

故障诊断技术和MVC-2M舰用振动烈度监控仪

翁维熊 刘金元 郭雪英 徐祖康 赵琦文 (哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔提要〕 本文对机械设备振动诊断技术的意义和作用做了简要介绍。并着重介绍了MVC-2M系列振动烈度监控仪的特点和原理。

关键词 振动 故障诊断 故障监视系统

一、前 言

设备诊断技术是世界七十年代以来随同电子测量技术、信号处理技术以及计算机技术的发展逐渐形成的一门多科性综合技术。其特点,主要是在设备运行中或基本不拆卸的情况下根据设备的运行现状,判定故障存在与否及其产生的部位,并预测预报该设备的状态趋势。

当今世界的工业生产普遍迅速向大型化、连续化、高速化、强载化、系统化和自动化高度现代化方向发展。工业生产的规模越来越大,生产系统功能越来越多,机械性能指标越来越高,设备组成与结构也越来越复杂。这样,一旦机械设备发生故障,将会造成严重后果。许多技术先进国家的工业实践证明,就机械设备的工作性能而言,并非每一次单纯以时间周期为基础的计画检修都是必需的。据美国设备维修专家估计,美国每年约有1/3维修费用(约800亿美元)是属浪费性质的,是由于不恰当的维修方法(包括缺乏正确的状态监视和诊断技术)所造成的^[1]。这一巨大浪费促使人们去探索一种比计画检修制度更科学更有效的维修体制,从而导致了以采用一系列先进的状态监测仪器为基础,以设备实际状态为依据的状态监测维修体制的诞生。

二、振动诊断技术在设备诊断领域的显要作用

由于对发动机及机械设备振动值的限制可以保证其使用寿命,任何早期的机械故障又可以通过振动值的骤增表现出来,加之振动诊断技术在对被诊断系统的信号采集、数据处理和故障识别中所显示的简便可靠性,以及特别适用于不停机在线监测和诊断报警等特点,所以,在国内外的机械工程技术中,常将振动测量及分析技术作为对机械设备进行故障诊断的一个有力工具。另外,据统计,在运动机械中因振动而产生的机械故障约占整个故障率的60%以上。因此,振动诊断技术实质上已成为机械设备故障诊断技术的主要组成部份。

工程实例证明, 机器运行时其振动值的骤增意味着将会导致恶性事故这个结论的正确性, 同时也表明了振动参数变化相对于机器故障的“灵敏度”也远高于温度、压力等参数的变化量。例如, “宜昌”轮柴油发电机组的毁机事故就是在温度压力等参数正常, 唯独振动值有异常变化的情况下发生的; 大同电厂的 200MW 机组也是在先出现强烈振动后再发生毁机事故的。相反, 某年产 52 万吨尿素的大型透平压缩机则根据其异常振动讯号的诊断分析结果实施了紧急停机, 而避免了另一个毁机事故^[2, 3]。由此可见, 在机械设备上配置振动监测系统, 或配置以振动为主同时辅之以关键特征点上的温度压力等其他参数的监测系统, 实质上已成了机器设备在技术上更新换代的重要标志之一。

三、关于振动烈度

众所周知, 绝大多数机器设备在运行时均可视为受多源激励的多自由度系统, 其运动方程为^[4]

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = \{F\} \quad (1)$$

根据振动理论中的线性叠加原理, 这个系统的振动响应呈非谐振动形式。对稳态振动(周期的和随机的)来说, 其所要测定的最重要的量是有效值, 因为它与振动的能量有关^[5]。鉴于振动能量的过度积累被认为是机械设备导致振动疲劳破坏的重要原因。因此, 目前许多以振动参数来评定机器优劣的国际标准均采用了振动烈度这一特征参量, 如 ISO2732, ISO3945 等。

振动烈度的数学表达式为:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{t+T} V^2(t) dt} \quad (2)$$

其中 $V(t)$ 为物体振动速度的时间历程。

近几年, 国内也陆续颁布了采用振动烈度作为特征参量的国家标准, 如 JB4057—85 “汽轮机组的机械振动标准” 和 GB—6075—85 “制定机器振动标准的基础” 等。

四、MVC—2M 系列振动烈度监控仪

1. 仪器简介

MVC—2M 舰用振动烈度监测仪系应海军要求为保证我国舰用燃气轮机动力装置在舰艇航行时的安全航行而设计^[6]。目前已完成 MVC—2M (舰用型)、MVC—2 (多通道民用型) 和 MVC—2S (单通道便携式) 三种产品的研制, 并可向用户供货。其中 MVC—2M 具有最完善的测量——监控功能, 在制造工艺上严格按舰用电子设备的规范要求施工。因此, 该型仪器除供舰艇设备配套应用外, 还特别适宜用于具有腐蚀性环境的化工机械设备的振动监控。

MVC—2M 舰用振动烈度监控仪经历了原理样机研制及舰艇实航试验。多通道科研样机研制及发动机台架上 150 小时长试考验。产品样机又在上海闵行发电厂 12* 汽轮机组上进行了连续一年的稳定性考验和舰用规范试验。计量部门确认本仪器性能符合 ISO2954 对烈度测

量仪器的要求,舰用规范试验合格。中国船舶工业总工司船舶研究院于1987年3月会同海军、高校、厂所等十四个单位的专家教授组成鉴定领导小组,于该仪器进行了技术鉴定。鉴定会认为:MVC-2M舰用振动烈度监测仪的研制是成功的,填补了我国舰用动力设备振动烈度测量的空白,为我国海军舰艇动力装置的故障诊断提供了可靠的振动监测设备。

MVC-2M舰用振动烈度监测仪既可配接磁带记录仪等动态记录设备,供进一步分析处理被测振动讯号,也可配接专门设计的智能型记录打印设备。图1所示为脱机分析后所得到的上海闵行发电厂12*机组在超越一阶临界转速过程中的谱阵图。图2所示则是专为发电厂设计并与MVC-2M配接的四通道智能型打印机所提供的故障记录图,这个打印机既可定时为值班人员提供机组的振动数据,又可在故障时自动打印记录故障瞬时数据。

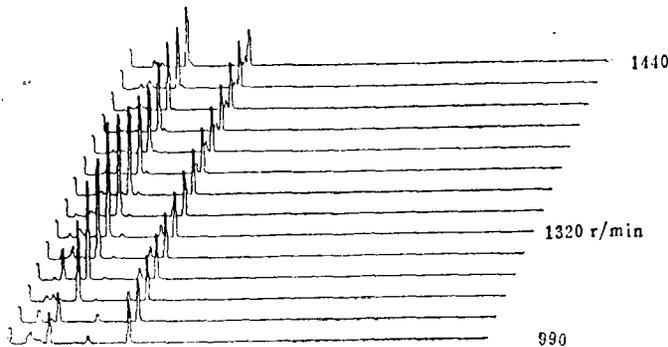


图1 闵行电厂12*机一阶临界转速谱阵图

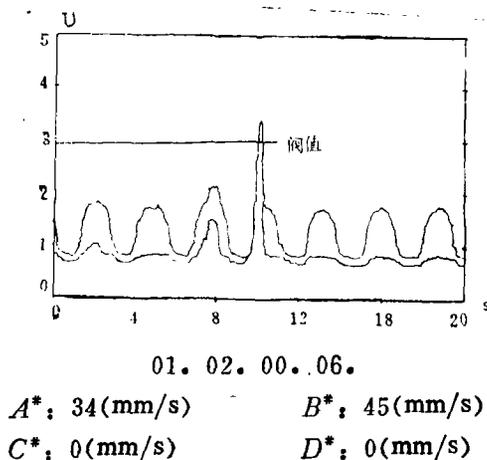


图2 智能打印机的故障记录图

2. MVC-2M舰用振动烈度监控仪的特点

与国内其他振动测量仪器相比,MVC-2M舰用振动烈度监控仪具有两个主要特点:一是仪器可直接显示振动烈度值,二是具有比较完整的监控功能。

根据ZSO3945的规定,在执行该项标准时,除了纯正弦振动响应的场合外,那种用整流输入正弦讯号来标定刻度的仪表是不能被接受的。我国国家标准《对振动烈度测量仪的要

求》中也规定符合本标准的仪器应能直接指示或记录振动速度的均方根值（注：振动速度的均方根值即振动烈度）〔7〕。MVC—2M舰用振动烈度监控仪的主要特点之一就是根据这些国内外标准要求，在仪器中设置了振动信号的均方根处理网络，以使其所显示的振动量值与采样数据之间的关系能够满足式（2）的要求，使操作人员能直接从本仪器上读取振动烈度值。在监控功能方面，MVC—2M设置了预警记录，稳态报警、瞬态报警和超限停机四阶比较完整的自动记录和报警功能。它们是集我国舰用燃气轮机的长期运行经验和国外舰用燃气轮机振动监控系统之所长而构思设计的。由于设备的振动疲劳破坏起源于振动能量的过度积累，“稳态报警”功能是要在振动超限值需连续保持一定长时间周期后才执行的，而“瞬态报警”功能要先满足稳态报警条件后才可执行。

除了直接显示振动烈度值以外，MVC—2M舰用振动烈度监控仪也可按需要增设振动位移和振动加速度值监测功能。因而本仪器可广泛适用于舰用动力装置（透平机械、柴油机）、电站汽轮机、工业汽轮机、水泵和风机等，用“振动烈度”作为评定特征参量的振动监测，也可用于以位移或加速度为评定特征参量的另一类机器设备的振动监测。

3. 电原理图

图3所示为 MVC—2M 舰用振动烈度监控仪的方框图。其中具有峰值滞留作用的峰值电路网络仅仅在测量位移时起作用。

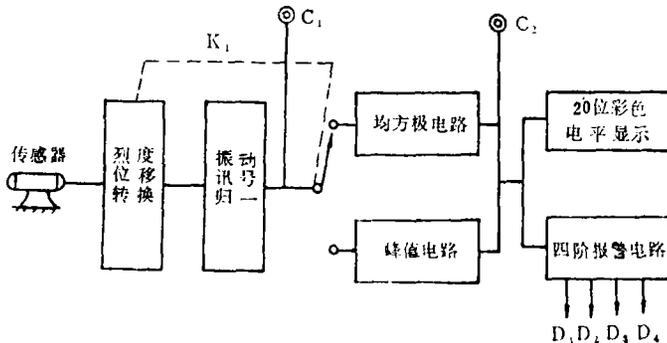


图 3 MVC—2M 舰用振动烈度监控仪方框图

均方根电路是MVC—2M舰用振动烈度监控仪的关键网络，由它对所采集的振动讯号进行真有效值处理。能够实现这一功能的电路有多种形式，本仪器采用按可变平方抛物线原理设计并全部采用国产元器件制作的有源整流网络方案。图4所示是MVC—2M中真有效值电路网络的原理图。网络的输出讯号 $V_{(R,M,S)out}$ 是靠将均方根整流后积分电容（C）上的电压反馈到各级线性整流器的输出端，产生可变平方的抛物线而获得线性刻度的。

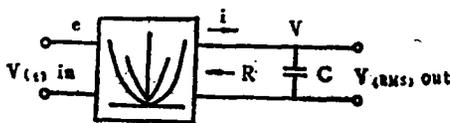


图 4 MVC—2M R,M,S网络原理图

图5所示为 MVC—2M 中真有效值电路网络的电原理图。放大后的被测振动讯号经全波整流后，流经 R_0 向电容（C）充电，并同时提高电阻 $r_1 \cdots r_n$ 节点上的电压，使 $D_1 \cdots D_n$ 顺序导通。此时， $R_0 \cdots R_n$ 即为电容（C）上的充电电阻，瞬时电压构成抛物线。抛物线的斜率随

着输入讯号 $V_{(t),in}$ 的增加而增加。 $R_0 \cdots R_n$ 的选择以形成一条抛物线为原则,如图6所示。

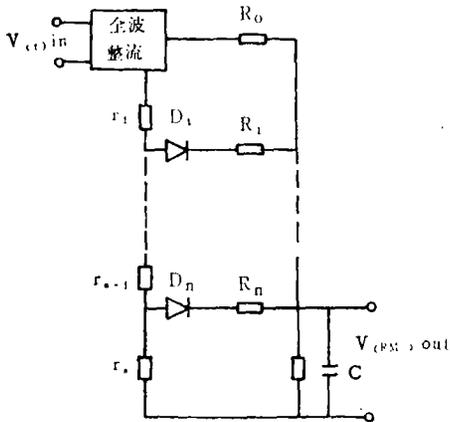


图5 MVC—2M R.M.S网络电原理图

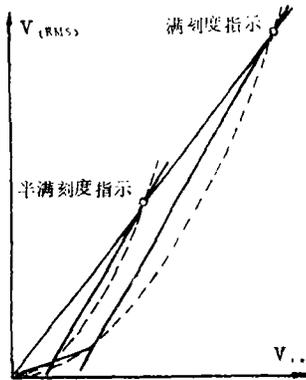


图6 可变平方抛物线——线性指示示意图

根据国家的有关标准规定〔8〕,真有效值电压指示器可以用电压波形的“峰值因素”来检验。而“峰值因素”误差即为真有效值电路网络所产生的误差。经正弦波和方波两种输入讯号均方根值比较,MVC—2M舰用振动烈度监控仪的“峰值因素”误差小于2%,足够满足工程测量的要求。

五、结 束 语

随着科学技术的发展和工程界对工程实践准确性要求的日益提高,状态监测维修制度在我国将会迅速推广实施,其基础——故障诊断技术亦将越来越显示其重要作用。鉴于振动诊断技术在整个机械设备诊断技术中所占据的极其重要的地位,因此,全部国产化的MVC—2M舰用振动烈度监控仪作为机器设备振动状态在线监测仪器之一,将作出其应有的贡献。

参 考 文 献

- 〔1〕 徐敏: 机械设备故障诊断与振动信号处理技术展望, 中国振动工程学会成立大会论文, 1987.5.
- 〔2〕 袁儒堂, 唐克峰: 故障诊断在船舶机械管理维修中的应用, CSMDT'86论文集, 1986.6.
- 〔3〕 张瑞林: 故障诊断技术的发展现状及展望, 中国振动工程学会成立大会论文, 1987.5.
- 〔4〕 汤姆逊 W.T.: 振动理论及其在应用煤炭工业出版社, 1980.
- 〔5〕 Broch J.T.: 机械振动与冲击测量, 1972.
- 〔6〕 徐祖康, 翁维熊: 舰用燃气轮机装置振动监控仪的设计, 《舰船科学技术》, 1984.No8
- 〔7〕 ISO 3945. 1977(E), Mechanical vibration of large rotation machines with speed range from 10 to 200 rev/s——Measurement and evaluation of vibration severity in situ
- 〔8〕 国家标准(草案)“对振动烈度测量仪的要求”, 2986

Isothermal Flow of Single-Phase Fluid in Parallel Tubes with Z Arrangement

Lu Huilin, Yang Lidan

(Harbin Institute of Technology)

Cheng Ren

*(Energy Saving Service Center, Fuel Department
under the State Material Bureau)*

Abstract

Based upon the laws of conservation of energy and mass, a governing equation for flows in parallel tubes with Z arrangement is derived and formulas for calculation of the pressure drops and velocities in the tubes are obtained. A characteristic structure factor featuring fluid flow in parallel tubes is proposed. Finally, the calculated results are analysed and discussed in this paper.

Key words: single-phase flow, Z type

Failure Diagnosis Techniques & MVC-2M Marine Plant Vibration Severity Monitor

Weng Weixiong, Liu Jinyuan, Guo Xueying, Xu Zukang, Zhao Qiwen

(Harbin Marine Boiler and Turbine Research Institute)

Abstract

This paper gives a brief description of the significance and role of the mechanical equipment vibration diagnosis techniques with a detailed explanation of the features and operating principle of the MVC-2M series vibration severity monitor.

Key words: vibration, failure diagnosis, failure monitoring system