

# 电气二次设备状态检修研究

吴杰余, 张哲, 尹项根, 胡文平

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 简要介绍了状态检修体制的演变, 提出电气二次设备实施状态检修的观点。讨论电气二次设备状态检修的内容、电气二次设备的状态监测方法和要解决的若干问题。

**关键词:** 电气二次设备; 状态检修; 状态监测

**中图分类号:** TM64

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-4897(2002)02-0022-03

## 1 引言

状态检修是目前电力系统研究的热门课题。随着电力市场的开放, 电力部门之间的竞争将日益激烈, 电气设备状态检修势在必行; 微电子技术、计算机技术、通信技术等技术的发展使电气设备状态检修成为可能。目前, 我国针对电气一次设备状态检修技术的研究文章也很多, 但对一次设备实施保护、控制、监测的电气二次设备的状态检修被忽视。

传统的继电保护, 依据《继电保护及电网安全自动装置检验条例》的要求, 对继电保护、安全自动装置及二次回路接线进行定期检验。以确保装置元件完好、功能正常, 确保回路接线及定值正确。若保护装置在两次校验之间出现故障, 只有等保护装置功能失效或等下一次校验才能发现。如果这期间电力系统发生故障, 保护将不能正确动作。保护装置异常是电力系统非常严重的问题。因此, 电气二次设备同样需要状态监测, 实行状态检修模式, 和一次设备保持同步, 适应电力系统发展需要。

## 2 状态检修体制

### 2.1 状态检修体制的演变

设备检修体制是随着社会生产力的发展和科学技术的进步而不断演变的。由第一次产业革命时的事后检修/故障检修(BM, Break Maintenance)发展到19世纪第二次产业革命的预防性检修(PM, Prevention Maintenance)。预防性检修又经过多年的发展, 根据检修的技术条件、目标的不同而出现不同的检修方式。主要有以时间为依据, 预先设定检修工作内容与周期的定期检修(TBM, Time Based Maintenance), 或称计划检修(SM, Schedule Maintenance); 以可靠性为中心的检修(RCM, Reliability Centered Maintenance), RCM是一种以用最低的费用来实现机械

设备固有可靠性水平为目标的检修方式; 到1970年, 美国杜邦公司首先倡议状态检修(CBM, Condition-based Maintenance)也叫预知性维修(PDM, Predictive Diagnostic Maintenance)。这种检修方式以设备当前的工作状况为依据, 通过状态监测手段, 诊断设备健康状况, 从而确定设备是否需要检修或最佳检修时机。状态检修的目标是: 减少停运(总检修)时间, 提高设备可靠性和可用系数, 延长设备寿命, 降低运行检修费用, 改善设备运行性能, 提高经济效益。

### 2.2 状态检修的定义

状态检修可以简单定义为: 在设备状态监测的基础上, 根据监测和分析诊断的结果科学安排检修时间和项目的检修方式。它有三层含义: 设备状态监测; 设备诊断; 检修决策。状态监测是状态检修的基础; 设备诊断是以状态监测为依据, 综合设备历史信息, 利用神经网络、专家系统等技术来判断设备健康状况。

就电气设备而言, 其状态检修内容不仅包括在线监测与诊断还包括设备运行维护、带电检测、预防性试验、故障记录、设备管理、设备检修、设备检修后的验收等诸多工作, 最后要综合设备信息、运行信息、电力市场等方面信息作出检修决策。

在电厂、变电站检修决策时要考虑电网运行状态如用电的峰段与谷段, 发电的丰水期与枯水期; 要考虑设备所在单元系统其他设备的运行状态, 按系统为单元检修比只检修单台设备更合理; 要考虑电力市场的需要; 要进行决策风险分析。

建国以来, 电力系统长期实行以预防性计划检修为主的检修体制。这种检修体制暴露出问题是设备缺陷较多的检修不足、设备状态较好的又检修过剩、主要依靠检修规程来确定检修项目导致盲目检修。随着社会经济的发展、科技水平的提高, 目

前正逐步向预知性的状态检修体制过渡。如大连电业局自 1990 年就开始试行电气设备状态检修。

### 3 电气二次设备状态检修

#### 3.1 电气二次设备状态检修

电气设备根据功能不同,可分为一次设备和二次设备。电气二次设备主要包括继电保护、自动装置、故障录波、就地监控和远动。它们正常可靠的运行是保障电网稳定和电力设备安全的基本要求。在实际运行中因电气二次设备造成的系统故障时有发生。表 1 统计了四年的 220kV 及以上系统继电保护装置动作情况。可看出,保护不正确动作次数相对减少,但次数仍然很多。保护不正确动作的原因涉及到保护人员、运行人员、设计部门、制造部门、自然灾害,还有其他不明原因。随着微机在继电保护及自动装置的广泛应用,继电保护的可靠性、定值整定的灵活性大大提高,依据传统的《继电保护及电网安全自动装置检验条例》来维护电气二次设备,显然不合时宜。而一次设备状态检修的推广、线路不停电检修技术的应用,因检修设备而导致的停电时间将越来越短。这对电气二次设备检修提出了新的要求。因此,电气二次设备在检修体制、检修方法及检验项目、定检修周期等方面需要改变,实行电气二次设备状态检修,来保证二次设备的可靠运行,以适应电力发展的需要。

表 1 220kV 及以上系统继电保护装置动作统计

年度	动作次数	正确动作次数	不正确动作次数	正确动作率 %
1996	13975	13550	425	96.96
1997	13559	13178	381	97.19
1998	15617	15266	351	97.75
1999	16834	16540	294	98.25

电气二次设备状态检修是通过设备状态监测技术和设备自诊断技术,结合二次设备运行和检修历史资料,对二次设备状态作出正确评价,根据状态评价结果科学安排检修时间和检修项目。

#### 3.2 电气二次设备的状态监测内容

状态检修的基础是设备状态监测。要监测二次设备工作的正确性和可靠性,进行寿命估计。电气二次设备的状态监测对象主要有:交流测量系统;直流操作、信号系统;逻辑判断系统;通信系统;屏蔽接地系统等。交流测量系统包括 TA、TV 二次回路绝缘良好、回路完整,测量元件的完好;直流系统包括直流动力、操作及信号回路绝缘良好、回路完整;逻辑判断系统包括硬件逻辑判断回路和软件功能。

与电气一次设备不同的是电气二次设备的状态监测对象不是单一的元件,而是一个单元或一个系统。监测的是各元件的动态性能,有些元件的性能仍然需要离线检测,如 TA 的特性曲线等。因此,电气二次设备的离线检测数据也是状态监测与诊断的依据。

#### 3.3 电气二次设备的状态监测方法

与电气一次设备相比,电气二次设备的状态监测不过分依靠传感器。因此,电气二次设备的状态监测无论是在技术上还是在经济方面都更容易做到。常规保护状态监测相对比较难实现,在不增加新的投入的情况下,充分利用现有的测量手段。如 TA、TV 的断线监测;直流回路绝缘监测、二次保险熔断报警等。

微机保护和微机自动装置的自诊断技术的发展、变电站故障诊断系统的完善为电气二次设备的状态监测奠定了技术基础。保护装置内各模块具有自诊断功能,对装置的电源、CPU、I/O 接口、A/D 转换、存储器等插件进行巡查诊断。可以采用比较法、编码法、校验法、监视定时器法、特征字法等故障测试的方法。对保护装置可通过加载诊断程序,自动地测试每一台设备和部件。

### 4 电气二次设备状态检修若干问题

#### 4.1 电气二次回路监测问题

电气二次设备从结构可分为的电气二次回路和保护(或自动)装置。目前,保护装置的微机化,容易实现状态监测。但电气二次回路是由若干继电器和连接各个设备的电缆所组成,点多、又分散,要通过在线监测继电器触点的状况、回路接线的正确性等则很难,也不经济。对电气二次回路应重点从设备管理的方面着手,如设备的验收管理、离线检修资料管理,结合在线监测,来诊断其状态。

#### 4.2 电力系统二次设备的电磁抗干扰监测问题

由于大量微电子元件、高集成电路在电气二次设备中的广泛应用,电气二次设备对电磁干扰越来越敏感,极易受到电磁干扰。电磁波对二次设备干扰造成采样信号失真、自动装置异常、保护误动或拒动、甚至元件损坏。

国际电工委员会(IEC)及国内有关部门对继电保护制定了电磁兼容(EMC)标准。但目前,对现场电磁环境的监测、管理没有纳入检修范围。也没有合适的监测手段。对二次设备进行电磁兼容性考核试验是二次设备状态检修的一项很重要的工作。对

不同厂站的干扰源、耦合途径、敏感器件要进行监测、管理。如对二次设备屏蔽接地状况检查;微机保护装置附近使用移动通讯设备(如手机)的管理。

#### 4.3 二次设备状态检修与一次设备状态检修的关系

一次设备的检修与二次设备检修不是完全独立的。许多情况下,二次设备检修要在一次设备停电检修时才能进行。在作出二次设备状态检修决策时要考虑一次设备的情况,做好状态检修技术经济分析。既要减少停电检修时间,减少停发(供)电造成的经济损失,减少检修次数,降低检修成本,又要保证二次设备可靠正确的工作状况。

#### 4.4 二次设备状态检修与设备管理信息系统(MIS)的关系

现在许多厂站建立了设备管理信息系统(MIS),对设备的运行情况、缺陷故障情况、历次检修试验记录等实现计算机管理、实现信息共享。这些信息是作出状态检修决策的重要依据之一。要实现二次设备状态检修,需要完善设备管理信息系统(MIS)。

### 5 结论

电气二次设备实行状态检修是电力系统发展的需要。微机保护和微机自动装置的自诊断技术的广泛使用,电气二次设备的状态监测无论是在技术上还是在经济方面都比较容易做到。随着集成型自动化系统的发展,可大大减少二次设备和电缆的数量,克服目前常规保护状态监测存在的困难。设备管理

信息系统(MIS)在电力系统的广泛使用,为电气二次设备实行状态检修提供了信息支持。电气二次设备的状态监测将有助于变电站综合自动化的发展。

#### 参考文献:

- [1] 黄树红. 火电厂设备状态检修——状态检修体制及发展状况[J]. 湖北电力, 1998, 22(3).
- [2] 陈维荣, 宋永华, 孙锦鑫. 电力系统设备状态监测的概念及现状[J]. 电网技术, 2000, 24(11).
- [3] 周玉兰, 等. 1999年全国电力系统继电保护及安全自动装置运行情况[J]. 电网技术, 2000, 24(7).
- [4] 杨新民, 杨隽琳. 电力系统微机保护培训教材[M]. 中国电力出版社, 2000, 9.
- [5] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 水利电力出版社, 1995, 11.
- [6] 何彬. 电力系统二次设备的电磁兼容问题[J]. 中国电力, 1998, 31(4).
- [7] 程力, 袁德柱, 晏国华. 电站控保设备的电磁兼容[J]. 电站系统工程, 1998, 14(3).
- [8] 曾庆禹. 变电站自动化技术的未来发展(二)——集成分自动化、寿命周期成本[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(20).

收稿日期: 2001-08-16

作者简介: 吴杰余(1965-),男,硕士研究生,主要从事电力系统继电保护的研究;尹项根(1956-),男,教授,博士生导师,主要从事电力系统继电保护和自动化的研究;张哲(1962-),男,副教授,主要从事电力系统继电保护和自动化的研究。

### Study on condition - based maintenance of electrical secondary equipment

WU Jie-yu, Zhang Zhe, Yin Xiang-gen, Hu Wen-ping

(Huazhong University of Science & Technology, WuHan 430074 China)

**Abstract:** This paper described the evolvement of the condition - based maintenance in simply. The new viewpoint that the condition - based maintenanc of secondary equipment was put forward. This paper discussed the following three aspects: contents of the condition - based maintenance of secondary equipment, methods of it, and several potential problems of it.

**Key words:** electrical secondary equipment; condition - based maintenance; condition monitoring

(上接第12页)

**Abstract:** This paper presents the model and algorithm of probabilistic production simulation for power system including multiple pumped - storage plants. Character of individual pumped - storage plant is considered so as to evaluate the system reliability and it's economical efficiency more precisely. Compared to the general mergeing method the algorithm presented can both simulate the system operation mode more accurately and obtain every plant's optimal generation energy and it's generation position in load curve. The software developed is verified by sample system. Results show that the algorithm and software are available. The software can be used to not only evaluate benefits of power system including multiple pumped - storage plants but also optimize operation and dispatching of pumped - storage plants.

**Key words:** multiple pumped-storage plant; probabilistic production simulation; power system