

变电站继电保护装置状态检修实际应用研究

何小飞¹, 王锐¹, 甄威²

(1. 国网乐山供电公司, 四川 乐山 614000; 2. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610072)

摘要: 简要介绍了状态检修体制的演变和现状, 分析了设备故障发展过程, 研究了变电站继电保护装置状态检修基本原理和思路, 分析了继电保护装置状态监测的内容, 并结合缺陷分析建立了设备状态评估体系和制定了检修策略, 提出改进了的评估周期和检修项目, 最后对智能变电站继电保护装置状态检修应用做了简要分析研究。

关键词: 继电保护; 状态检修; 状态评估; 检修策略

Abstract: The evolution and current status of condition - based maintenance system are briefly introduced, the development process of equipment failures is analyzed, the basic principles and ideas of condition - based maintenance for relay protection devices in the substation are studied, and the contents of condition monitoring for relay protection devices are analyzed. Combined with the defect analysis, the condition assessment system is established, the maintenance strategies are formulated, and the improved evaluation cycle and maintenance projects are proposed. At last, the application of condition - based maintenance to relay protection devices in smart substation is briefly analyzed.

Key words: relay protection; condition - based maintenance; condition assessment; maintenance strategy

中图分类号: TM77 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 6954(2014)01 - 0050 - 05

0 引言

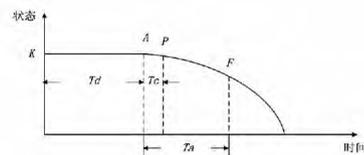
随着电网规模扩大, 输变电设备的增多, 状态检修成为电力系统研究热门课题, 而网络通讯技术、传感器技术发展使状态检修成为可能。设备检修体制随着科学发展, 由最初的事后检修发展为计划检修, 计划检修又经过多年发展成状态检修。状态检修以可靠性为中心, 通过状态监测手段, 诊断设备健康状况, 从而确定设备是否需要检修或最佳检修时机。相比计划检修, 可以减少停运时间, 提高设备可靠性, 降低检修费用, 提高经济效益。目前, 国内对电气一次设备状态检修的研究应用较多, 而二次继电保护状态检修相对较少, 与一次设备状态检修主要依赖传感器在线监测相比, 继电保护装置状态检修由于缺少预警手段因而更多依靠设备自检报警以及对设备缺陷的综合分析。

1 继电保护装置状态检修基本原理

1.1 设备故障发展过程的研究分析

设备故障有一个发展的过程, 不是瞬间出现的, 一般可分为 3 个时期: 正常状态、存在异常但不存在

功能的状态、功能故障状态。



K: 设备投运点 A: 潜在故障出现点 F: 设备功能故障点

图 1 设备故障发展过程示意图

如图 1 所示, 开始阶段设备状态较平稳, 一段时间后到 A 点状态开始下降, 到 F 点发展为功能故障, F 点之前的状态, 即为潜在故障状态。Ta 为从潜在故障发展到功能故障的间隔期, Tc 为检修检测的间隔期。由图 1 可知, Tc 只有小于 Ta 时才可能在功能故障发生前检测到潜在故障。

1.2 状态检修的定义

状态检修可定义为: 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 3 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。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、设备检修等工作, 最后综合设备信息、运行检修等方面信息作出检修决策。

表 1 近 5 年微机保护缺陷统计表

	保护装置本体					外部配套装置				自动装置			交直流系统			通讯总控系统		
	电源插件	模拟量输入	开关量输入	CPU板	出口插件	光纤高频通道	电压切换箱	操作箱	打印机	GPS电源	二次回路	故障录波器	行波测距	备自投	充电模块		交流屏	蓄电池
2008 年	4	1	0	4	0	12	0	0	1	1	6	5	6	0	1	1	3	3
2009 年	7	0	0	13	0	8	0	0	1	0	12	4	4	0	2	2	4	2
2010 年	3	3	1	9	0	5	0	0	2	1	15	5	4	0	3	1	4	2
2011 年	4	1	0	4	0	7	0	0	2	1	14	0	2	0	0	0	2	1
2012 年	6	1	0	6	0	8	1	0	2	2	13	1	1	0	0	0	0	0

2 变电站继电保护设备状态检修实现

2.1 继电保护设备状态检修的基本思路

继电保护状态检修策略有 3 个组成部分: 实际状态信息的采集、设备状态诊断方法和状态检修策略应用。采集实际状态信息是整个系统的输入, 而输出为检修策略的应用, 而状态检修策略的核心内容是状态分析诊断模型的合理确立, 即如何科学合理建立继电保护设备状态评估体系。

2.2 继电保护设备状态监测

状态检修的基础是设备状态监测。站内二次设备的状态监测可用直流回路绝缘监测方法对直流回路绝缘进行监测包括直流动力、操作及信号回路绝缘良好、回路完整性; 利用 TV、TA 的断线监测交流测量系统, 包括 TV、TA 二次回路绝缘良好、回路完整等; 逻辑判断回路和软件功能监测; 二次保险熔断报警等。与一次设备不同的是二次设备的状态监测对象不用过分依靠传感器。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。

2.3 继电保护设备状态评估体系

继电保护设备状态评估体系需要以下几个关键指标。

(1) 设备正确动作率

$$f(a) = \frac{m}{n} \times 100\% \quad (1)$$

其中, m 表示保护设备正确动作次数; n 表示评价周期内保护动作次数。由于保护不正确动作对于装置运行具有十分重要影响, 因此在评估周期内, 只要出现一次不正确动作, 则设定为

$$f(a) = 0$$

(2) 设备故障率

继电保护设备故障主要包括保护装置故障、外部

配套装置故障、自动装置故障、交直流系统以及通讯总控系统故障。对所在班组管辖的保护设备近 5 年微机保护在运行和定校中发现的缺陷进行统计, 所在的班组负责乐山局 23 座 35 kV 及以上变电站, 其中 220 kV 变电站 5 座, 110 kV 变电站 17 座, 35 kV 变电站 2 座, 数量约占全局变电站数量一半。各类设备缺陷统计如表 1 所示, 可得出以下结论。①在微机成套保护上发现的缺陷相对较少, 而其辅助装置(包括收发信机、电压切换箱、操作箱等)、其他二次回路及元件上缺陷较多; ②在微机保护本体中模拟量、开关量输入及出口部分的缺陷较少, 而电源及主机部分的缺陷较多; ③微机保护的缺陷次数, 并非完全随保护数量的增多而成比例上升, 而主要取决于新投产设备的产品质量及安装质量。

根据以上分析, 设定保护设备故障率为

$$f(b) = \frac{m}{n} \times 100\% \quad (2)$$

其中, m 表示在一个设备评价周期内, 保护设备故障即出现缺陷的次数; n 表示一个评价周期内的天数, 设定 $n = 10$ 。

对于设备缺陷可分为危急、严重、一般 3 类缺陷, 而每一类缺陷, 由于重要程度不同权重系数也不同。设定对一般缺陷, 出现一次计为 1; 对严重缺陷, 出现一次计为 2; 对危急缺陷, 出现一次计为 3。对于在一个评价周期内, 同一保护装置累发生 2 次类似缺陷时, 再增加一个 2 的系数相乘, 发生 3 次, 再增加一个 3 的系数相乘, 发生 4 次后, 就直接对保护进行一次检修。

(3) 缺陷处理率

缺陷处理率是指一个评价周期内一个设备缺陷处理率。

$$f(c) = \frac{m}{n} \times 100\% \quad (3)$$

其中 m 表示在一个设备评价周期内,保护设备处理好的缺陷数; n 表示一个评价周期内所有缺陷数。对于不同类别的缺陷,加权系数不同。对一般缺陷,加权系数为 1;对严重缺陷,加权系数为 1.2;对危急缺陷,加权系数为 1.5。

(4) 设备运行服役率

根据微机保护装置全寿命管理规定,微机继电保护装置从投运到报废,使用期限一般为 10~12 年,因此设定为

$$f(d) = \frac{m}{n} \times 100\% \quad (4)$$

其中 m 表示在设备服役周期年数,从设备生产日期算起; n 为设备服役规定最长周期,设定 $n = 12$ 。

以上 4 个指标构成了继电保护装置状态评估体系。设某一设备状态评价总分为 100 分,其中正确动作率分值为 30 分,设备故障率分值为 30 分,缺陷处理率为 30 分,设备运行服役率为 10 分,则在一个评价周期内的评分公式为

$$z = 30 \times f(a) + 30 \times (1 - f(b)) + 30 \times f(c) + 10 \times f(d) \quad (5)$$

通过式(5)计算 z 最后的分值即为该保护装置状态评价分值。

2.4 检修策略的确定原则

根据分值 z 将设备分为以下 3 个状态。

(1) 一类状态(正常状态): $z \geq 90$,表示该设备处于正常状态。

(2) 二类状态(异常状态): $70 < z < 90$,该状态比一类状态较差,但是设备基本处于正常,此类设备纳入重点巡视范围。

(3) 三类状态(临界状态): $z \leq 70$,此类装置一

般都是在评价周期内出现了问题,建议此类装置在第 2 年纳入检修计划,其中分值越低的安排计划检修时间越早。

2.5 状态检修评估周期

根据多年运行检修经验,评估周期可按以下考虑。

(1) 220 kV 系统保护设备 1 年 1 次;

(2) 10~110 kV 系统保护设备 2 年 1 次;

在实际应用中,考虑到电网可靠性,可按电压等级从低到高逐步推广,可先考虑对 10 kV、35 kV 设备纳入状态检修。

3 状态检修评估系统设计方案

3.1 设备管理模块

设备台帐的滚动修改是试验管理、运行管理、缺陷管理、设备状态分析的基础。设备管理模块进一步规范了设备从变电所、设备间隔、设备组、设备、子设备到相关技术参数之间的层次关系,通过不同权限的设定明确了设备(或部件)新增、更换、调度命名变更等业务职能的分配。设备管理不仅是变电设备状态检修分析系统的基础,同时也为决策层及时把握全局设备分布,适时进行设备技术改造提供了技术支撑。

如图 2 所示,该图为 SG186 上的设备管理模块,从图中的信息可以看到设备的型号、生产厂家,投运日期,可以将里面再增设几列内容,包括校验码、软件版本。这些每个班组中的台帐信息都有详细记录。



图 2 SG186 生产管理系统中设备管理部分

3.2 试验管理模块

试验数据是设备状态量信息中的主要数据,试验管理模块实现了设备试验数据信息化管理工作,在整个试验管理中,通过信息系统的管理和约束,形成了从定义、分配、录入到班组、工区、局的三级审核的闭环管理流程,并可以通过流程监控及时把握维护任务的进展情况,及时进行监督和考核。通过试验管理流程的规范化、信息化管理,使乐山供电公司试验管理的透明度得到加强,采集流程周期明显缩短,有效提高了管理效率和管理水平。

3.3 运行管理模块

设备曾经出现的缺陷及目前存在的缺陷是判断设备健康状况的重要判据,缺陷管理模块从变电工区、局生技及调度职能部门、修试厂等各个部门形成闭环管理,具有统计功能(包括同类设备之间的统计)、流程监控及声音提示功能。在 SG186 系统中分别加入以上几个模块,其中,设备管理和缺陷管理数据用于评估体系计算,而运行管理、试验管理数据用于评估体系参考。

4 继电保护设备状态检修项目

根据以上分析可知自动装置、二次回路缺陷相对较多,而微机保护装置本体缺陷较少。因此实行状态检修后,校验项目重点应从以往保护功能逻辑校验转移至二次回路与辅助设备的检查上。目前乐

表 2 目前与过去保护年检主要内容比较

	过去保护年检主要内容	目前保护年检主要内容
1	交、直流绝缘电阻测试	交、直流绝缘电阻测试
2	开关量输入回路检查(弱电开入)	开关量输入回路检查(弱电开入)
3	模数转换系统检验(零漂、有效值)	模数转换系统检验(零漂、有效值)
4	保护定值检验(包括动作时间)	保护定值检验(包括动作时间)
5	带开关传动(包括跳闸矩阵检验)	带开关传动(包括跳闸矩阵检验)
6	反措确认	保护出口端子对地电位检验(开出量)
7		信号回路测试
8		录波回路测试
9		保信回路测试
10		反措确认

山供电公司已采用国网四川省电力公司最新的保护年检调试标准卡,如表 2 所示。从表中可以看出,新的标准卡与以往的标准卡相比,主要是加强对回路(信号回路、保信回路、录波回路、开出量)的检验,而这些检验过去只是在新安装调试时才进行试验。

5 智能变电站继电保护设备状态检修浅析

5.1 智能变电站的二次设备状态监测

智能变电站因基于强大的网络通信技术使得继电保护设备具有强大的“自检”能力,从而为状态检修的实现提供了良好的基础。智能变电站的继电保护装置二次电流、二次电压输入的方式为光纤以太网传输的数字采样值报文的输入;保护动作出口不再是跳闸、重合闸接点,而是光纤以太网传输的 GOOSE 开关量信息。装置本身可以对接收的 SMV 采样值报文进行监视,如有接收中断、丢数据帧、接收数据帧 CRC 不正确等现象,立即告警 SMV 采样异常即可;保护投退用软压板控制,不存在传统变电站压板状态监测的困难;由于大量光纤取代电缆,也不再需要回路绝缘状况监测(直流回路除外)。因此二次设备状态监测更为全面、可靠。对智能变电站继电保护装置的状态监测,包括以下方面。

(1) 逆变电源监测,包括电源工作环境(温/湿度)、负载情况、工作时间、开关次数、电容曲线等;

(2) 以太网通讯口运行情况监测,后台软件用 SNMP 协议监视各交换机端口状态,包括 GOOSE 报文和 SV 报文序号连续性,接收的 SMV 报文、GOOSE 报文速率、误码率统计、是否丢帧丢点、通讯是否中断等;

(3) 微机系统自检,如 RAM 是否出错、看门狗是否动作、装置的重启次数等、装置上电次数统计。

5.2 智能变电站继电保护设备状态检修实现方案

如图 3 所示,各台继电保护装置的监测信息均汇集到状态监测中心,从而建立起一套继电保护状态检修系统,相关人员在监测中心就能实时监控设备运行状况,并综合分析各项数据监测结果,评估设备健康状况。当设备出现异常信息时候,智能告警决策系统以声光电等多报警形式提示人员制定设备检修方案。

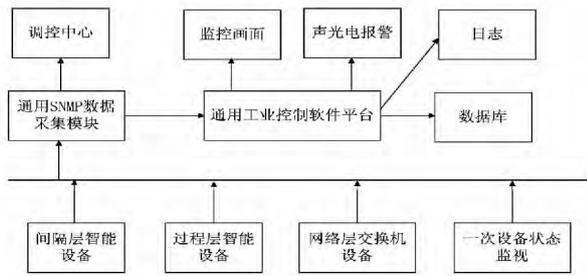


图 3 智能变电站状态监测可视系统框架

6 结 论

针对继电保护状态检修工作展开研究,对保护设备缺陷进行分析,建立设备状态检修评估体系,并提出了相应的检修策略,取得了一些创新性成果。最后对智能变电站中二次设备状态检修进行了简要分析。相比传统变电站,智能变电站在实现状态检修方案更有基础以及可操作性,相信随着智能变电站的推广,继电保护设备状态检修将会得到更广泛应用。

参考文献

[1] 陈钢. 变电站电气设备的状态检修和状态监测技术现状及其发展趋势[J]. 贵州电力 2005(1): 15-17.

[2] 黄建华. 变电站高压电气设备状态检修的现状及其发展[J]. 电力系统自动化 2008(2): 12-14.

[3] 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): 12-17.

[4] 楼凤丹. 输变电设备状态检修评估分析软件系统[J]. 电力设备 2004(2): 10-12.

[5] 郑圣, 赵航. 故障信息处理系统中继电保护装置的可靠性研究[J]. 继电器 2005 33(11): 37-39.

[6] 李永丽, 李致中, 杨维. 继电保护装置可靠性及其最佳检修周期的研究[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(6): 63-65.

[7] 许蜻, 王品. 电力设备状态检修技术研究综述[J]. 电网技术 2000(8): 48-52.

作者简介:

何小飞(1986), 硕士研究生, 工程师, 现从事继电保护二次检修工作。

(收稿日期: 2013-09-23)

(上接第 25 页)

所公布的 web 应用安全漏洞, 并针对出现的漏洞给出指导性建议。

1.3 全景展示

具有安全数据整合及漏洞实时监测功能的集中监测分析平台基本完全挖掘出四川电力当前信息系统运行过程中与安全相关的数据, 依托对这些海量数据的综合展示分析, 管理者能快速识别当前风险, 为信息安全下一步投资提供充分的参考依据。

2 结 论

针对四川电力当前信息安全相关数据较分散, 同时对于弱口令、网站漏洞等缺乏实时监控手段问题, 不利于信息安全督查工作开展问题, 提出建立信息安全集中监测分析平台, 提取现有各系统中与安全相关的数据, 并对其进行整合、分析, 同时对弱口令、网站漏洞等进行实时监控, 最后对海量数据进行综合展示分析, 全面地分析监测报告, 帮助深入掌握系统安全漏洞和信息安全趋势, 实现安全技术和管理的结合, 同时利用关联分析可以找出安全事件中各种属性之间的相关性, 排除无意义的信息, 及时

对安全问题进行快速定位, 提高安全事件的应急响应处理能力。

值得说明的是, 如何利用集中监测分析平台的海量安全事件进行信息安全态势感知, 从总体上动态反映网络安全状况, 并对网络安全状态的发展趋势进行预测和预警, 是安全领域具有挑战性的问题, 也是尚需进一步努力的地方^[6]。

参考文献

[1] 四川省电力公司. 四川省电力公司“十二五”信息化规划[Z]. 2011.

[2] 沈昌祥, 张焕国, 冯登国, 等. 信息安全综述[J]. 中国科学 E 辑: 信息科学 2007 37(2): 129-150.

[3] 郭红星. 网络信息安全预警监控系统设计与实现[J]. 计算机安全 2012(2): 48-50.

[4] 王刚军, 张学松, 郭志忠. 电力信息安全的监控与分析[J]. 电网技术 2004 28(9): 50-53.

[5] 赵衍. 基于网络数据挖掘的信息安全监控体系[J]. 上海管理科学 2010 23(4): 52-55.

[6] 余勇, 林为民. 基于等级保护的电力信息安全监控系统的设计[J]. 计算机科学 2012(11): 440-442.

(收稿日期: 2013-10-21)