

# 浅谈水轮发电机组振动摆度监测系统的应用

杨小优

(广东粤电新丰江发电有限责任公司 广东省河源市 517021)

**【摘要】** 介绍了机械振动测量目的和意义并对新丰江发电公司#4机组安装的YBJZ振动摆度监测系统作了简要的概述。重点介绍了装置的检测原理及硬件安装和软件功能应用。

**【关键词】** 振动摆度监测系统 测量目的和意义 检测原理 功能应用

**【数据库分类号】** SZ07

## 1 机组机械振动测量目的和意义

随着科学技术的发展,机械振动测量技术也有了长足的进步,并在近年来成为研究和解决工程中许多动力学问题不可缺少的手段。该技术在监测机组运行中表明:一方面,能通过各式传感器准确的测量出机组的振摆幅度、压力脉动值;另外,结合应用软件的使用能准确分析出机组振动所包含的各种信息,及时如实反映出机组运行状况。这一切,为发电公司实施机组状态检修提供了可靠的依据。本着降低企业发电成本、提高企业竞争力的思想,本公司积极引进这一技术,于2004年12月结合机组扩大性大修,在#4机安装了洲立达电子科技有限公司生产的YBJZ振动摆度监测仪。

## 2 系统概述

YBJZ系统是对水电机组机械振动状况实时监测并分析处理的一体化集成系统。它以Windows 2000操作系统和盘装工作站式高速工控机为软、硬件平台,对机组的摆度、振动、压力脉动等振动量及水头、开度、压力等背景量进行测量、分析,具备实时监测、实时分析、运行趋势记录、特况录波、事件追记、盘车计算等功能,并能通过网络端口送出监测或分析结果,是集运行监视、故障分析、维修计算于一体的完整系统(它还可以进一步自成高速网络,为远地诊断人员提供远地分析功能)。

## 3 装置的检测原理

### 3.1 摆度振动及压力脉动峰峰值检测

水电机组摆度定义为转轴旋转一周中轴在所测方向上来回摆动的峰峰值,它对应于涡流传感器信号的最大值 $U_{\max}$ 及最小值 $U_{\min}$ 之差。如欲求一周期内的摆振信号的幅值,可通过最大值 $U_{\max}$ 、最小值 $U_{\min}$ 求出。

$$U_{pp} = (U_{\max} - U_{\min}) | t_p$$

式中: $t_p$ 为轴转动一周所经历的时间。因而利用转速传感器检测出轴的转动周期 $t_p$ ,从摆振传感

器的输出数据中检测出  $U_{\max}$  及  $U_{\min}$ , 就可求出摆度与振动峰峰值。BZJ 能实时地测出每转周中轴及机架的振动值。同时, 为安全运行起见, 用户可根据理论分析及实践经验在“系统设置”菜单中设定报警门限值, 当摆振幅值超过报警给定的门限值时则发出报警信号。

### 3.2 转速检测

轴的转速是旋转机械运行时最重要的参数之一。若轴每秒的转动次数为  $f$ , 则转速  $n$  为  $n = 60f = 60/t_p$

式中:  $t_p$  为轴转动一周所需要时间。可见求出  $t_p$  即可算出转速  $n$ 。转速信号的取得, 是在转轴上钻一个小洞(直径 12 mm 左右, 深 2 mm 以上), 在小洞旋转的平面上装设一转速传感器, 当小洞转过转速涡流探头时, 将产生一高脉冲, 因此转速信号是周期为  $t_p$  的脉冲信号(如图 1a、b 所示)。利用仪器内的石英晶体产生的钟脉冲, 可以准确地测出轴的转动周期  $t_p$ 。

实际应用表明, 转速测量有比较高的准确度与稳定度。

### 3.3 振动波形的频谱分析

在国内外, 频谱分析被认为是振动信号分析的主要手段。理论研究表明: 对于一个单一的正弦波, 只有一个频率下的幅值和相位, 而一般的非正弦的周期性振动信号, 其傅立叶变换的频谱就是由若干频率分量组成的离散线谱。

对于周期振动信号, 其频谱分量具有以下特征:

- (1) 离散性。只有在基频及其整数倍频率上有值的线谱, 其他频率分量为零;
- (2) 频率为基波的整数倍, 最低的为基波, 其他频率分量称为谐波。

YBZJ 系统运用先进的频谱技术, 可以对 32 个振动量进行以下实时频谱分析:

- (1) 0.02~250 Hz 高频分析。显示频谱包络, 列出最大、次大频谱分量及其频率、相位;
- (2) 低频频谱分辨率可自行设定(但最低为  $1/N$ ,  $N$  为额定转速), 列出最大、次大频谱分量及其频率、相位。

## 4 系统结构及功能

YBZJ 一体化系统由传感器、线缆、接口箱、一体化工控机及应用软件组成。

### 4.1 传感器安装及原理框图

我公司将一体化工控机和接口箱安装在 #4 发电机非电量盘, 根据设计, 该系统共采集了 6 个摆度测点、8 个振动测点、3 个压力脉动测点和 1 个转速测点。因测点位置的确定, 要求选择摆度振动幅值最能反映机组机械工况又便于安装探头的地方, 结合实际情况, 各传感器位置确定如下:

(1) 摆度传感器: 通过固定支架安装在上导 + X、+ Y; 下导 + X、+ Y; 水导 + X、+ Y。摆度传感器采用的是非接触测量方式, 测量范围是 2 mm, 死区 0.3 mm。

(2) 振动传感器: 分为水平振动和垂直振动, 水平振动分别安装在上机架 + X、+ Y, 定子 + X、顶盖 + X、+ Y; 垂直振动上机架 + X, 定子 + X, 顶盖 + X。

(3) 脉动传感器: 安装于蜗壳进口、拐臂下方和尾水人孔处。

(4) 测速传感器: 则位于水导 + X 摆度传感器上方。

框图各部分功能分别为:

a. 传感器: 指测振传感器, 是用于将机械振动的被测物理量(速度、位移等)转变成电量。一般都是模拟信号, 是随时间  $t$  的连续函数  $x(t)$ 。

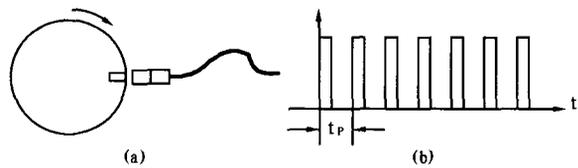


图 1 转速脉冲信号的发生及波形

b. 调理部分:是将电信号进一步阻抗变换、放大、滤波等。

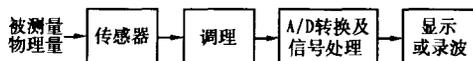


图2 传感器现场采集的数据转换框图

c. A/D及信号分析:A/D为模数转换,将模拟信号  $x(t)$  离散成数字信号  $x(n)$ ,然后将  $x(n)$  数字化为用

一定字长表示的数值形式。在模数转换过程中将信号离散化就是用计算机在等间隔时间上进行抽样,即  $t_n = nT$ 。然后数字化的信号再经进一步的数学处理,以供测量显示或分析其内在的特征值。

#### 4.2 传感器接口箱作用

传感器接口箱为传感器提供电源,同时作为信号线进入 YBZJ 的通道,其外部连线通过端子排与传感器相连。

#### 4.3 YJZF 软件功能

YJZF 软件安装于工作站中,实时监测分析机组机械振动的各种数据,并以多种方式监视系统运行情况、分析振动量并具有越限报警功能。具备以下功能,应用查询十分方便。

##### 4.3.1 测点

即现场各采集量信号定义。用户可对各测点情况进行输入及监视,具体包括摆度、振动、脉动通道的探测部位及方向、类型、单位及其峰峰值、有效值、平均值和统计值情况,背景量的名称、单位及实时测量值,开关量的名称、接点类型及其状态变化等。

##### 4.3.2 棒图

棒图以立体图的形式形象地显示摆度、振动、脉动通道的峰峰值、有效值、平均值和概率统计值及背景量的监测值、开关量的状态之间的相对关系。维护人员在此界面可清晰地看到各通道的实验值之间的关系,了解实验的进行情况。用鼠标单击标有“棒图”的页标签,即可进入“实时棒图”显示状态。

##### 4.3.3 波形

用鼠标单击标有“波形”的页标签,即可进入“波形监视”显示状态,实时显示 3 s 的实时波形,另通过界面上波形轮换按键的切换,可显示高频波形和低频波形,可对其打印、保存(长度可指定),其保存的波形可供离线分析使用。

##### 4.3.4 频谱

频谱分析都作为振动信号分析的主要手段,用于计算机进行分析的是以积分公式为基础经过某种处理后的一种快速算法,称为快速傅里叶变换 FFT。对于一个单一的正弦波,只有一个频率下的幅值和相位,而一般的非正弦的周期性振动信号,其傅里叶变换的频谱就是由若干频率分量组成的离散线谱。

频谱可显示从低频 0.02 Hz 到高频 200 Hz 之间的频谱,我们维护人员从中既可看到机组转频信息,也可从低频了解水力涡带对于机组的影响,还可从高频分析电气因素对于机组的影响。用鼠标点中标有“频谱”的页标签,即可进入“频谱”显示状态。

##### 4.3.5 轴振动的轴轨迹及轴姿态描述

当水轮发电机组轴系不平衡,其重心不在轴的中心而有所偏离时,轴转动时便产生离心力而导致轴在旋转时在径向上产生振动。装于轴承盖 X 及 Y 方向的涡流传感器,收集了轴在 X 及 Y 方向的振动信号,它们反映了轴在这两方向轴摆度的大小及规律。因为一个方向的信息不能全面反映轴的空间摆动方位,综合利用 X 及 Y 方向的轴摆动的信号,来描述轴转动时的空间运动情况,这就是轴轨迹法。

当轴振动信号中含有不同频率分量时,则描述的轨迹曲线很复杂。轴心轨迹是研究轴运动的

重要手段,可了解到轴的转动是否平稳,轴在旋转运动时其位置是否偏离几何中心?是否严重到和轴承发生了碰摩?这些偏离是什么原因造成的等等,都能由轴心轨迹分析出来。用鼠标点中标有“姿态”的页标签,即可进入“姿态分析”状态,维护人员可很清楚地看到#4水轮机大轴的运动姿态、动平衡姿态、动平衡矢量和轴心轨迹,对机组的动平衡分析可得出非常直观的结论。

#### 4.3.6 报告

机组档案记录机组的详细信息。当机组信息变化时,用户可编辑信息使之符合实际情况。试验记录反映每次开关量状态改变及背景量变化时的时间及状态。系统报告记录系统每次自检时的信息,让用户对系统运行状态有一个清楚的了解。用鼠标点中标有“报告”的页标签,即可进入“报告信息”状态。

#### 4.3.7 报警功能

根据有关规程给机组摆度、振动值设定了越限报警信号,并上送至#4机监控系统,实现了远方监视,提高了机组运行的安全性。

### 5 结束语

2005年1月20日该套装置正式投入运行,至今已近1年,总体情况良好。数据存储、查询方便、快捷,为#4机组的运行监视提供了大量准确原始的技术数据,进一步提高了我发电公司生产设备技术含量,为机组设备实行“状态检修”提供了可信的技术依据。

---

杨小优 男,助理工程师,从事水电厂电气自动化检修工作。

---

(上接第60页)

### 7 结语

目前水情自动测报领域所采用的卫星系统多种多样,卫星设备型号也很丰富,各个系统都有其独特的优势和特点,同时也存在着不同程度的缺陷。

随着光纤容量更大价格更低,卫星通信面临巨大的挑战。卫星电路作为长途传输干线电路的作用已越来越小,卫星通信在国内传输干线上的应用将呈下降趋势,只是一种补充的手段。但由于水情自动测报系统遥测站多在无地面通信设施或建立地面通信设施不经济的地区,因此是发展卫星通信业务的主要市场。又由于现代卫星通信多向宽带多媒体通信业务发展,因此在水情自动测报领域有更大的发展。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部.水文自动测报系统技术规范 SL61-2003.
- [2] 国家电力公司.水电厂水情自动测报系统实用化要求及验收细则(试行).
- [3] 中华人民共和国电力工业部.水利水电工程水情自动测报系统设计规定. DL/T 5051-1996.
- [4] 国家电力公司.水调自动化系统九五规划纲要.

---

蔺杰 男,工程师,从事水电厂自动化工作。