

一种小型发电机积极隔振的实现

皮连根

(常州工程职业技术学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 根据小型发电机的具体参数, 设计或选用了三种隔振器, 并分别对其进行了不同方位的隔振性能测试。测试结果表明: 三种隔振器都达到了很好的隔振效果, 但综合考虑耐用性、运行寿命、工作稳定性等因素, 认为自行设计的 JZ-30 隔振器是较为理想的积极隔振元件。

关键词: 发电机; 隔振器; 性能; 测试

中图分类号: TH703.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2012)04-0048-05

Realization of Positive Vibration Isolation of a Small Generator

Pi Liangen

(Changzhou Institute of Engineering Technology, Jiangsu Changzhou 213164)

Abstract: Based on the parameters of a small generator, three kinds of vibration isolators were designed or selected. Anti-vibration performance tests were carried out on different directions respectively. The test results show that the three kinds of vibration isolators can realize very good anti-vibration effect. Taking wearing property, service life and operation stability into consideration comprehensively, it was concluded that the self-designed JZ-30 vibration isolator is an ideal positive vibration isolation element.

Keywords: generator, vibration isolator, performance, test

0 引言

振动控制分为主动控制和被动控制两种。主动控制是通过控制器向结构输入能量, 改变结构系统特性, 使其产生一个相反的振动, 使结构系统性能指标函数变小, 进而减少或抑制结构反应; 被动控制不需要外部提供能量, 主要通过机械作用来耗散主振系统的能量, 结构简单, 造价低廉, 易于实现和应用, 且有较大的近期效应。

被动控制可以分为三类: 动力吸振、冲击消振和隔振。隔振是常见的一种控制方式, 通过一些弹簧元件将振源和减振体隔开, 将振动控制在某一范围内。隔振分为积极隔振和消极隔振两大类。积极隔振又称主动隔振, 是将机器设备的振动隔离, 以减少振动对建筑物和周围环境的影响; 消极隔振又称被动隔振, 是将来自外界的振动或来自基础的振

动隔离掉, 以减少振动对机器设备或精密仪器的影响。

1 小型发电机简介

12000-DE 柴油发电机是一直列型发电机, 所用的发动机是意大利的双缸四冲程 RD210 柴油机。发电机主要技术参数如表 1。

2 隔振器的设计与选用

2.1 隔振器设计与选用步骤

(1) 首先分析振源。确定振源的类型、性质、以及振幅、速度、加速度、频率、方向等各项振动参数。

(2) 了解设备和环境对振动的要求。了解精密仪器、仪表等设备在受干扰时的振幅应控制在什么范围内等。

收稿日期: 2012-03-27

作者简介: 皮连根(1975-), 男, 硕士, 主要研究方向为车辆动力系统, E-mail: piliangen@126.com。

(3) 确定被隔振设备及其安装台座的尺寸、重量、重心和中心主惯轴的位置，计算其质量和惯性矩，注意重心位置应尽可能低，必要时可加大台座的重量使重心位置降低。

(4) 计算隔振器的固有频率 ω_n 。若震荡不是单一的简谐振动，则 ω_n 应取激振频谱的最低分量；对多自由度隔振系统， ω_n 应取分量为系统的最高固有频率的 2.5~5 倍。

(5) 根据求得的隔振器的固有频率，估算主要方向上的刚度，初步决定隔振器的类型、数目和布置形式。

(6) 隔振器的阻尼取决于通过共振时对振幅的限制要求，若隔振器本身阻尼太小，则应加装阻尼器。

(7) 估算隔振器的振幅、隔振效率。当隔振器的布置形式基本上能使系统振动形式为非偶合时，则可用单自由度振动系统估算。

表 1 12000-DE 柴油发电机技术参数	
输出额定功率/kW	12
功率因数	0.8
输出额定电压/V	230/400
频率/Hz	50
净重/kg	181(去除油箱，控制面板及覆盖件)
噪音水平/dB	85(在 7 米处)
额定转速/(r·min ⁻¹)	3 000
冷却方式	风冷
启动方式	12 V 电启动
燃油压缩比	19:1
周期	四冲程
最大扭矩/(N·m)	49(2 600 (r·min ⁻¹))
气缸数	2

2.2 隔振器的设计与选用

在工程运用中，为了实际的需要，可以把对象看成一整体，即刚体结构。对发电机进行简化，做为一个振源来考虑，从而不用涉及发电机各个部件的振动。根据 12000-DE 柴油发电机的基本结构进行简化，既能够满足工程上的需要，也能基本符合发电机的振动特性。为此，发电机振动控制的研究就可以简化成对一 Mass-Spring-Dashpot 机械系统的研究。基本公式如下：

$$m \ddot{y}(t) + c \dot{y}(t) + ky(t) = u(t)$$

其中： m 为发电机的质量； c 为减振器的阻尼系数； k 为减振器的刚度； $u(t)$ 为激振力； $y(t)$ 为激振响应，mm。

12000-DE 柴油发电机激振力基振频率为：

$$f_0 = \frac{3000}{60} \times 2 = 100 \text{ Hz}$$

12000-DE 柴油发电机的重心位置如图 1 所示。

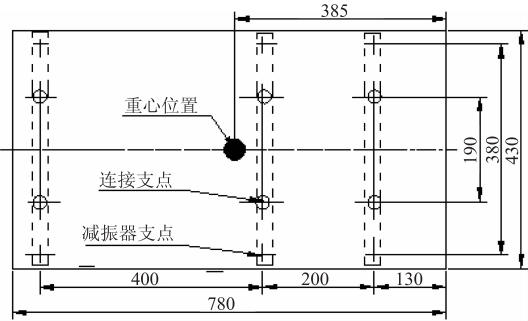


图 1 12000-DE 发电机重心位置图

由图 1 可知，若以四个点为支点，各支点的受力有比较大的不同，这样对减振器的设计和选择带来一定困难；若以六个支撑点工作，计算得六个点的受力相差无几，在工程上可以接受。

根据 12000-DE 柴油发电机技术参数、重心位置，确立隔振器的相应静载荷，计算发电机的基振频率，确定所选隔振器的固有频率。并根据结果选择了三种类型的减振器，分别为空气弹簧 PS073-64，金属弹簧 ZT-40 和橡胶 JZ-30 支柱隔振器(图 2)。三种减振器的具体参数如表 2。

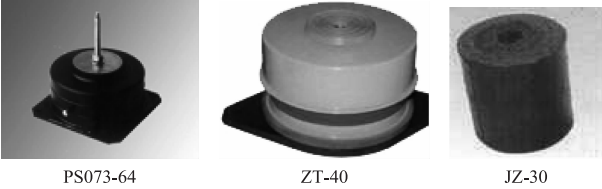


图 2 隔振器示意图

表 2 隔振器性能参数

类型	PS073-64	ZT-40	JZ-30
公称负荷/N	111 ~ 450	270 ~ 540	120 ~ 360
动刚度/(kg·cm ⁻¹)	随充气气压而变化	26	434
固有频率/Hz	< 3	4	19
阻尼比	随充气气压而变化	0.77	0.12

3 隔振实现与测试

3.1 隔振系统中控制振动的三个基本因素

刚度：弹簧或隔振器的刚度越大，隔振效果越差，反之就越好。

质量：被隔离物体的质量 M 使支承系统保持相对静止，物体质量越大，在确定的振动力作用下物体振动越小。

阻尼：隔振系统的支承阻尼有以下作用：在共

振区减少共振峰，抑制共振振幅；减弱高频区物体的振动；在隔振区为系统提供一个使弹簧短路的附加连接，从而提高了支承的刚度，使传递率增大。因此，阻尼的作用有利也有弊。

3.2 积极隔振中的假定

- (1) 隔振基础的质量中心与隔振器刚度中心在同一铅垂线上，隔振器的布置应对称于隔振基础的质量中心；
- (2) 隔振基础为刚体；
- (3) 隔振器尺寸较基础小，计算时它的质量可以不计。

3.3 测试硬件和软件的选择

结合测试的精确度和测试要求并考虑经济性，选择了 Lance 公司生产的 Lc0105 传感器(三个，同时测试空间的三个方向)、Lc0201 调理器(八通道)、数据采集转换卡 DAQP-12，分析软件用 DASYLab5.6。

3.4 测试原理图

测试原理如图 3 所示。

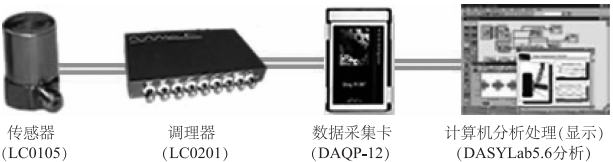


图 3 测试系统原理图

LC0105 压电加速度传感器是内装微型 IC-集成电路放大器的压电加速度传感器，它将传统的压电加速度传感器与电荷放大器集于一体，能直接与记录和显示仪器连接，简化了测试系统，提高了测试精度和可靠性。其灵敏度 $25\text{ (mV}\cdot\text{g}^{-1}\text{)}$ ，量程为 20 g ，测量范围 $0.35\sim6\,000\text{ Hz}$ ，分辨率为 $0.000\,08\text{ g}$ 。其突出特点如下：低阻抗输出，抗干扰，噪声小；性价比高，安装方便，尤其适于多点测量；稳定可靠、抗潮湿、抗粉尘、抗有害气体。

LC0201 信号调理器除供给内装 IC 压电加速度传感器激励电源外，还具有偏置电压调零，增益，高、低通滤波，灵敏度适调，双积分等功能；抗干扰性强，噪声小，精度高，价格低；八通道，下限频率为 0.01 Hz ，上限频率为 30 kHz ，精度 0.5% ，增益为 1 。

数采集卡是用 DAQP-12/12H 十二位输入，PC-MCIA 总线数据采集，采样频率为 100 kHz 。

3.5 测试步骤

先安装测试软件，连接调理器和传感器线路，插好数据采集卡，保证电源和信号的畅通；运行软件，选择其中相应的配套硬件设置，建立测试工作

模型；传感器正确可靠地安放在被测点的位置，待调理预热后即可开机测量。测试后储存数据，供分析处理与试验数据对比。

由于发电机的底架是采用 18 号槽钢焊合而成，刚性好，重量大，故可以把它看成一刚性体来考虑，即在底架的任何位置的振动基本相同，可以取一点作为试验点。

3.6 测试结果分析与比较

对三种不同隔振器，在不同位置进行测试，并对其做快速傅立叶变换，得到各自的加速度，分别比较如下。

(1) 垂直方向各隔振器作用后的振动特性如图 4~7 所示。

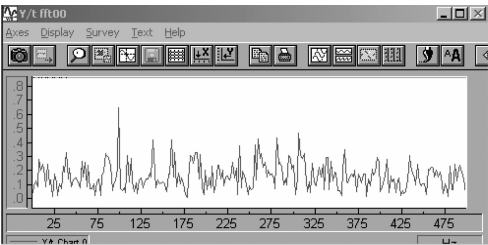


图 4 没经过隔振措施的自由振动

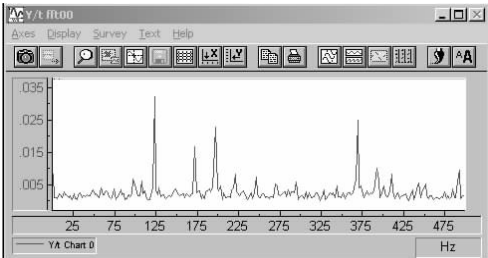


图 5 PS073-64 充气垫铁隔振器的振动特性

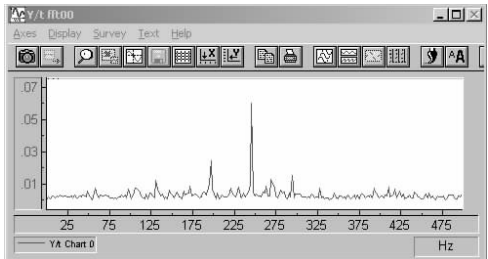


图 6 ZT-40 隔振器的振动特性

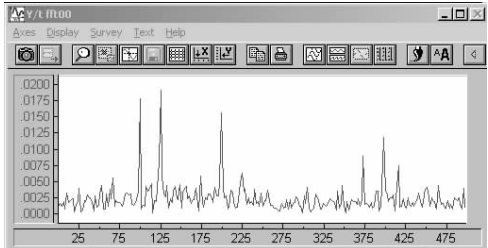


图 7 JZ-30 隔振器的振动特性

(2) 水平横向各隔振器的作用后的振动特性如图 8~11 所示。

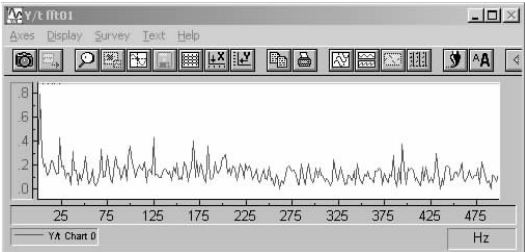


图 8 没经过隔振措施的自由振动

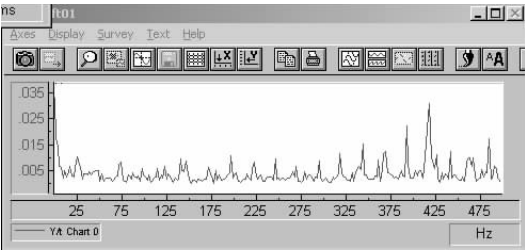


图 9 PS073-64 充气垫铁隔振器的振动特性

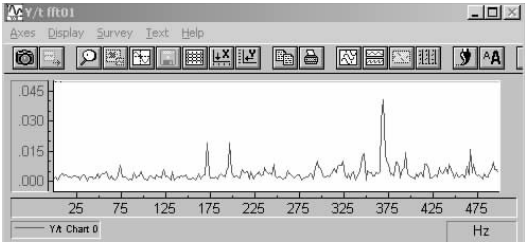


图 10 ZT-40 隔振器的振动特性

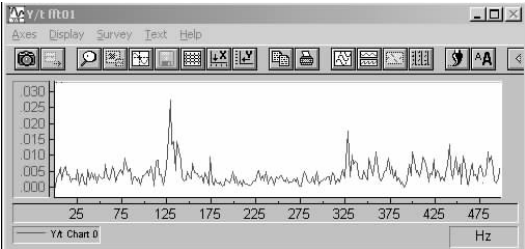


图 11 JZ-30 隔振器的振动特性

(3) 水平纵向各隔振器的作用后的振动特性如图 12~15 所示。

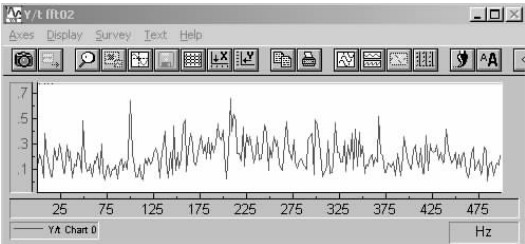


图 12 没经过隔振措施的自由振

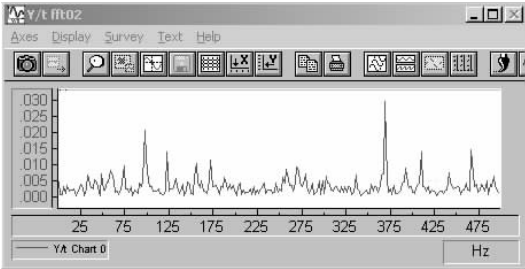


图 13 PS073-64 充气垫铁隔振器的振动特性

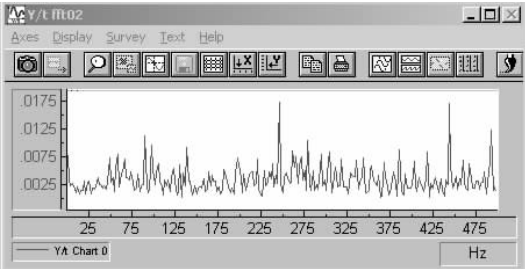


图 14 ZT-40 隔振器的振动特性

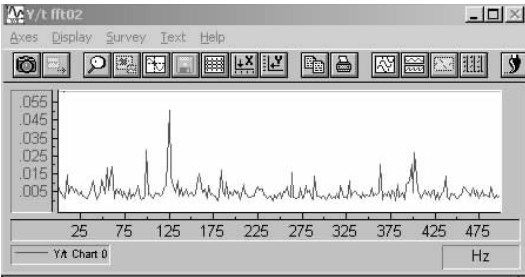


图 15 JZ-30 隔振器的振动特性

考虑到发电机的基振频率为 100 Hz，所以更加关注 100、125、200、400 Hz 等倍频的振动情况，测量并计算出不同减振方法各自的最大加速度和相应的振幅。结果比较如表 3 所示。

表 3 不同减振方法不同方向的振幅

单位：mm				
减振方法	自由振动	PS073-64 充气垫铁	ZT-40 弹簧减振器	JZ-30 橡胶减振器 (自行设计)
垂直方向	0.08	0.002 6	0.001 2	0.002 2
水平横向	0.80	0.001 4	0.010 0	0.002 5
水平纵向	0.83	0.002 5	0.003 0	0.003 0

4 分析与讨论

这三种类型的隔振器在其相应的隔振方式和安装条件等措施下都有很好的减振效果，计算得到的加速度均不足原来的 1/10，振幅均在 0.003 mm 以下(原始的自由振动在 0.080 mm 左右)。

PS073-64 隔振器的固有频率小于 3 Hz，ZT-40 的固有频率小于 3~5 Hz，阻尼比为 0.77，JZ-30

的固有频率为 19 Hz，阻尼比为 0.12，实际计算发电机的基振频率为 50 Hz。

然而，试验中发现，PS073-64 隔振器耐用性不好，运行寿命比较短；ZT-40 隔振器工作时，机体的运动很不稳定，摆动大；而 JZ-30 隔振器的工作稳定，隔振效果明显，可靠性系数高，而且安装方便，成本较低，是 12000-DE 发电机较为理想的隔振器。

参考文献

[1] 盛美萍,王敏庆,孙进才. 噪声与振动控制技术基础[M]. 北京:科学出版社,2003.

[2] 孙家麒,战嘉恺. 振动危害和控制技术[M]. 石家庄:河北科技出版社,1991.

[3] 应怀樵. 现代振动与噪声技术[M]. 北京:航空工业出版社,2002.

[4] 张云侠. 3100QB 柴油机机体结构静力与模态 CAE 分析[D]. 昆明:昆明理工大学,2002.

[5] 屈维德,唐恒龄. 机械振动手册[M]. 北京:机械工业出版社,2000.

[6] GB14097-1999. 中小功率柴油机噪声限值[S].

(上接第 17 页)

参考文献

[1] 周兴利,于世涛. 电子油门故障自诊断策略及标定方法研究[J]. 车用发动机,2006(2):29-33.

[2] 魏春源. 汽车电气与电子[M]. 北京:北京理工大学出版社,2004.

[3] 王俊席,杨林,肖文雍,等. GD-1 燃油喷射系统喷油参数对发动机性能的影响[J]. 内燃机工程,2004,25(2):28-31.

[4] 杨林,郭海涛,冒晓建,等. 柴油机高压共轨电控系统喷油器电磁系统仿真研究[J]. 内燃机工程,2005,26

(1):6-10.

[5] 王俊席,杨林. 基于实时操作系统的发动机控制软件开发平台设计[J]. 农业机械学报,2006,37(9):36-39.

[6] 薛定宇,陈阳泉. 基于 MATLAB /Simulink 的系统仿真技术与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[7] 姚俊,马松辉. Simulink 建模与仿真[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.

[8] 祝轲卿,徐权奎. 自动代码生成工具在电控制柴油机喷油系统控制软件开发中的应用[J]. 内燃机,2006(5):12-15.

《柴油机》杂志广告价目表

版位	尺寸	颜色	定价
封面	205 × 226（去刊头）	彩色	8000 元/版
封二	210 × 297	彩色	6000 元/版
封三	210 × 297	彩色	4000 元/版
封底	210 × 248（去条形码）	彩色	5000 元/版
首插页	210 × 297	彩色	5000 元/版
插页	210 × 297	彩色	4000 元/版

注：《柴油机》杂志为双月刊，单月月底出版，全年 6 期。连续刊登 3 期及以上，可享 90% 的折扣；连续刊登 6 期及以上，可享 80% 的折扣。

联系人：高荃，夏斐

电话：021-31310201，021-31310204

2013 年广告开始征订，欢迎各界惠登广告，特殊要求可协商！