

[传感器]

正态分布在抽蓄机组传感器阈值研究体系的应用

文/国网新源控股有限公司本部 李国和 孙勇 孙永 王磊

为了消除电站运行安全隐患，充分发挥其经济效益，提出了基于正态分布方法研究抽蓄机组传感器的安全阈值，并利用抽水蓄能电站的实际运行数据，对其进行系统分析，完成对于抽蓄机组传感器安全阈值的研究，为抽水蓄能电站优化运行的监控和管理提供了重要的参考依据，保证机组的安全平稳运行。

抽水蓄能电站是电力系统中的一种特殊电源，在电网中负责调峰填谷、调频、调相和承担系统事故备用等多种任务。随着我国经济的快速发展，电力负荷持续增长，峰谷差逐步加大，抽水蓄能电站是解决电力系统调峰问题及确保安全可靠运行的有效手段。但与常规水电站相比，抽水蓄能电站要求能在短时间内进行频繁的工况转换，以适应电网的用电需求。大量的运行实践表明，对于高水位大容量、运行工况频繁转换的抽水蓄能电站，其事故往往发生在机组工况转换过程中，如压力管道破裂、调压室损毁和机组部件破坏等，因此电站需要具备极高的安全稳定运行控制水平。安全阈值是系统设置的安全边界线，一旦阈值越线就启动安全系统保护程序，实现运行系统的安全保护。确定一个正确的安全阈值对系统的安全区域和不安全区域进行划定，对于消除电站运行安全隐患，充分发挥其经济效益具有非常重要的意义。现阶段安全阈值的确定通常有以下方法：①通过现场试验获得，但这种方法整定时间漫长，成本过高；②采用临界试验或在已发生的故障中进行参数提取，确定运行参数的安全阈值，显然其成本过高，发生安全事故的概率也难以验证。③采用GB/T 8564—2003《水轮发电机组安装技术规范》中规定的相关阈值，但是各

电站的实际情况不同，该规范中的阈值对于部分机组而言并不能很好进行安全预警，未能满足部分电站划分安全区域及分安全区域的基本需求。

因此本文提出采用正态分布研究抽蓄机组传感器阈值范围。针对电站抽水蓄能机组的实际运行数据，使用正态分布，更加准确地划分安全域与不安全域，从而可以更好地监测不同工况下机组所安装的传感器的运行规律，为生成机组异常状态、故障趋势分析报表、未来运行趋势和相应处理措施的提出提供技术和数据支撑，更好地实现抽水蓄能电站优化运行的监控和管理。

基于正态分布的阈值研究

1. 研究方案

对于抽水蓄能机组来说，正态分布可以用于抽蓄机组传感器的阈值研究，例如抽水蓄能机组的振摆的安全阈值。抽水蓄能机组的振摆数值与多种因素有关，如有功功率、水位。本次研究使用某电站抽蓄机组真实数据为例，通过对海量历史数据的分析研究，应用正态分布算法，以有功功率、水位作为自变量，利用正态分布算法，计算分析上导摆度、下导摆度以及水导摆度的安全阈值范围。从而得到更加安全、可靠和符合实际运行情况的阈值，为机组的安全运行提供有效的

数据支持。

2. 正态分布理论算法

在生产中很多随机变量的概率分布都可以近似地用正态分布来描述，正态分布是当今应用最为广泛的连续概率分布。

如果随机变量 x 服从一个位置参数为 μ 、尺度参数为 σ 的概率分布，且其概率密度函数为

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

那么该随机变量 X 为正态随机变量，正态随机变量服从的分布就称为正态分布，也就是一维正态分布。其典型分布曲线如图1所示。

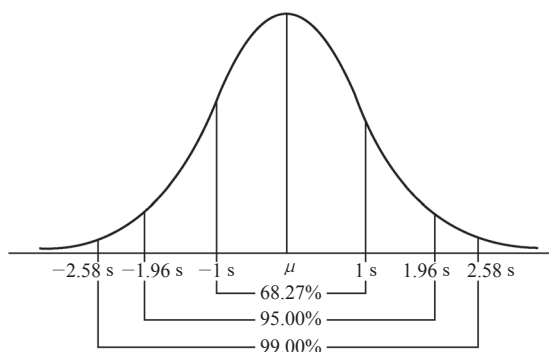


图1 一维正态分布曲线

3. 实例分析

在以下案例中，将以国内某抽蓄机组的两年内机组在线监测系统测量的共33 937条历史数据样本为基础进行数据计算和分析，机组额定功率300 MW。按照影响机组稳定性最为显著的有功、工作水位两个工况边界参数作为自变量进行统计计算分析，选取发电工况中水位处于288~328 m，有功功率处于0~303.742 MW内，将数据代入正态分析，如图2所示。

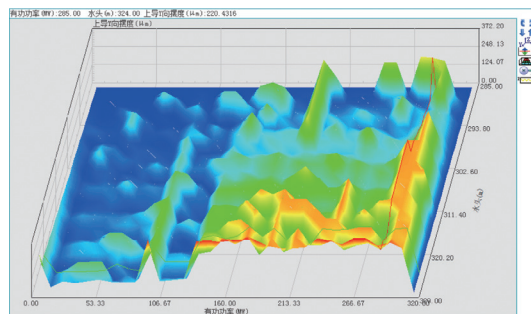


图2 示意图

图2中， x 轴为有功功率，单位为MW； y 轴为机组水位，单位为m； z 轴为上导摆度峰峰值，单位为 μm 。

由图2可以看出，有功功率和水位在固定范围内时，摆度呈现一定的规律性；同时有功功率和水位范围不同时，摆度的差异较大，故将数据分为两部分进行研究计算。

在有功功率200~300 MW及水位处于210~310 m范围内的数据分布如图3、图4所示。

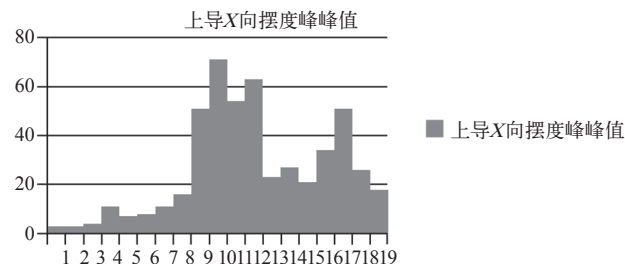


图3 上导X摆度峰

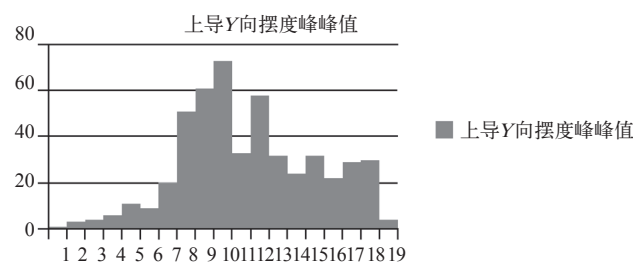


图4 上导Y向摆度峰

在有功功率300~350 MW及水位处于300~330 m范围内的数据分布如图5、图6所示。

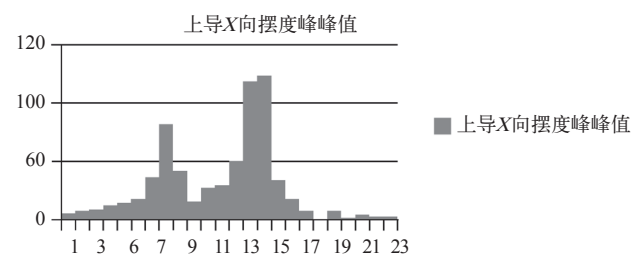


图5 上导X向摆度峰

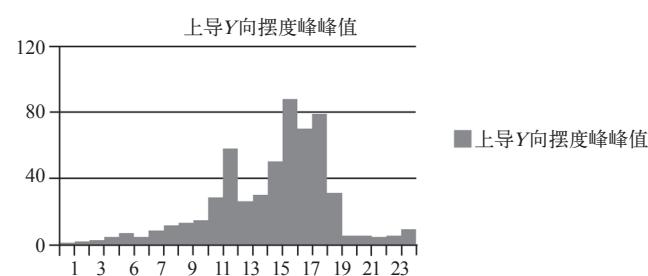


图6 上导Y向摆度峰

由所测数据及数据范围内的上导X向摆度峰峰值和上导Y向摆度峰峰值分析图可以看出，该数据基本满足正态分布规律。

根据两组不同工况下的数据，应用正态分布研究分析出两组传感器阈值范围。

1) 在有功功率200~300 MW及水位处于210~310 m工况条件下传感器阈值范围如表1所示。

表1 传感器阈值范围

测点	阈值上限	阈值下限
上导X向摆度峰峰值	287.696	156.754 6
上导Y向摆度峰峰值	297.945	193.909 7

2) 此有功功率300~350 MW及水位处于300~330 m工况条件下传感器阈值范围如表2所示。

表2 传感器阈值范围

测点	阈值上限	阈值下限
上导X向摆度峰峰值	387.411	226.526 9
上导Y向摆度峰峰值	376.546	218.793 3

而在现场实际应用的上导X/Y向摆度的报警规则如表3所示。

表3 现场实际应用的上导X/Y向摆度的报警规则

测点	二级报警	打闸停机
上导X向摆度峰峰值	≥310	≥720
上导Y向摆度峰峰值	≥310	≥720

将现场所应用传感器阈值范围和应用正态分布计算所得的传感器阈值范围进行对比, 由于机组额定的功率为300 MW, 因此工作范围在300 MW以内的数据应用正态分布计算所得的传

感器阈值范围优于系统所设置的传感器阈值, 故通过正态分布计算所得的传感器阈值更适用于现场应用; 而工作范围超过300 MW以外的数据应用正态分布计算所得的传感器阈值范围大于系统所设置的传感器阈值, 且在此条件下如果使用机组原传感器阈值标准, 则会发生61.69%概率的二级报警事件, 因此使用两年内大数据通过正态分布计算所得的传感器阈值更适用于现场实际应用。

结束语

本文通过对电站抽水蓄能机组监测测点的实际运行数据进行分析, 使用正态分布方法研究抽水蓄能机组的安全阈值, 提出了一种能够分离出符合抽水蓄能电站实际运行情况的安全阈值集合的方法, 为抽水蓄能电站优化运行的监控和管理提供了有效的参考依据。同时, 利用正态分布方法计算抽水蓄能机组的安全阈值所使用的数据均为电站的实际运行数据, 这就保证了所得出的安全阈值是符合本电站实际运行情况的, 是最适合本电站的安全阈值, 为消除电站运行安全隐患, 充分发挥其经济效益做出更好地作用。EA

(收稿日期: 2019.03.11)

(编辑: 朱金凤)

(上接第77页)

频率保持在50±0.1 Hz范围内, 具有良好的稳定性。这种设计方案不仅可以对配管路径实现有效优化, 还能缩减工程造价, 减少材料采购费, 对一次投资实现合理化控制。以该方案实现系统运行, 噪声小于55 dB, 且能耗较低, 系统中有防腐、防霉措施, 可减少系统后续维护工作, 经济性突出。

(2) 经济性效果

石化企业目前比较侧重于使用LED照明, 原因是此设备具有高亮度、节能环保以及免维护等优点。在固定条件下, 通过LED照明设备的运用, 可以有效减少企业照明负荷。按照消防设计规范、国家标准、建筑电气设计要求以及IEC标准, 将应急照明电源设计为1 h的后备时间, 并通过恒功率法实现科学计算, 证明将EPS装置的容量提升15%~20%, 并适当提高电池数量, 就可以保证整个生产装置范围之内的照明, 用EPS可以充分、单独的承担供电要求。此系统主机价格大约是同容量UPS主机价格的60%, 构建成本

显著降低, 并且在市网正常的时候, 系统始终处于低耗能状态, 可以有效缩减能源消耗成本。通过运行该系统, 不仅可以确保石化企业具有稳定、可靠的照明系统, 还可缩减照明材料安装量和采购费, 在降本增效的同时, 达到节能降耗目标, 具有良好的运行效果和经济性。

结束语

根据对比, 在石化企业中采取方案2运行EPS应急电源系统, 也就是由此系统独立向消防系统、照明系统供电, 不仅可以缩减安装工程量和工程造价, 还可最大程度保证生产装置范围发生部分或者全部停电故障时, 区域内依旧有充足的照明条件, 为安全撤离、紧急处理等操作提供必要保障。在石化企业合理运行EPS, 具有突出的经济性、可行性和节能环保性, 对促进石化企业健康发展具有重要意义, 需要加强应用。EA

(收稿日期: 2019.03.12)

(编辑: 朱金凤)