

安康水电厂水轮发电机组状态监测与诊断系统

周廷虎¹, 崔悦²

(1. 安康水电厂, 陕西省安康市 725000; 2. 北京奥技异电气技术研究所, 北京市 100084)

摘要: 结合安康水电厂机组状态监测与诊断系统的研究开发, 介绍了水轮机组状态监测与诊断系统的软硬件结构、传感器配置、系统功能及特点, 为实现水轮发电机组的状态分析提供了技术手段。

关键词: 水轮发电机组; 状态监测; 故障诊断; 系统结构

中图分类号: TM312

0 引言

安康水电厂位于陕南汉江上游, 是一座以发电为主兼顾防洪、航运、养殖等效益的大型综合性水利枢纽工程, 在陕西电网中起调频、调峰作用。电厂安装 4 台 200 MW 混流式水轮发电机组, 于 1992 年全部投运。机组投产初期, 工程遗留的缺陷较多, 经逐年大修、技改, 提高了设备健康水平, 运行环境得以明显改善。但限于当时的生产技术水平和其他原因, 机组还存在一些薄弱环节, 相继有 4 台机组发生因机组振动、压力脉动引起的严重故障。

为了提高水轮发电机组的健康水平和设备完好率, 安康水电厂从 2003 年开始进行了大量的调研, 2005 年在吸取国内外大、中型水电厂智能化水轮发电机组振动、摆度监测与诊断的成功经验^[1-3]的基础上, 与相关科研单位合作研发了安康水电厂机组状态监测与诊断系统, 并于 2005 年 4 月在 3 号机组投入运行。

1 系统的结构、功能及特点

1.1 系统的总体结构

安康水电厂机组状态监测与诊断系统硬件总体构成如图 1 所示。

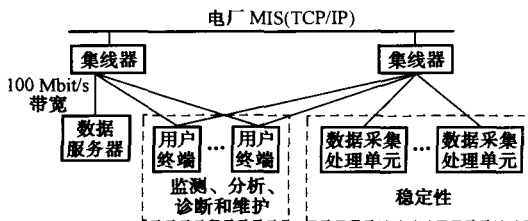


图 1 系统硬件总体构成示意图

系统建立在电厂局域网平台上, 其网络结构如

图 2 所示。系统的软件功能模块构成如图 3 所示。

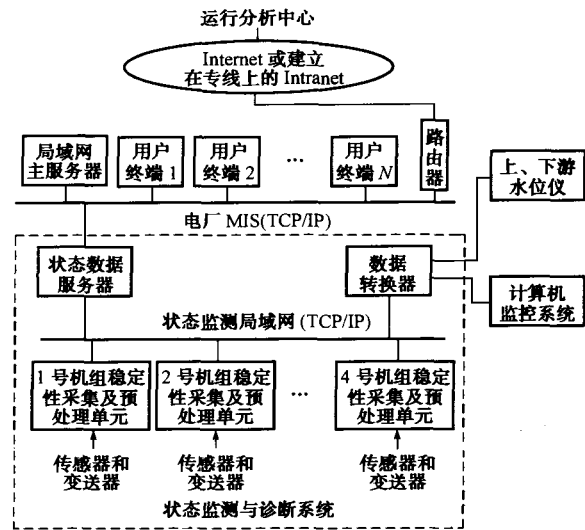


图 2 网络结构示意图

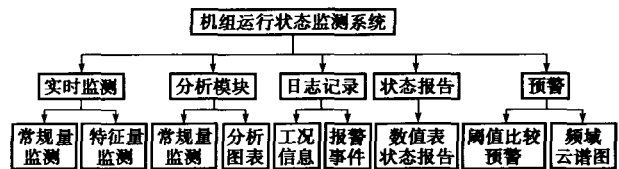


图 3 系统功能模块构成

1.2 系统的功能

1.2.1 实时状态监测功能

对机组实时的电气、机械、水力性能状态进行在线监测, 其工作流程如图 4 所示。实时监测可以在现地工控机、上层数据服务器和局域网进行。数据服务器存储现地采集单元的实时数据, 并通过图形界面显示机组实时状态。Web 服务器读取数据服务器中的数据, 并允许局域网用户登录, 远方监视机组状态。监视图形界面通过专用组态软件定制, 链接到相应通道数据。

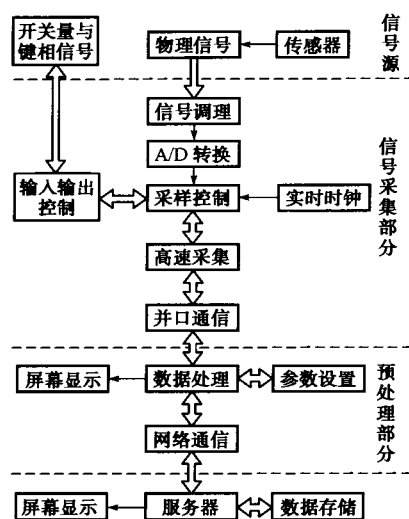


图4 信号采集及预处理系统工作流程

1.2.2 故障预警功能

预警技术可以在机组运行期间捕捉机组状态变化的蛛丝马迹,在状态参数超标报警之前,提前发现故障隐患。

预警技术与报警技术有着本质区别。报警是将测量参数与给定的阈值进行比较,越限后报警。报警是实现机组保护的重要手段,但不能为故障的分析和判断提供更详细的信息,也不适用于对早期故障的识别。状态预警采用海量样本高速匹配算法,机组运行一段时间后,系统会利用大量的全波形信号自适应生成一个样本集,系统将当前时刻的信道信号波形与同工况下的样本集进行比较,如果变化超出许可范围,即向用户发出预警信息。

预警对于信号的变化非常敏感,只要机组状态的变化可以反映为传感器输出信号的波形、幅值、频谱成分的有效改变,都可以被系统的预警功能捕获,发出预警提示。在传感器测点布置有效的前提下,状态预警可以实现早期故障或缺陷的无漏检测。

预警可分为基于振动谱分析、时域信号均值及其他组合参量的预警3种类型。

在系统启动后,预警功能就一直处于运行或监视状态,一旦系统某通道的信号状态发生了超过系统预先设定或自动生成的阈值,系统就记录下发生预警的通道名称、预警发生时的运行时间、机组工况等,跟踪趋势变化,发现故障隐患,提示现场人员适时维修。

1.2.3 优化运行参数功能

通过对运行数据的分析,掌握不稳定负荷区等危险运行工况,避开危险点运行,达到优化运行状态。通过分析软件提供的时域图分析方法,可以直

观地发现机组各部分振动、顶盖压力脉动等参数随时间、水头、机组有功和无功、导叶开度等工况参数的变化趋势,据此可以确定机组振动区。通过信息提示,机组AGC系统避开或快速通过振动区(对转桨式机组可以优化协联关系),优化机组运行工况,达到减少或避免机械事故、故障发生的目的。

1.2.4 故障现场判断与事故追忆功能

系统提供趋势跟踪、管理特性分析、量化评价技术、专用分析工具等数据挖掘手段,对故障或缺陷进行多角度的分析,通过分析工具和诊断策略查找故障原因,为解决故障提供分析诊断咨询意见。事故时可记录事故前60min的运行状态监测数据,便于准确地掌握事故发生、发展的过程,这是进一步快速分析和处理机械缺陷的前提条件。但是,并不是所有的故障都可以由状态监测系统找出直接的原因,而很多故障都会引起某些参数的变化,因此,监测参数的趋势跟踪分析尤为重要,趋势分析工作应当定期进行,才不会忽略故障的早期征兆。在没有故障发生的情况下,这是一项必须坚持的工作。

机组各种关联特性曲线的整理和分析可以揭示机组的本质性能,给出故障诊断的重要线索,对机组检修参数的量化评价、指导机组检修、评价检修效果有着直接的作用和意义。对于一些疑难问题的分析和诊断需要专业工程师的参与,状态监测与诊断分析系统所提供的完备信息和全面的分析诊断工具可以极大地降低分析工作的难度和强度。

1.2.5 性能评估功能

对机组大修或改造后的性能进行评价。对于机组状态的量化评价,就是把机组状态通过一些具体的参数来表示。例如:主轴连接弯曲可以通过弯曲量和弯曲角2个参数来表示,从而可以知道应该在连接法兰的哪个位置上加垫或刮研才可以提高大轴的直线度。很多参数可以直接指导检修,有时也可称为检修参数量化评价。

检修参数的量化评价是状态监测系统对频谱分析技术、过程分析技术以及机组故障诊断的工程化实现方式,它的提出和实施是对状态分析工作的条理化体现。量化评价是建立在对机组振动、摆动的深层机理研究的基础上,按照数据状态化、状态图形化、数量化的原则,结合水轮发电机组运行检修的实际需要而构建的。通过性能曲线制作和检修参数量化评价,为机组检修提供有用的指导意见。

1.3 系统的特点

安康水电厂机组状态监测与诊断系统建立在电厂局域网平台上,充分融合了当前国内先进的监测分析技术,具有在线监测与分析诊断功能(包括状态变化的预警、状态识别等)和实用可靠、准确可信的

专家系统远程诊断功能,采用了基于预警机制的监测诊断技术,达到了系统功能完备、监测参数齐全,基本实现了基于领域知识的诊断专家系统。总体说来,该系统具有以下特点:

1)系统监测参数齐全,包含了水轮机与发电机的相关参数,包括机组的稳定性和发电机性能,为机组的状态检修奠定了坚实的基础。

2)系统软件采用组态化设计技术,便于系统的扩展、充实与修改。

3)具有自动生成状态报告的功能,降低了对分析人员专业水平的要求。

2 测点配置及间接采样参数的输出

测点配置要做到可用、够用、经济合理。根据机组状态分析诊断的需要,对于振动、摆动、压力脉动等在采样精度上有要求的量,直接从传感器采集;对于温度、水头等慢变量,其他系统有的,可以通过通信方式间接采集;对于有功、无功、电压、电流等电量,可以从现有仪表备用通道采集,也可另外安装变送器。安康水电厂3号机测点配置见表1。励磁电压、电流由原有电压变送器(4 mA~20 mA)、电流变送器(4 mA~20 mA)输出;机组出口开关、励磁开关由辅助接点输出。上游水位、下游水位、上导瓦温(每块瓦瓦温)、上导油温、推力瓦温(每块瓦瓦温)、推力油温、水导瓦温(每块瓦瓦温)、水导油温以通信方式从监控系统输出。系统以串口方式与监控系统、上下游水位显示仪进行数据交换。

3 系统运行情况

该系统于2005年5月投入运行,经过6个月的实际运行证明:系统运行稳定、正常,各项技术性能达到了设计要求,实现了机组运行报告自动化,提供了实用的机组运行监测和分析工具,为管理人员的正确决策提供了科学依据。随着数据的积累和经验的不断总结,相信机组状态监测与诊断系统对预防和分析机组机械故障、科学合理地进行机组检修具有重要意义。

表1 现场测点配置

序号	测点名	信号源	型号说明
1	转速(键相)	电涡流传感器	4 mm 量程
2	上导 X 向摆度		
3	上导 Y 向摆度		
4	推力轴承 X 向摆度	电涡流传感器	2 mm 量程
5	推力轴承 Y 向摆度		
6	水导 X 向摆度		
7	水导 Y 向摆度		
8	大轴位移 A		
9	大轴位移 B	电涡流传感器	4 mm 量程
10	大轴位移 C		
11	上机架 X 向水平振动		
12	上机架 Y 向水平振动		
13	上机架 Z 向垂直振动		
14	下机架 X 向水平振动		
15	下机架 Y 向水平振动		
16	下机架 Z 向垂直振动	振动传感器	±1 mm 量程
17	定子基座水平振动		
18	定子基座垂直振动		
19	顶盖 X 向水平振动		
20	顶盖 Y 向水平振动		
21	顶盖 Z 向垂直振动		
22	尾水管水压脉动		
23	顶盖下水压脉动	压力变送器	响应时间 不大于 3 ms
24	蜗壳压力脉动		
25	蜗壳差压	差压变送器	精度 0.2 级
26	有功功率	有功功率变送器	
27	无功功率	无功功率变送器	
28	导叶接力器行程	位移传感器	

参考文献

- [1] 郑松远,朱玉良.水轮发电机组在现状态监测故障诊断系统.东北电力技术,1999(5):29-30,35.
- [2] 陆颂元,汪江,刘晓峰,等.关于当前国内故障智能诊断研究中的若干问题[EB/OL]. [2005-04-18]. <http://www.dljj.org.cn>.
- [3] 董毓新.水轮发电机组振动.大连:大连理工大学出版社,1989.

周廷虎(1964—),男,长期从事水电厂自动化检修维护和技术管理工作。E-mail: zhouthh@sohu.com

Condition Monitoring and Fault Diagnosis System for Hydro-generator Units of Ankang Hydropower Plant

ZHOU Tinghu¹, CUI Yue²

(1. Ankang Hydropower Plant, Ankang 725000, China)

(2. Beijing Orientge Electric Technology Research Institute, Beijing 100084, China)

Abstract: The condition monitoring and fault diagnosis system for the hydro-generator units of the Ankang Hydropower Plant is developed. The structure, functions and characteristics of the system and the configuration of the sensors are introduced. It is a technical means to realize the condition analysis for the hydro-generator units.

Key words: hydro-generator units; condition monitoring; fault diagnosis; structure of the system