

水轮发电机组振动在线监测系统 设计选型及维护

吴长利 王辉斌 湖南省电力试验研究所 (湖南长沙 410007)

摘 要 近几年来,随着计算机的广泛应用,水电厂状态检修工作得到大力发展。水轮发电机组振动在线监测系统是状态检修得以开展的基础和根本保障,鉴于当前振动在线监测系统在水电厂的种种状况,着重从水轮发电机组的振动规律出发,阐述了振动在线监测系统的设计选型和维护的一般性原则。

关键词 振动在线监测 振动 摆度 水压脉动 分辨率 非线性偏差

0 引 言

长期以来,国内水电厂对机组的检修多采用预防性检修,即到期必修、修必修好的原则,这种检修制度不以设备的运行状态作为依据,而以处理缺陷为原则。随着科学技术的发展,特别是计算机的广泛应用,水轮发电机组的状态检修,即专家故障诊断技术得到了越来越多的重视和研究。水轮发电机组的状态检修是基于对机组各种状态监测的基础上,科学安排检修计划、合理调配人力物力资源,最大限度的发挥机组的潜力。

而具有分析功能的振动在线监测系统是水电厂开展状态检修工作必不可少的基础。为保证水电机组经济可靠地运行,必须及时准确地评价机组的技术状况。在部件出现故障的初始阶段就能查出并监视其发展,不仅可以减少强迫停运率、防止设备损坏事故,而且可使检修与维护的工作更具有针对性。

1 当前的状况

目前有很多水电厂尝试性投运了振动在线监测装置,但由于在设计、选型以及维护上存在种种问题,该装置并没有得到充分的利用,主要问题是:

- a. 传感器选型不当,测试结果误差较大;
- b. 测点位置布置不当,不能反映机组振动的实际情况;
- c. 软件设计欠佳,分析结果失真;
- d. 维护工作人员欠缺必要的理论知识,不能保证系统长期可靠性和准确性等等。

本文参考有关规程规定并结合现场测试中的经验,就振动在线监测系统的设计选型及其维护的原则作一些介绍。

2 振动在线监测的基本功能

为满足监视机组技术状况和故障分析、状况评价的要求,水电机组振动在线监测的设置应具有如下功能:

- a. 具有基本量的测量功能,轴振动(摆度)、机架或轴承体绝对振动测量;水压脉动测量;转速测量及振动相位测量;
- b. 超限报警功能(一般应有两级报警);
- c. 具有基本的波形采集功能,并具有对监测量的时域分析、频谱分析、相位分析、轴心轨迹分析功能;
- d. 具有特殊工况情况下的瞬态过程记录及波形记录功能;
- e. 机组功率(或导叶开度)、水头信号的输入与自动记录;
- f. 考虑电厂的现代化管理和信息资源共享,必须具有通讯功能,如同 MIS 系统、计算机监控及远程工作站进行通讯。

为实现上述功能,振动在线监测系统应由测量部分、系统内信息传递和计算机处理、分析部分组成。

3 振动在线监测的测点的确定

虽说水电厂机组的结构形式多种多样,振动

在线监测的测点布置可遵循如下的原则:

a. 一般来说, 导轴承处需设2个(互成90度角)传感器, 进行相对值的测量及轴心轨迹的计算;

b. 对装有导轴承的支架(包括水轮机顶盖)设置一个水平绝对值测量的传感器, 也可根据机组情况考虑监测轴承体的水平绝对振动;

c. 对承重机架设置一个垂直绝对振动传感器;

d. 对于较大容量机组(100 MW以上)或根据需要, 应监测水轮机顶盖的垂直绝对振动及发电机定子机座垂直、水平的绝对振动。顶盖过大的振动将威胁水导轴承和导水机构的安全运行。定子机座的垂直振动对分析定子铁芯压紧状况有着重要的作用, 同时亦能反映出定子机座基础固定的状况。

由于水轮发电机组被监测的构件一般比较大, 各处的振动值有一定的差别, 所以最好的方法是在设计测点布置方案前, 应事先在机组上专门做几次振动试验, 目的是:

a. 根据电厂的实际需要和机组的振动实际情况, 在确保能够反映机组的振动的前提下尽量考虑到经济实用, 再确定机组的振动测点;

b. 根据不同测点的实际振动特性选用相应的频率和幅值特性的传感器;

c. 对每个监测点都按振动频谱确定其临界振动状况。

4 振动报警值的设置

振动在线监测装置的一个基本功能就是实时监测机组的振动是否超过允许的上限, 以提醒运行人员及时避开振动区运行或通知维护人员查找故障。那么如何设置报警值的大小呢?《水轮发电机组安装技术规范》(GB8564—88)中, 就振动的允许值给了一个明确的规定, 一般可按此要求设置。这里值得注意的是: a. 该允许值是混频下的峰—峰值, 不涉及振动的频率; b. 该振动允许值是指在正常工况下的测量值。

对于有些机组, 可能会有这样的情况: 在大部分负荷范围内, 机组的振动值可能会超过规程规范中的允许值, 一般情况下又不能停机或不可能避开运行, 那么最好设置二级报警值。二级报警值的确定除简单地适当放大允许值外, 较科学的方法是根据机组各测点可能出现的频率下的振动允许值设置。振动频率越高, 允许的幅值就越小。设置二级报警值的意义在于提示运行人员在这种状况下运行, 将可能发生事故。

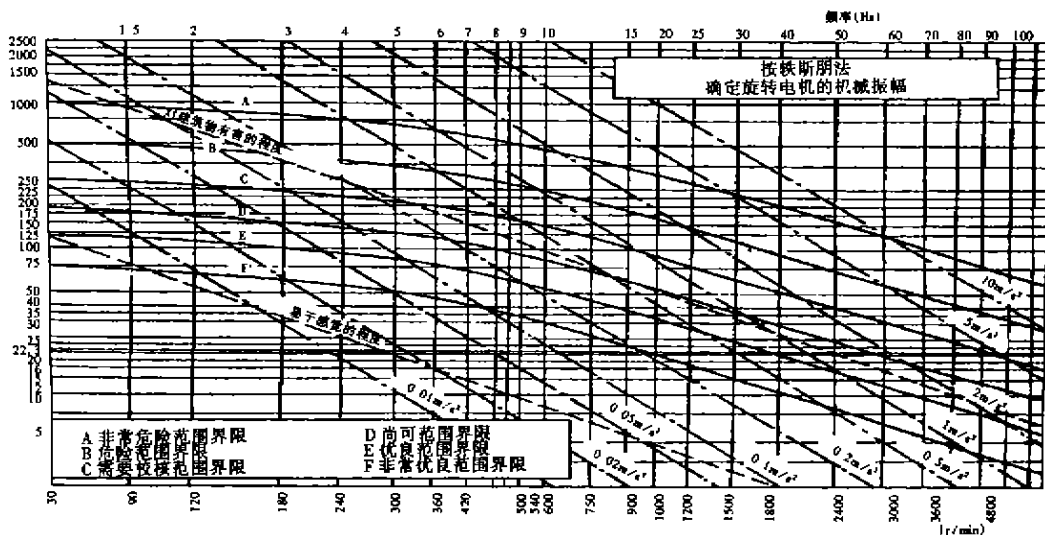


图1 法国机组振动评价曲线

图1和图2分别为“法国和德国机组振动评价曲线”和“VDI—2056”中用于现场大型转动机械固定支持部件振动的测量和评价的标准。图3为“VDI—2059”标准对导轴承过渡过程中的振动评价

标准, 其中A表示所有带负荷运行(暴露率100%), B表示短时间过渡过程(暴露率1%~0.1%), C表示有的运行状态(暴露率十万分之一)。

电厂在设置报警值时可参考。

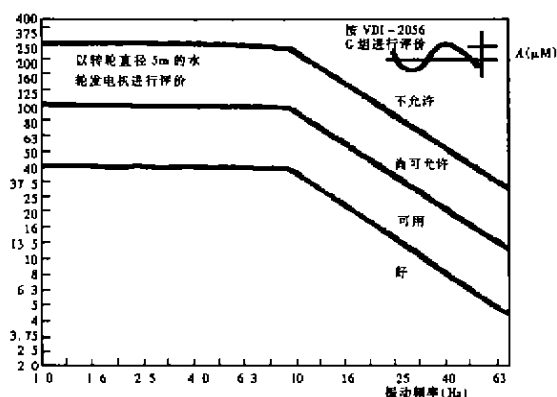


图 2 德国 VDI—2056 对振动的评价标准

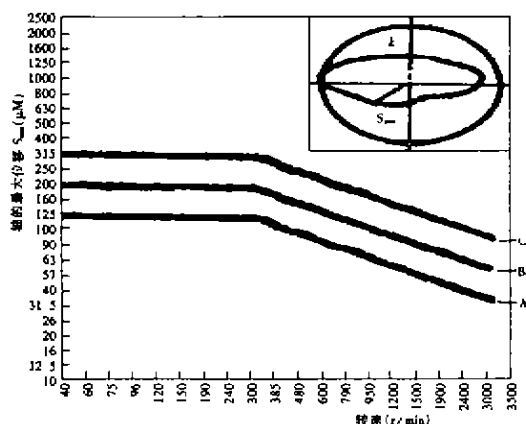


图 3 德国 VDI—2059 导轴承处相对轴振动极限值

5 传感器的选型及安装

根据有关对振动及水压脉动测量的规定及现场振动测试的经验, 振动在线监测装置测量部分的选型和安装应注意以下方面内容:

5.1 振动(位移)传感器选型及其系统要求

5.1.1 传感器选型

在选择测量方法时, 必须考虑所测量振动脉动的上、下限频率范围, 振动量的频率范围可根据公式估计:

下限频率: $f_L = 0.1 f_n$;

上限频率: 水斗式水轮机: $f_h = Z_1 \cdot (2\pi/\alpha) \cdot f_n$ (当喷嘴非对称时, α 为喷嘴轴线间的最小角度(弧度); 当 $Z_0 = 1$ 时, $\alpha = 2\pi$); 其他型式的水轮机: $f_h = \max\{Z_0 \cdot Z_1 \cdot f_n, Sh(V_m/\delta)\}$

式中 Z_n 为机组导叶数; Sh 为斯特哈罗数, 作为一

阶近似, 可取 0.2; Z_1 为水轮机轮叶数; f_n 为机组转频; V_m 为水轮机叶片出口边水流的相对流速; δ 为水轮机叶片出口边的厚度

对于暂态过程的测试, 所有的传感器的固有周期应小于输入脉冲的历程(脉冲历程与传感器的固有周期之比应达 5:1)。

5.1.2 系统的整体性能要求

分辨率对于振动位移应达 $10 \mu\text{m}$ 。在传感器的频响范围内, 频率—幅值响应非线性偏差应小于 $\pm 1.5 \text{ dB}$ (当达不到此要求时, 可允许非线性偏差为 $\pm 3 \text{ dB}$), 否则, 在测量或数据处理中应根据测量系统的实际频率响应进行修正。

测量仪器包括各种前置器、放大器、滤波器等, 它们的频率范围也应覆盖被测信号的有用频率范围。测量系统包括各种传感器、测量仪器、信号记录及分析系统等, 为适应测量信号的动态变化范围, 测量系统的动态范围应足够大。为便于进行振动分析, 建议测量系统配置适当的多档低通滤波器。

5.2 水压传感器的选型及其系统性能要求

5.2.1 传感器选型

传感器的频率范围估算可根据 5.1 条中进行。压力传感器的工作压力应能满足被测流道中可能出现的最高压力或负压。如装于钢管和蜗壳的传感器应能承受最高水头和最大水锤压力之和而不改变其灵敏度及其固有频率, 装于尾水管的传感器则能在负压状态下正常工作。

传感器的性能应满足如下要求:

- 传感器的线性频率范围应能覆盖信号的有用频率范围;
- 传感器和测量系统的整体分辨率一般应达到 1 kPa (或 0.1 m 水柱)。
- 传感器的幅值—频率响应非线性度偏差应不超过满量程的 $\pm 1\%$ 。

5.2.2 系统的整体性能要求

测量仪器的工作频率范围应能覆盖被测信号的有用频率范围, 应具有信号调零回路。当传感器的实际工作压力较高而脉动压力幅值较小时, 为满足压力脉动测量灵敏度要求, 又不使测量系统过载, 此时可用调零回路消除由工作压力产生的直流信号。

5.3 传感器的安装

振动传感器的安装位置应尽量靠近旋转中心;

(下转第 25 页)

频各 4 块。4067 的四位地址端与 8255A 口的低四位相连, 8255 的 PA_4 , PA_5 分别与一单八路模拟开关 4051 的两低位地址相连, 另一地址端接地, 低四位输出分别控制一 4067 的 INH 端, 从而实现 64 路音、视频切换。

2.6 报警电路

它包括报警输入编码电路和报警输出电路。报警编码电路为优先编码, 低位地址优先, 由多块编码器同反向缓冲器和一些与或非门电路组成。编码器输出 6 路二进制码, 分别与 8031 的 P_1 口的低六位相连。6 路二进制码信号通过与非门与 8031 的 $\overline{INT}$ 相连, 发出中断申请, 使其转向相应的处理程序, 使监视器显示报警点的图像, 以便用户观察该点发生的情况; 同时, 从 8031 的 P_1 位输出高电平, 通过 555 定时器驱动扬声器发出报警信号, 并打开录像机, 记录下报警点的情况。

2.7 解码器

解码器电路如图 2 所示, 主要通过解码集成块

5027 和 4/16 译码器 4514 来完成。从控制器发出的控制信号与 5027 的输入端相连, 其地址端入为将其编码, 四位数据输出端与 4514 的四位地址端相连。4514 的 16 路输出分别控制一继电器, 以实现对于云台和摄像机的各种操作。

3 结束语

我厂两炉一机工业电视监控系统运行实践经验证明, 该控制系统操作方便, 性能稳定, 安全可靠, 便于运行人员及时准确监控现场设备, 取得了明显的经济效益。该系统在应用中要注意以下问题: a. 由于系统集成化程度高, 所以应采用抗干扰能力强的屏蔽电缆, 并杜绝电缆两端接地, 以防电位差影响视频信号。b. 集成块老化损坏会影响地址编码和控制信号, 应选用进口优质产品。另外, 结合我厂实际生产需要, 该系统没有配备录像机。

(收稿日期: 2001-04-29)

(上接第 17 页)

轴振动传感器(电涡流传感器)的支架应保证有足够的刚度, 支架的固有频率远大于振动的最大被测信号频率; 水压传感器的安装应与流道内壁平齐, 注意避免连接管的共振及阻尼的影响, 尽量减少传感器对机械冲击的灵敏度, 避免连接管的次生振荡。测量管中的空气应排除干净。传感器应安装在机组的高压侧流道相应的位置; 尾水管锥段距进口为 L 的 $-Y$ 方向上(对于轴流式及斜流式水轮机, L 可取 $0.7 \sim 0.8 D_s$; 对于混流式水轮机, L 可取 $0.4 \sim 0.5 D_s$, D_s 为尾水管进口直径)。

6 系统的维护

由于传感器的性能具有时间效应, 即随使用时间的延长, 传感器的性能有所变化。对安装于现场的传感器, 由于现场环境比较恶劣, 特别是在检修机组时, 频繁的拆装传感器, 会对传感器的性能造成影响, 因此定期对其性能进行检查, 对保证振动监测仪的测量准确性是非常必要的。一般要求对装于现场的传感器每年要标定一次。如时间和条件允许, 最好将传感器、传输线、放大器、采集仪进行整体标定。

7 结束语

当前正值状态检修工作在各水电厂大力开展, 作为重要的组成部分——振动在线监测系统也得到广泛的应用。总结过去种种的经验教训, 我们发现只有对本电厂机组的振动状况清醒认识以及对振动测试仪性能特性有深入的了解, 才能选出适合自己电厂特色的振动在线装置, 事实证明大而全的系统并不适合所有电厂。为了系统的正常运行和使用, 需要具有一定振动理论水平的技术人员进行维护和定期检查。

只有适当的选型和正确的维护才能保证振动在线监测系统正常投运使用, 才能确保水电厂机组状态检修健康发展。

参 考 文 献

- 1 水力机械振动和脉动现场测试规程, GB/T17189—1997 neq IEC 994, 1991
- 2 水轮发电机组安装技术规范, GB8564—88
- 3 水轮发电机组振动在线监测装置设置导则, DL/T556—94

(收稿日期: 2001-06-07)