

水轮机组继电保护与状态监测

贺晋忠¹, 王明赞¹, 赵雪花²

(1. 东北大学, 辽宁 沈阳 110004; 2. 西安理工大学, 陕西 西安 710048)

摘要: 分析了水轮机组在线状态监测、故障诊断及微机保护之间的联系与差别。介绍了万家寨水电站机组状态监测的一些内容,并结合该状态监测系统中存在的一些问题,提出了进一步完善和发展的几点建议。

关键词: 水轮机; 在线状态监测; 水电站; 故障诊断

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)15-0071-03

0 引言

近几年,我国水电厂设备管理水平有了长足进步,设备健康水平和自动化程度有显著提高,国内很多单位和研究机构都对水轮机组状态监测与故障诊断进行了大量的研究试验工作,李家峡、广州抽水蓄能电站、万家寨等国内一些水力发电企业已经在其主设备上陆续开展了状态监测与故障诊断,同时许多水电站的微机保护系统也逐步投入运行,但是也存在一些认识上的误区。本文将首先从水轮机组状态监测、故障诊断及继电保护的内容与任务出发,讨论这几者之间的关系。然后对万家寨水电站机组状态监测与诊断系统进行介绍,最后结合万家寨水电站机组状态监测与诊断系统中存在的一些问题,提出了几点看法。

1 状态监测与继电保护的关系

故障预报、故障诊断、状态监测以及微机继电保护几个内容相互比较接近,实际应用中采用的方法也有很多相似之处,一般都要对机组的部分参数进行在线检测和分析,而且其共同目的都是为了确保电力系统及本机组的安全、可靠、经济运行,但是它们又有明显差别。故障预报要求根据故障征兆对可能发生的故障的位置、时间以及以后的发展进行预测。故障诊断则重在对已发生的故障根据其故障特征进行定位和判断。状态监测主要是对设备的运行状况进行记录、分析,为设备维护维修提供决策依据。继电保护则必须根据运行状态对机组已发生的会对机组安全造成重大威胁甚至破坏整个电力系统的故障进行切除。它们之间的关系可用图1表示。

目前,电力系统在逐步开展状态监测与故障诊断的同时,微机保护也得到了很大发展,而它们共同的基础都是对机组运行状况进行实时监控。当前存

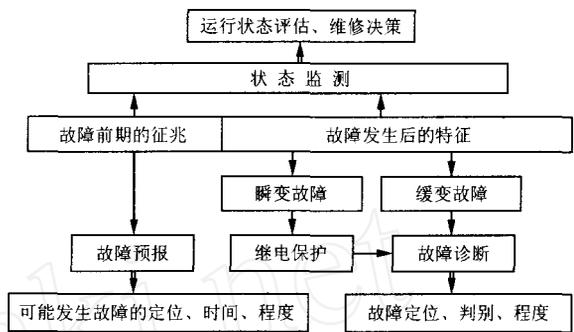


图1 故障预报、故障诊断、状态监测以及继电保护的关系

Fig. 1 Relation among fault predication, fault diagnosis, on-line state monitoring and relay protection

在的问题是:首先,有人认为随着状态监测和故障诊断的深入发展,机组故障将可以避免,从而逐步代替继电保护。事实上,由图1可以看出,根据故障的不同类型和不同发展阶段,应当采取不同的方法。它们相互之间既有联系,又不可替代。特别是对于瞬变故障(如相间短路和部分接地故障),为保证系统安全,要求必须在10~20ms之内对故障设备进行隔离,以防止事故进一步扩大或波及整个系统,这种情况下对故障设备的处置,只有继电保护装置才能完成。但运行中的异常状态常常并非在发生故障的设备(故障源)处被检测出来,并且一旦出现一个故障,报警的数量可能会大量增长,所以从大量的监测信号中正确区分瞬变故障与缓变故障是决定系统继电保护装置是否需要动作的关键。由于这段时间很短,既要做出正确判断,又要保证继电保护装置动作的时间,因此迅速准确的故障模式识别是值得深入研究的。其次,投入应用的故障诊断系统一般重点监测和诊断机械系统,而对电气系统、冷却系统的监测与诊断涉及的都比较少,事实上电气故障和水(氢)冷却子系统方面的故障在机组故障中所占的比

重更大,危害性也更为严重。据北美电力可靠性委员会分析表明:导致机组故障的两个最大的原因,一是电气故障占13%,二是轴承故障占4%。而振动信号对这些类型的故障反应一般不够灵敏,因此常常导致部分故障不能迅速加以确认,延误了抢修时间。此外,相当一部分水轮机组的状态监测系统都是逐步发展的,尽管实际监测的项目和内容经过逐渐添加和完善,正逐步趋向于全面,但是由于一些早期状态监测系统没有预留扩展的接口,因此这种系统实际上是局部监测、局部诊断,各分系统之间相互没有联系,处于独立运行状态,并不是真正意义上的系统。这一方面使得系统利用监测信号进行综合分析判断的能力下降,另一方面也造成一些监测设备的重复设置。可见对这类型系统进行适当的改造和整合是有必要的。

2 万家寨水电站机组状态监测与诊断系统

万家寨水电站装有6台轴流式水轮发电机组,单机容量180 MW,工程任务为供水结合发电,并兼有防洪防凌等作用,为山西电网第一调峰电厂,如果其设备的技术状况不好,可靠性差,检修安排不合理,检修时间长,对电厂本身效益和山西电网的正常运行都将产生很大的影响。水电站按照“少人职守”的原则进行设计,因此其状态监测系统一定要保证水轮机组的安全可靠运行,担当起比一般的有人值班电站更为重要的任务。

2.1 监测项目

万家寨水电站机组监测系统的监测内容主要包括全厂性水力监测、机组段测量这两部分。具体讲主要有上、下游水位,毛水头,水轮机净水头,蜗壳进口压力,蜗壳末端压力,充水平压信号,机组过机流量,机组总效率,过机含沙量,尾水管压力脉动,尾水管出口压力,发电机有功、无功功率,发电机电流、电压,顶盖压力真空及止漏环进出口压力,机组冷却水量及水温,机组水平振动(水导轴、上机架、下机架),机组垂直振动(水轮机顶盖、上机架、下机架),摆度(水导处),轴承温度,轴承润滑油温度,油位与油压,水压及水流通断状态等。

2.2 监测设备

万家寨水电站机组状态监测系统的监测设备主要由传感器(变送器)及各种监测仪表构成。大多数都采用了当前先进的智能仪表。

1) 传感器。主要包括尾水管出口压力变送器(6套141 GP型压力智能变送器,安装于尾水管盘形阀

室);蜗壳进口压力变送器(6套141 GP型压力智能变送器,安装于水轮机进入廊道);尾水管压力脉动变送器(12套141 GP型压力智能变送器,互成90°方向安装于盘形阀室);振动传感器(垂直方向为18套VS-069型速度型振动传感器,安装于水轮机顶盖、上机架、下机架;水平方向为36套VS-068型速度型振动传感器,互成90°方向安装于水导轴承、上机架、下机架);摆度传感器(12套N-081型一体化电涡流位移传感器,互成90°方向安装于水导轴承);过机含沙量传感器(6套8840C型泥沙传感器,安装于水轮机进入廊道);有功功率变送器(6套FPW-201型功率变送器,安装于非电量监测盘)等。

2) 监视仪表。系统主要采用以单片机为核心的智能化监视仪表,仪表具有内置数字化调校系统,仪表校验方便,具有量程上、下限设定和零点预置、小数点可移动等功能。主要包括有蜗壳进口压力监视仪表(6台XMZ-3型蜗壳进口压力智能监视仪);尾水管出口压力监视仪表(6台XMZ-3型尾水管出口压力智能监视仪);发电机有功功率监视仪表(6台XMZ-3B型发电机有功功率监视仪表);水轮机效率监视仪表(6台XI型水轮机效率监视仪表);尾水管压力脉动监视仪表(6台YMY-2型尾水管压力脉动智能监视仪);过机含沙量监视仪表(6台NSJ型过机含沙量监视仪表);振动、摆度采集处理及监视仪表(30台VB-410型机组振动监视仪表,6台VB-430型机组摆度监视仪表);机组过机流量测量装置和监测仪表(1套超声波测量装置,1台LQI-2A型过机流量监测仪表);机组总冷却水量监视仪表(6台LQI-2A型机组冷却水量监视仪表);机组快速闸门充水平压仪表(6台XMZ-4型智能差压监视仪);水轮机净水头监视仪表(6台XI-1型智能水轮机效率监视仪)等。

3 万家寨水电站机组状态监测与诊断系统存在的问题

从状态监测与诊断系统所担负的任务来看,系统应当完成以下几方面的监测任务:即发电机运行参数、发电机绝缘状态、发电机定子振动、机组冷却状态、水力振动状态、过流部件的运行状态、支架振动、大轴稳定性状态、各导轴承和推力轴承运行状态等。因此笔者认为较为完整的主要监测内容至少应当包括有:振动和摆度监测,气隙监测,气蚀监测,机组负荷特性(电气)监测,绝缘监测,各种润滑,冷却系统的温度、压力、流量监测,过机流量监测,机组效率监测,水头监测,压力脉动监测,蜗壳、顶盖、尾水管等的水

压监测以及其它一些辅助的位移、油混水、液位、扭矩监测等。万家寨水电站机组状态监测与诊断系统在机组投入运行后已经发挥了巨大的作用,但由上述内容也不难发现,目前这套系统还很不完善,与其所担负的任务相比还有待于进一步的发展。结合运行实际来看,问题主要表现在以下几个方面:

1) 监测的内容和运行状态参数不全面。正如第2节所述,对相当一部分内容和运行参数还没有进行监测,甚至对一些关键的内容,例如:定子转子气隙监测、定子绝缘监测、定子极频振动监测、发电机转子质量不平衡、汽蚀监测等也还没有开展起来,实际上这些监测内容对于水轮机的安全稳定运行都是非常必要的。

2) 监测点的设置还不完善。例如,#5、#6机组没有尾水管压力脉动传感器,机组上导轴承处没有安装摆度监测传感器等。

3) 各监测内容之间的结合与联系还不够紧密。目前已经开展的各个监测内容之间,由于研制生产单位不同,设备来源复杂,因此状态及参数的监测各行其是,不能进行有效的整合与协作。从而导致各监测内容、监测设备之间的相互独立,一方面造成了部分硬件资源上的重复,另一方面也不能为运行人员提供更为全面和准确的信息。在某种程度上讲,这并不是真正意义上的状态监测“系统”。

4) 少部分参数还不能实现远方传输。例如,水轮机净水头与水轮机效率的监测信号只能就地显示。这为以后系统的扩展完善和信号采集带来一些不便。

5) 后续诊断功能还没有实现。这套系统目前只能实现对设备运行状态的监视监测,而对采集到的数据还不能提供进一步的深入分析和诊断功能,因此系统采集的大量数据并没有被有效地利用起来,以帮助运行维护人员做进一步的判断。

6) 目前还不能实现运行状态参数的记录与存贮。准确地记录机组的运行状态参数,特别是发生故障时的状态参数对于正确处理故障,研究分析故障产生原因、机组维修改造有着十分重要的作用,但目前系统还不能存贮这些数据,既给运行维护人员带来了许多困难,也使许多宝贵的数据丢失。

4 对万家寨水轮机组状态监测与诊断系统的几点想法

针对万家寨水电站机组状态监测与诊断系统中存在的问题,笔者认为应从以下几点加以解决。

首先,要在现在的基础上逐步完善监测内容,特别是一些可以为机组安全运行提供重要信息的关键性监测内容应当优先和尽快完善。在被监测的参量的选择上,无论数目多少,都应从必要和可能两个方面进行考虑,必要即必须有助于了解机组的运行状态,可能即所选参量应有相应的可靠的监测技术。从而将诊断必要性和技术可能性有机结合起来,合理选择机械、电气及冷却系统等方面的性能参数作为监测内容,做到及早准确地发现故障征兆,迅速准确地识别故障类型,恰当有效地处理故障。

其次,要充分利用当前设备,发挥现有设备的能力,真正实现系统各模块之间的有机整合。

此外,要进一步开发和充实系统的功能,为运行维护人员提供更多、更方便的分析、处理、诊断功能。但同时也要注意整体规划,分步实施,避免频繁更新升级。

5 结语

1) 水轮机组微机继电保护、在线状态监测与故障诊断之间既有紧密的联系,又有各自不同的特点,应当根据其各自担负任务的不同区别对待,发挥各自的优点。

2) 万家寨水电站机组状态监测与诊断系统在保证机组安全运行中发挥了重要作用,但其监测内容项目还需要完善,系统还有必要进行整合,功能还有待进一步充实。

参考文献:

- [1] 刘万景(LIU Wan-jing). 水电机组状态监测技术与应用(State Monitoring Technology and Application of Hydroelectric Unit) [A]. 水电站机电技术——水电站基础自动化及机组诊断技术论文集(Electromechanical Technology of Hydropower Station—Foundation Automation of Hydropower Station and Fault Diagnosis Technology of Electric Unit). 1999.
- [2] 董克青(DONG Ke-qing). 万家寨水电站水力监测系统设计(Hydraulic Monitoring System Design for Unit of Wanjiashai Hydropower Station) [J]. 水利水电工程设计(Design of Water Resources & Hydroelectric Engineering), 1999, (1):13-14.
- [3] 龚长年(GONG Chang-nian). 万家寨水电站水力机械设计(Design of Hydraulic Machinery for the Wanjiashai Hydroproject) [J]. 水利水电工程设计(Design of Water Resources & Hydroelectric Engineering), 1999, (1):6-8.

(下转第84页 continued on page 84)

- 2002.
- [3] Prabha Kundur. Power System Stability and Control [M]. 北京: 中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 2001.
- [4] 李光琦 (LI Guang-qi). 电力系统暂态分析 (Power System Transient Analysis) [M]. 北京: 中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 1995.

收稿日期: 2003-11-23; 修回日期: 2003-12-29

作者简介:

李宏伟 (1979 -), 男, 硕士, 主要从事电力系统运行与控制领域的研究; E-mail: dragonlhw@mail.sdu.edu.cn

梁军 (1956 -), 男, 博士, 教授, 主要从事电力系统运行与控制领域的研究;

袁志浩 (1973 -), 男, 博士, 主要从事故障测距领域的研究。

Modeling and stability analysis of multi-machine power system based on MATLAB

LI Hong-wei¹, LIANG Jun¹, YUN Zhi-hao¹, PENG Gar-rong², HUANG Hai-jing²

(1. School of Electrical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China;

2. Jinan Power Supply Company, Jinan 250012, China)

Abstract: This paper introduces the notable characteristics of MATLAB compared with the traditional simulation tool EMTP and PSASP. With Simulink and PSB based on MATLAB, this paper builds the mathematical models of a synchronous machine with six orders and other power system components, then models and simulates the standard IEEE 3-machine 9-bus and 5-machine 14-bus system. The stability of multi-machine system is discussed under the given operating condition. The practice indicates that MATLAB is a powerful tool applied to the modeling and simulation of power system.

Key words: multi-machine system; stability analysis; simulation model; simulation software

(上接第 73 页 continued from page 73)

- [4] 林礼清 (LING Li-qing). 水电厂设备在线监测与状态检修 (On-line Equipment Monitoring and Condition based Maintenance in Hydropower Station) [J]. 中国电力 (Electric Power), 2001, 34(11): 24-27.
- [5] 苏鹏声, 王欢 (SU Peng-sheng, WANG Huan). 电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析 (Technology Analysis of State Monitoring and Fault Diagnosis in Electric Power System) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(1): 61-65.

- [6] 褚福磊, 卢文秀, 张伟, 等 (CHU Fu-lei, LU Wen-xiu, ZHANG Wei, et al). 水泵水轮机组状态监测与故障诊断系统 (State Monitoring and Fault Diagnosis System of Water Pump Turbine) [J]. 水力发电 (Water Power), 1999, (2): 31-33.

收稿日期: 2003-10-29; 修回日期: 2003-12-31

作者简介:

贺晋忠 (1975 -), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为故障诊断与设备监测的理论与应用。E-mail: zhaoxh688@126.com

Relay protection and on-line state monitoring in water turbine

HE Jin-zhong¹, WANG Ming-zan¹, ZHAO Xue-hua²

(1. Northeast University, Shenyang 110004, China; 2. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: This paper analyzes the relation and difference among on-line state monitoring, fault diagnosis and computer relay protection in water turbine. It introduces on-line state monitoring of units in Wanjiachai hydropower station, discusses the problems which exist in this monitoring system, and presents some suggestions for its improvement and development.

Key words: water turbine; on-line state monitoring; hydropower station; fault diagnosis