

# 继电保护状态检修的研究

宋柯<sup>1</sup>, 何滔<sup>1</sup>, 郑焯文<sup>2</sup>, 童松<sup>1</sup>, 张海翔<sup>2</sup>, 吕飞鹏<sup>2</sup>

(1. 国电大渡河瀑布沟水力发电总厂, 四川雅安 625304;

2. 四川大学电气信息学院, 四川成都 610065)

**摘要:** 状态检修作为一种新兴的检修技术正在电力系统的二次设备中逐步开展。在对继电保护状态检修的现状和技术难点研究的基础上,提出了实现继电保护状态检修的关键技术,有效解决了二次回路状态监测的难题;分析了继电保护状态检修系统的基本结构和功能组成,为实施继电保护状态检修提供了参考和借鉴。

**关键词:** 继电保护; 状态检修; 操作回路; 电力系统

**Abstract:** As a new maintenance technology, the condition-based maintenance is developing gradually in secondary equipment of power system. On the basis of the researches about the present situation and the technical difficulties, the key technologies to achieve the condition-based maintenance of relay protection are proposed, which solves the problems of condition monitoring for secondary circuit. The basic structure and functions of the condition-based maintenance system of relay protection are analyzed, which provides a reference for the implementation of condition-based maintenance of relay protection.

**Key words:** relay protection; condition-based maintenance; control circuit; power system

中图分类号: TM77 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)04-0062-04

## 0 引言

20世纪90年代以来,随着计算机技术、通信技术、信息技术在电力系统领域的拓展应用,使电气设备的状态检修技术有了实施的基础。状态检修,即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,通常,包含状态监测、状态诊断、检修决策3个环节<sup>[1]</sup>。目前,架空线路、油浸式变压器、SF<sub>6</sub>断路器等一次设备已经开始按照状态检修的导则要求有序地开展状态检修的工作。而继电保护装置作为电力系统最重要的二次设备之一,对其开展状态检修工作可以有效地提高设备的可用率,降低继电保护检修工作量,提高设备的管理水平,是电网经济发展的必然要求。

近年来,开展继电保护装置状态检修研究的呼声很高,众多学者在理论和实践上展开了深入的探索和研究。文献[1]提出了电气二次设备状态检修的研究思路。文献[2]利用SEL保护的可编程逻辑功能实现操作回路监视及探讨了继电保护状态检修的实现方案。文献[3]提出了一种继电保护状态检修的技术体系结构。文献[4-6]研究了继电保护

装置的最佳检修周期。

在上述学者研究成果的基础上,分析了继电保护检修技术的现状及技术应用的难点,提出了实现继电保护状态检修的关键技术,分析了继电保护状态检修体系结构,为继电保护状态检修的实用化作出了一些尝试。

## 1 继电保护状态检修现状及难点

目前,继电保护检修仍以定期检修为主。而这种单纯按固定时间间隔对设备进行检修,不考虑设备实际情况的检修方式存在很大的强制性和盲目性,造成电气设备的可用度下降,以及人力、物力、财力的浪费,同时定期检修也会在一定程度上影响继电保护装置的使用寿命,过度检修和检修不足并存,并且两次检修之间出现的保护故障往往不能及时发现,为电力系统的安全稳定运行埋下了隐患。

随着微机保护应用技术的迅速发展,保护装置本身具备了很强的自检功能,理论上可以实现对于逆变电源、电流、电压输出回路、保护定值的完整性,保护的输出/输入接点,保护的数据通信环节的监视,以及保护装置重要信息的数据远传,这为继电保

护装置实现状态检修奠定了坚实的基础。

虽然微机保护本身具备了状态检修的实施基础,但是除了继电保护装置本身外,还包括交流输入、直流回路、操作控制回路等。因而对于继电保护的状态检修必须作为一个系统性的问题来考虑,才能使保护状态检修技术在实际应用中得到推广,而这些二次回路是由若干继电器和电缆组成,点多、分散,对其实现“无盲点”监测具有相当的难度,导致继电保护的状态检修工作难以推进。

目前,对这些二次回路的监测手段还不多,而近年来由于二次回路的故障造成继电保护装置不正确动作的比例相当高。据历史统计资料显示<sup>[7]</sup>,2008年国家电网公司220 kV及以上交流系统的继电保护装置不正确动作18次,其中TA回路绝缘破损1次、电压测量回路异常1次、保护装置内部参数设置错误1次、电源插件异常1次。这些缺陷发生在两次定期检修之间,若能通过状态监测及早发现,对有效提高继电保护正确动作次数具有极大的帮助。

因此,实施继电保护装置状态检修应完整监测:直流系统,包含直流动力、操作及信号回路绝缘良好、回路完整;交流测量系统,包含TV、TA二次回路绝缘良好、回路完整,测量元件的完好;逻辑判断系统,包含硬件逻辑判断回路和软件功能。

## 2 实现技术

### 2.1 保护二次回路

随着微电子技术、计算机技术的快速发展,可编程逻辑PLC技术已经广泛应用于各行各业中。对继电保护状态的监测,这种技术使过去采取硬件式结构的操作箱回路可通过软件编程来实现,有效地通过操作箱的智能化延伸到保护装置的自检范畴内。例如美国SEL提供的数字仿真式继电保护平台基于平台化技术,利用可逻辑编程的PLC功能根据不同的需要灵活、有效地设计微机操作箱,解决了二次回路状态检修的问题,可为实现保护系统完整的状态监测创造了必要的条件。

但上述技术适合于在新兴的智能变电站中应用,若在常规变电站采用智能化的操作箱,不仅增加了系统的复杂性,从而降低系统的可靠性,而且应用在大量低压保护上也不经济。因此,针对常规的变电站,提出了远程传动对二次回路进行试验的方法

来检测回路的可靠性。

首先,在用电低谷时,提前向用户发出停电通知,然后进行远程传动实验。在监测中心对保护装置发送一次远程传动命令后,执行一次跳闸-重合闸的操作。整个过程只需要1~2 s,对用户和电网的影响不大,可检验保护出口到断路器执行机构之间的回路接线是否正确,还顺带检测了断路器动作的正确性。

该方法很适合低压馈电线路,对于不是很重要的负荷,理论上可以通过使保护装置有计划性的动作,实现跳闸-重合闸回路的检测,从而替代定期检验,大大降低了检验的工作量。对于变压器保护,如果能够由站内其他变压器转带负荷,也是可以进行远程传动试验的。

### 2.2 断路器状态的监测

从实现保护的意義来讲,作为电力系统重要一次设备的断路器是继电保护装置在一次设备的延伸。因此,对断路器跳闸接点的有效监视是继电保护状态监测的重要环节之一。

常用的方法是检验常开、常闭辅助接点(52A、52B),正常情况下52A和52B的状态是相反的,如果状态相同,就表明断路器很有可能处于异常状态,应在一定延时后予以报警。具体情况如下:若52A和52B同时闭合,则表明:①二次回路或辅助接点有缺陷;②断路器有缺陷。若52A和52B同时断开,则表明①二次回路或辅助接点有缺陷;②断路器处于隔离状态;③断路器有缺陷。

一般断路器检修需要确保操作动作机构正常,跳合闸回路正确,断路器的遮断容量满足系统要求,这种定期检修方式只能给予断路器大致的维修指导,而保护记录了断路器每次动作的情况,可为更精确地评估断路器的状态提供参考信息。

### 2.3 TV、TA的监测

电压回路的监视一般由3个环节组成,如图1所示。

1) 单相或两相电压失却:若在检测零序电压时,零序和负序电流为0,则表明电压回路有故障。

2) 带负荷时三相电压失却:在此情况下无法检测到零序电压,因而不能启动电压回路监测功能,一般根据电流的变化量来启动电压回路监测功能。

3) 线路充电时三相电压失却:此情况的发生一般由两个原因引起,一是近区故障,二是TV回路有

故障,前者需要加速跳闸,后者需要闭锁保护。

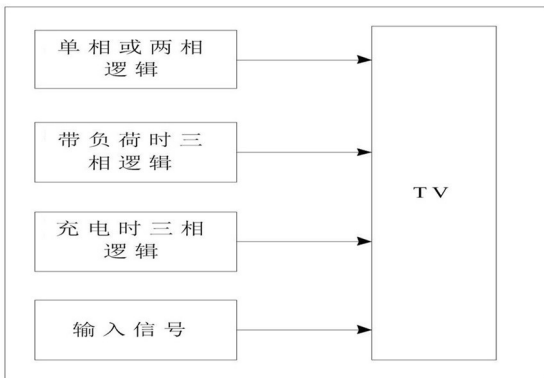


图1 电压回路监视示意图  
电流回路的监视示意图如图2所示。

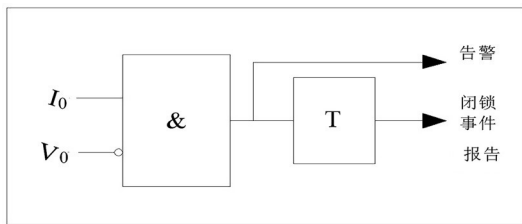


图2 电流回路监视示意图

一般地,若在无零序电压的情况下监测到零序电流,则表明电流回路异常。另外,由于电压互感器的联接需要反映一次侧的零序电压,所以变压器必须是一次侧接地或三相5柱式,采用瞬间闭锁、延时警告的逻辑。

### 2.4 收集继电保护装置信息

为了科学、全面地对继电保护装置的状态进行评估,合理地制定检修策略,除了在线监测到的保护装置状态信息,对于继电保护设备的基础资料信息收集也是必不可少。

继电保护的基础资料主要由原始资料、检修资料及遗传缺陷资料组成。原始资料包含出厂资料(如设备参数、技术说明书、出厂试验报告等)、技术协议、安装记录、相关会议纪要、验收报告等;检修资料包含巡检记录、例行试验报告、消缺记录、诊断性试验报告等;遗传缺陷资料包含家族式缺陷(如保护装置的液晶显示屏、开关电源等在设备运行后同一时间发生故障)、历年缺陷及异常记录、历次状态评价报告等。

广泛、完整地收集继电保护的基本资料是对其开展状态检修工作的重点也是难点之一,只有建立了健全的基础资料后才能对继电保护装置的状况进行全面有效的评估。

## 3 继电保护状态检修系统

继电保护状态检修的关键在于有效地发现保护系统的异常,及时消除保护装置或回路的缺陷,因此,良好的状态监视系统是保护状态检修的首要环节,继电保护状态监视系统的结构示意图如图3所示。

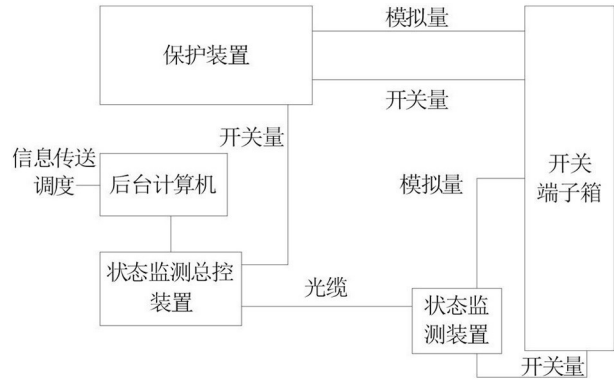


图3 保护状态监测系统

保护状态监视系统基本由3部分组成:①信息采集系统;②信息分析系统;③信息传输系统。信息采集系统主要实现保护装置、跳闸线圈、相关回路等关键信息的采集,这些是继电保护状态检修系统实现的基础;信息分析系统主要进行数据处理和分析,如保护定值的管理、保护自检报警、保护动作报警等;信息传输系统一般采用光纤作为媒介,增加其抗干扰能力。

在获取了继电保护状态信息的基础上,后台分析系统利用专家库的知识和经验,模拟专家的思维决策对信息进行推理判断,判断设备是否故障及确定故障的位置、性质,并得出检修结论。保护状态检修后台分析系统从功能上一般分为基本应用功能和高级应用功能,如图4所示。

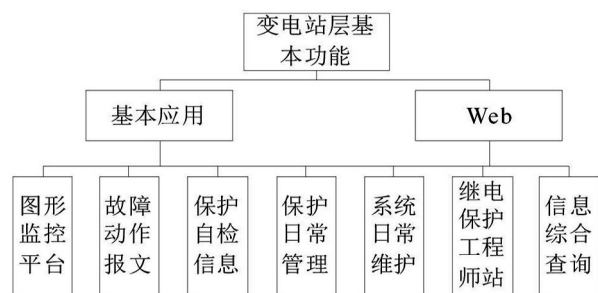


图4 保护状态检修后台分析系统

继电保护状态检修的工作流程如图5所示,主要分为报警信息处理机制和专家分析系统。

从图5可看出,保护状态检修系统先根据报警

信息类型将实时信息进行分类,再结合历史信息和设备运行情况,对保护的健康水平进行综合评价,判断设备是否处于异常状态。而专家分析系统根据继电保护装置的报警信息,利用推理原则进行推理分析,同时结合运行人员的经验判断来诊断保护装置可能的异常。

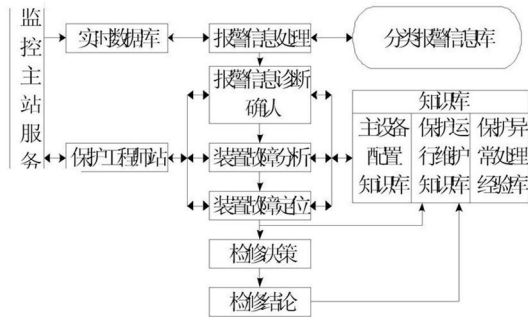


图5 保护状态检修系统工作流程图

### 4 结论

继电保护装置状态检修的应用正方兴未艾,在介绍了继电保护检修技术现状及状态检修技术应用难点的基础上,提出了实现继电保护状态检修的关键技术,分析了继电保护状态检修系统的基本结构和功能组成,为继电保护状态检修的实用化作出了一些尝试,希望能起到抛砖引玉的作用,促进继电保护装置状态检修早日实施。

### 参考文献

[1] 吴杰余,张哲,尹项根,等. 电气二次设备状态检修研究[J]. 继电器,2002,30(2): 22-24.

[2] 高翔,刘韶俊. 继电保护状态检修及实施探讨[J]. 继电器,2005,33(20): 23-27.

[3] 韩平,赵勇,李晓朋,等. 继电保护状态检修的实用化尝试[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(19): 92-95.

[4] 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): 63-71.

[5] 丁茂生,王钢,贺文. 基于可靠性经济分析的继电保护最优检修间隔时间[J]. 中国电机工程学报,2007,27(25): 44-48.

[6] 李红宁,张勇军,吴国沛,等. 基于可靠性分析的微机继电保护设备最佳检周期研究[J]. 电力自动化设备,2007,27(9): 71-74,87.

[7] 沈晓凡,舒治淮,刘宇,等. 2008年国家电网公司继电保护装置运行情况[J]. 电网技术,2010,34(3): 173-177.

### 作者简介:

宋柯(1969),男,高级工程师,从事水电站生产管理工作;

何滔(1983),男,工程师,从事电力系统继电保护工作;

郑焯文(1990),男,硕士研究生,主要研究方向为电力系统继电保护。(收稿日期:2013-03-31)

(上接第14页)

[6] 杨冬,刘玉田,牛新生. 分区电网限流运行方式的综合决策方法[J]. 电力系统自动化,2010,34(12): 34-38.

[7] 竺炜,谭喜意,唐颖杰,等. 汽轮发电机组一次调频性能的分析[J]. 电力系统自动化,2008,32(24): 52-55.

[8] 金娜,刘文颖,曹银利,等. 大容量机组一次调频参数对电网频率特性的影响[J]. 电力系统保护与控制,2012,40(1): 91-95.

[9] 于达仁,郭钰锋. 电网一次调频能力的在线估计[J]. 中国电机工程学报,2004,24(3): 72-76.

[10] 尹峰. CCS参与的火电机组一次调频能力试验研究[J]. 中国电力,2005,38(3): 74-77.

[11] 张江滨,李华,谢辉平. 水电机组并网运行频率调节系统的稳定性[J]. 电网技术,2009,33(9): 57-62.

[12] 刘明松,孙华东,何剑. 考虑暂态频率偏移的一次调频旋转备用优化方法[J]. 电网技术,2011,35(8): 129-133.

[13] 张江滨,李华,谢辉平. 基于发电机组出力曲线特征

的一次调频性能评价方法[J]. 电力系统自动化,2012,36(7): 99-103.

[14] 王珍意,谢一工,尹成全,等. 对CPS标准下AGC与一次调频配合问题的研究[J]. 电力系统保护与控制,2007,37(19): 22-25.

[15] 周德强. 基于最小一乘法的GM(1,1)模型及在负荷预测中的应用[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(1): 100-103.

### 作者简介:

胡立锦(1986),男,硕士,主要从事电力系统安全控制分析方面的研究;

杨永全(1973),男,高级工程师,主要从事风力发电技术方面的研究;

常喜强(1978),男,高级工程师,主要从事电力系统安全稳定分析工作;

张新燕(1964),女,博士,教授,博士生导师,研究方向为风力机控制、电气系统优化设计。

(收稿日期:2012-04-24)