐射指数测量实验系统
Fig. 1 Testing system for measuring sound radiation exponent

在图 1 实验系统中的主要设备:AWA14422 型传声器(带宽为 $10.0 \sim 2.0 \times 10^3$ Hz);TES-1352H 型声级计;A 计权(测量范围为 $30 \sim 130$ dB);LC0101 型朗斯加速度传感器(灵敏度为 $100 \text{ mV} \cdot \text{g}^{-1}$,频率范围为 $0.5 \sim 1.5 \times 10^5$ Hz);MC USB-1608FS 型数据采集卡.对于每种型号,实验中从 $30 \sim 80$ dB 取出 50 个交流接触器样本,在消声室中进行多次重复测量,得到不同接触器样本在 $1/3$ 倍频段的声辐射效率平均值.

2 基于测振法的振动噪声计算

2.1 声辐射指数

将采集的加速度信号进行快速傅里叶变换,取 $1/3$ 倍频的频段信号,采样信号频率范围为 $44.7 \sim 8.91 \times 10^3$ Hz,共 22 个频段.由离散积分将每个频段加速度信号转换成速度信号,其计算式^[5-6]为

$$V(r) = \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{j2\pi i \Delta f} H(i) A(i) \exp(j2\pi ir/N), \quad H(i) = 1, \quad f_d \leq i \Delta f \leq f_u. \tag{3}$$

式(3)中: f_d 和 f_u 分别为上下限截止频率; $A(i)$ 为采集的振动信号; Δf 为采集信号频率分辨率; $V(r)$ 为计算得到的对应速度信号; N 为采样点数.

传感器和工装对交流接触器表面振动速度将产生一定影响,因此必须对振动速度进行修正.为了简化计算,将交流接触器和工装的整体看成平板模型,则振动速度修正式为

$$V' = V[1 + 8.6(f_c m_s)^2 / (\rho c h^2)]^{1/2}. \tag{4}$$

式(4)中: f_c 为 $1/3$ 倍频的中心平率; m_s 为传感器及工装质量; ρ 为工装材料密度; c 为振动在镁铝合金材料中纵波的速度; h 为安装传感器平板的厚度.

将传声器测量的声压信号进行快速傅里叶变换,然后从傅里叶变换后声压信号中取 $1/3$ 倍频频段.由式(2)计算每个 $1/3$ 倍频频段的声辐射效率指数,计算 50 个交流接触器样本的每个频段声辐射效率指数.最后,求每个频段声辐射效率平均值.声辐射效率计算流程,如图 2 所示.

2.2 振动噪声声功率级

在上述实验的基础上,建立不同类型的交流接触器运行噪声辐射效率信息库.调用声辐射效率信息库,在交流接触器生产现场采用

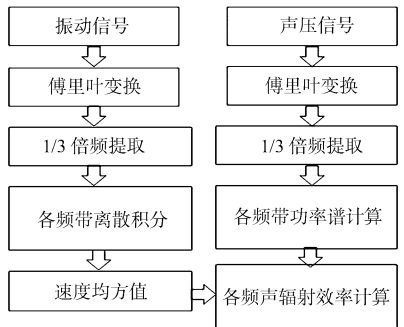


图 2 声辐射效率计算流程
Fig. 2 Calculation procedure of sound radiation efficiency

加速度传感器采集接触器振动信号,经过一系列信号变换后得到对应的振动速度;然后,代入式(2)可得到交流接触器运行噪声声功率级,并将其引入 A 计权系数,可得到每个交流接触器运行噪声^[7]. A 计权声功率级的计算式为

$$L_{WA} = 10\lg 10^{0.1(L_W+C_1)}. \tag{5}$$

式(5)中: L_{WA} 为以 dB 为单位的 A 计权声功率级; L_W 为式(2)计算得到的 1/3 倍频声功率级; C_1 为倍频中心频率系数.

由测量方法和计算原理可知:基于测振法交流接触器运行噪声测量不受周围环境噪声的影响,能满足交流接触器生产现场运行噪声在线测量的需求.

3 实验结果及分析

3.1 交流接触器声辐射效率指数

基于 $44.7\sim8.91\times10^3$ Hz 频率之间,按照 1/3 倍频提取 22 个频段,实验得到的交流接触器的声辐射效率指数如图 3 所示.图 3 中:横坐标为 1/3 倍频的中心频率;接触器类型 1 指的是体积较小的单相交流接触器;接触器类型 2 指的是体积较大的三相交流接触器.

由图 3 可以发现:在较低频率段,交流接触器声辐射指数波动较大,高频率段声辐射指数比较平稳,主要是因为实验中所用样本振动不稳定所致.为了尽可能得到振动噪声分布较均匀的样本,实验中使用合格的交流接触器样本进行人为破坏,将吸合触点划伤,在振动过程中划伤处不断地磨损,从而导致振动不稳定.此外,不同类型交流接触器声辐射指数存在一定差异,必须对不同类型的交流接触器样本进行声辐射指数测定,构建不同类型交流接触器声辐射指数信息库.

3.2 交流接触器运行噪声声功率级

通过上述实验得到的声辐射指数,对所开发的交流接触器运行噪声在线测量系统进行实验验证.为了和声级计测量精度对比,选取 30 个不同噪声级的交流接触器样本,在消声室中采用传声器、振动传感器和声级计同时测量交流接触器运行噪声,结果如图 4 所示.图 4 中传声器测量值是通过测量得到的声压进行 A 计权计算得到的,声级计为直接测量值.

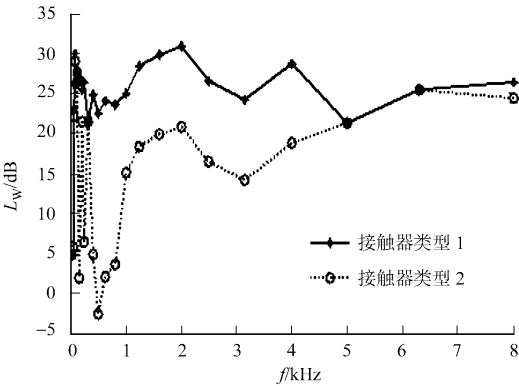


图 3 交流接触器的声辐射效率指数
Fig. 3 Exponent of sound radiation efficiency of AC contactor

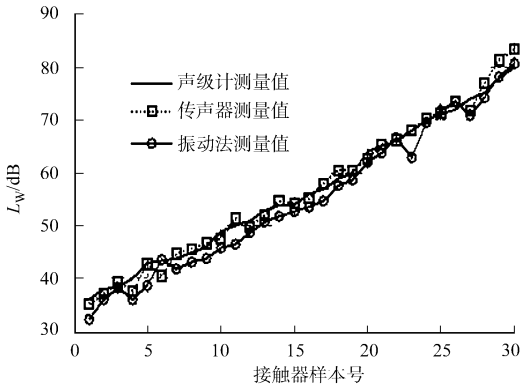


图 4 接触器运行噪声测量结果对比
Fig. 4 Comparison of the measuring results of running noise for AC contactor

从图 4 的结果可以发现:传声器和振动法测量结果基本接近,但是振动法和声级计测量结果相比,存在一定的误差,主要在特定的几个交流接触器样本测量结果误差较大.分析原因发现:个别测试交流接触器振动噪声不稳定,在短暂的吸合时间内噪声值始终是波动的,声级计测量值也存在一定波动,从而导致无法准确读取噪声值.

几种不同振动噪声测量方法所得到的测量结果误差,如图 5 所示.由图 5 可知:振动法测量结果的均值要比声级计小 1.5 dB,主要是因为式(2)中 $10\lg \frac{\rho c}{\rho_0 c_0}$ 为和测量系统相关的常数项,此项存在一定误差,在测量结果中应除去该误差.在除去个别不稳定的测量样本,基于振动法所开发的交流接触器运行

噪声在线测量系统能满足测量精度的要求,从根本上解决了接触器振动噪声无法在线准确计量的问题,提高交流接触器的质量和生产效率.

4 结束语

通过实验得到不同类型交流接触器的声辐射指数,基于测振法开发了交流接触器运行噪声的在线测量系统.对比实验表明:新开发的测量系统能满足交流接触器运行噪声的在线测量,测量结果不受背景噪声影响,测量精度能满足运行噪声在线测量的要求.该系统的应用提高了接触器的检测精度和生产效率.

参考文献:

[1] 成都机床电器所,天水二一三机床电器厂,桂林机床电器有限公司,等. JB/T 7435—2006 CXJ 系列交流接触器[S]. 北京:机械工业出版社,2009.

[2] LEE C, YOUN H. Noise path identification of rotary compressor[C]. Proceeding of the 2000 International Compressor Engineering Conference at Purdue, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2000:510-518.

[2] 赵菁. 浅析交流接触器的噪声问题[J]. 低压电器, 2008(15):4-7.

[3] 沈玉琢,徐舜英. 交流接触器振动噪声测试装置[J]. 低压电器, 1993(2):32-36.

[4] 沈玉琢,韩竞生. 交流接触器振动噪声的分析和噪声标准的验证[J]. 低压电器, 1990(2):21-25.

[5] 王济,胡晓. MATLAB在振动信号处理中的应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006:104-109.

[6] 周广林,陈剑,毕传兴,等. 双传声器声强测量系统误差分析与不确定度评定[J]. 农业机械学报, 2003, 34(5):126-129, 122.

[7] 国家机械部上海电器科学研究所. GB/T 16539—1996 声学 振速法测定噪声源声功率级 用于封闭机器的测量[S]. 北京:中国标准出版社,1996.

[8] 张谷香,王怀应. 水声声强测量系统及其在水下噪声鉴别中的应用[J]. 应用声学, 1995, 15(4):33-37.

On Experiments about On-Line Measuring of Running Noise for AC Contactor

YANG Jian-hong, ZHANG Ren-cheng, WU Xiao-mei

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: First, the vibrational noise for AC contactor is obtained using the sensors including microphone, accelerator, and sound level meter in the standard anechoic chamber by a lot of sample experiments. Second, the information database of acoustic radiation exponent for AC contactor is built using the zero-order sound source model, and the information database of the standard acoustic radiation exponent is corrected. Finally, based on the oscillometric method, an online measuring system of running noise for AC contactor was developed. The testing results have shown that the measuring error between using the oscillometric method and using the sound level meter is ± 1.5 dB, the repeatability error is ± 1 dB, and the measuring results were not influenced by the background noise.

Keywords: AC contactor; acoustic radiation; A-weighting; noise; oscillometric method

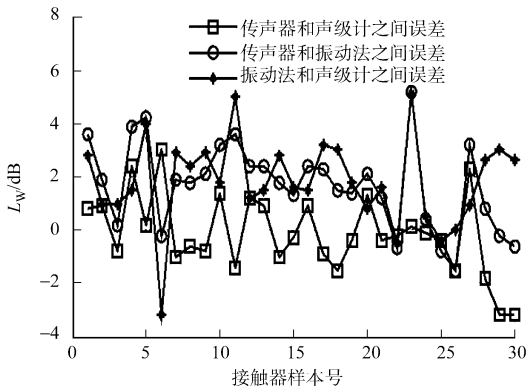


图 5 几种不同振动噪声测量方法的比较
Fig. 5 Comparison of several different measuring methods of vibrational noise