

## 继电保护状态检修的实用化尝试

韩平<sup>1</sup>, 赵勇<sup>1</sup>, 李晓朋<sup>2</sup>, 石光<sup>1</sup>, 王洪涛<sup>1</sup>, 包伟<sup>2</sup>, 李健<sup>3</sup>

(1. 河南电力试验研究院, 河南 郑州 450052; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000;  
3. 济源市供电公司, 河南 济源 454650)

**摘要:** 分析了继电保护状态检修及状态监测的现状及技术难点, 介绍了在继电保护状态检修实用化方面进行的一些尝试。提出实现继电保护状态检修的三个要素: 一是充分获取设备状态信息, 特别是采用比对法对交流电压、电流的采集通道以及二次回路实现状态监测; 二是采用远程传动技术, 解决了对继电保护出口部分以及断路器执行部分的状态监测的难题; 三是省级电网为单位广泛收集继电保护装置家族性缺陷信息。由此设计了省级电网实现继电保护状态检修的体系结构, 并且分别在一个 110 kV 常规变电站和一个 110 kV 数字化变电站进行了工程应用。

**关键词:** 继电保护; 状态检修; 比对法; 状态信息; 远程传动; 在线监测

### Instantiation sample of relay protection state maintenance

HAN Ping<sup>1</sup>, ZHAO Yong<sup>1</sup>, LI Xiao-peng<sup>2</sup>, SHI Guang<sup>1</sup>, WANG Hong-tao<sup>1</sup>, BAO Wei<sup>2</sup>, LI Jian<sup>3</sup>

(1. Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China; 2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China;  
3. Jiyuan Power Supply Corporation, Jiyuan 454650, China)

**Abstract:** This paper analyzes the status and technical difficulties of power system relay protection status maintenance and condition monitoring, describes the practical attempts of state maintenance in the relay protection, and proposes the three elements of achieving relay state maintenance: first, obtain device's status information fully, in particular, use comparison method to achieve condition monitoring of AC voltage and current channels and the secondary circuit; second, use a remote drive technology to solve the difficult problems of relay's output circuit parts and circuit breaker's implementation circuit state monitoring; third, collect familial defect information of protection devices extensively in provincial power system. Thus the architecture of provincial power grid relay state maintenance is designed, and has been applied in a 110 kV normal station and a 110 kV digital station.

**Key words:** relay protection; state maintenance; contrast; state information; remote transmission; online monitoring

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)19-0092-04

## 0 引言

20 世纪 90 年代以来, 我国的电气设备状态在线监测及状态检修技术开始起步。目前, 利用各种先进的监测技术和装置, 已基本实现对变电站一次设备状态监测, 一次设备状态检修工作也在有序的开展。近年来开展继电保护状态检修研究的呼声很高, 开展继电保护的状态检修可以有效地减少设备的检修停电, 提高保护装置的可用率和供电可靠性, 降低继电保护校验工作量和“三误”的发生, 是电网、经济发展的必然要求。由于继电保护的复杂性和重要性, 有关方面对继电保护状态检修比较慎重, 离实用化尚有一定的距离。

本文分析了继电保护检验技术的现状及难点,

针对省级电网开展继电保护状态检修提出了一种技术体系结构, 并介绍了作者在该领域已经进行的一些尝试。

## 1 继电保护状态检修现状及难点

目前, 继电保护的检修以人工进行定期检验为主。定期检修的试验方法、结果真实可信, 试验项目齐全, 可以发现问题, 消除安全隐患。但这种不根据设备的实际情况、单纯按规定的时间间隔进行维修的方式, 不可避免会产生“过剩维修”, 造成设备有效利用时间的损失, 人力、物力、财力的浪费, 甚至会引发维修故障, 并且两次检修之间装置发生故障不能及时发现。

随着变电站和输电线路的数量越来越多, 继电

保护检验工作量剧烈增加。而由于编制限制及人才培养周期等原因继电保护检验人员却并不能相应增加,加上许多线路停电难、停电时间短,造成继电保护检验完成率较低,继电保护技术人员长期处于超负荷工作状态,既影响了保护检验质量又容易发生误碰、误接线、误整定等事故。因此,继电保护的监测和校验有必要寻找新的方向和解决办法。

近年来,业内人士对继电保护状态检修也做了大量的研究工作<sup>[1-3]</sup>。状态检修必须建立在对设备状态进行有效监测的基础上,我们认为继电保护状态监测有以下几个特点:第一、微机保护装置本身具有很强的自检功能,具备状态监测的基础。微机保护装置理论上可以实现对逆变电源、A/D转换系统、采样数据合理性、保护定值完整性、保护的输入输出接点、保护数据通讯环节、控制回路断线等的监视。第二、继电保护在没有一次设备故障的情况下装置一直处于“静止”状态,只有在被保护设备发生故障时才进入“动作”状态,因而被称为“电网静静的哨兵”。这就造成了平时不可能监测到装置“动作”状态的信息。第三、继电保护系统除装置本身,还包含交流输入、直流回路、操作控制回路等外部回路,目前对这些外回路监测手段还不多,而近年来由于外回路造成继电保护不正确动作的比例相当高。

根据文献[4]统计,2008年国家电网公司交流220 kV以上系统继电保护装置不正确动作18次,其中保护装置内部参数设置不正确1次、CT回路绝缘破损1次、电源插件异常1次、电压测量回路异常1次。这些在两次定期检修之间发生的缺陷,如果能依靠状态监测及早发现,对有效减少继电保护不正确动作次数,具有积极的意义。

目前继电保护设备的操作回路不具备自检、在线监测、数据远传功能,因此,要通过在线监测技术完整实现继电器接点的状况、回路接线等的有效监视比较困难,这可能是目前保护状态检修迟迟未能有效推进的主要原因之一。针对于此,文献[5-6]提出了智能操作箱的设计概念,应该说其理念更适合在智能变电站中的断路器智能单元中应用,如果在常规站中采用智能操作箱,不但增加了系统的复杂性、而且在大量低压保护中使用也不经济。

对于智能变电站的继电保护装置,文献[7]提出了远程校验的一种实现方法,但针对常规变电站的继电保护的状态监测还是没有实质性的进展。

## 2 继电保护状态检修实用化的基本思路

近年来,微机保护装置软硬件技术及制造工艺

水平都有很大提高,也积累了大量的运行经验,为继电保护状态检修奠定了技术基础。实现继电保护状态检修首先要利用微机保护、测控等安全自动装置的自检信息,建立一整套反映继电保护设备实际状况的监控系统,来监测保护设备的运行状况;并结合远程传动以诊断保护装置及断路器的动作行为来确定设备是否需要检修。状态检修必须建立在对设备状态进行有效监测的基础上,根据监测和分析诊断的结果安排检修时间和项目。

我们认为,有效实现继电保护状态检修必须做好以下几个方面的工作:一是充分获取设备状态信息;二是采用远程传动技术;三是广泛收集继电保护装置家族性缺陷信息。综合以上信息指导继电保护状态检修工作。

依据以上分析,我们设计了省级电网的继电保护状态检修体系结构(见图1),该结构分三层。

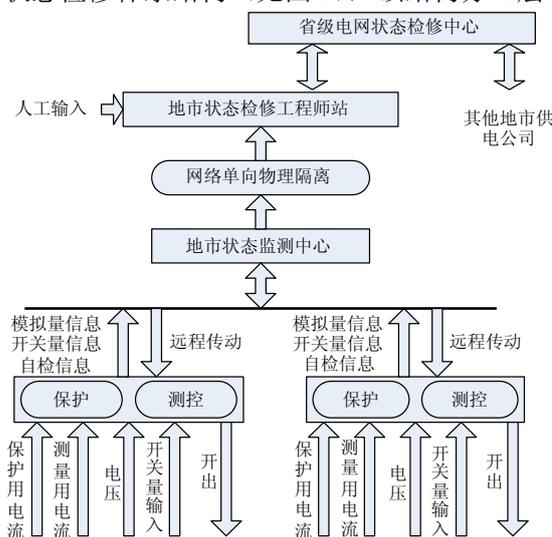


图1 省级电网继电保护状态检修体系结构

Fig.1 Architecture of provincial power grid's relay state maintenance

第一层:变电站内继电保护装置将其内部自检信息、测量用电压和电流值、保护用电压和电流值、远程传动试验中反馈的开关量动作SOE等信息通过调度专网传送到设在地区供电公司的继电保护状态监测主机。

第二层:地区供电公司设置状态监测主机和状态检修工程师站。监测主机接收区域内各个变电站继电保护状态信息,该主机还能够对区域内允许远程传动的继电保护装置进行远程传动,这些远程传动都是由专业人员操作完成的。状态监测主机通过单向物理隔离装置与状态检修工程师站相连接,工程师站只能接收状态监测主机的数据,不能向监测

主机发送数据，这样可以有效地保护实时控制区网络的安全运行。

第三层：在省级电网技术监督部门设立状态检修中心计算机，通过办公自动化网络与各地区的状态检修工程师站相连，可以接收全省各个站各种保护装置的状态信息，远程传动结果信息，也可以接收各地区人工录入的继电保护缺陷及动作情况。省级技术监督部门汇总后得出各种型号继电保护装置的家族性缺陷，以及保护状态信息的综合评价，各地区供电公司根据这些信息可以科学地制定继电保护状态检修计划。

### 3 全面获取继电保护有效状态信息

微机保护装置本身具备了很强的自检功能，依靠其自检能够发现大多数硬件故障，但是为了真正全面反映保护设备健康状态，科学开展状态检修，还应该增加以下监测功能。

#### (1) 开关电源温度监测

统计表明，开关电源故障大多是因其电解电容故障引起的，因为在开关电源产品中，除电解电容以外的其他元件只出现偶发故障，电解电容由于化学变化，会发生损耗性故障。电解电容的寿命一般依据“十度法则”确定，即温度每降低 10℃，寿命将增大 1 倍。为此在开关电源内部靠近电解电容附近装设测温元件，实时检测开关电源温度并通过通信口上传，这样远程监测中心就能够绘制该保护自投运以来的温度曲线，结合开关电源的累计工作时间就能够大致推算出开关电源的寿命。

#### (2) 继电保护装置的保护采集量上传

目前变电站测量电压和测量电流由测控装置或低压保护测控一体化装置上传到监控系统，保护 CPU 采集到的保护电压和保护电流是不上传的。对保护程序修改后使保护电压和电流量也能够通过通信口上传，这样在远程状态监测中心就可以将同一回路的保护电流和测量电流进行比对，在线监测保护的电流采集回路是否正常，如果某一相电流保护和测量采集误差大于某一极限值，即告警检修；同样，也可以将同一母线上所有间隔的保护装置采集的电压量值与测量电压进行比对，以在线监测保护的电压采集回路是否正常，如果判出某一台保护装置与测量电压或其他装置采集误差大于某一极限值，即告警该装置电压采集通道异常。

这种比对方法将交流回路状态监测范围延伸到保护装置以外的互感器二次回路，解决了以往保护自检无法发现交流回路故障点难题。

#### (3) 液晶显示器背光点亮时间统计上传。保护

装置的液晶显示器故障率较高，而液晶故障主要有断笔画、背光不亮、黑屏等，其中大部分跟投运时间有关系，而背光寿命则与背光点亮时间有关，因此，根据装置投运时间及背光点亮时间可以大致推测出液晶的使用寿命。

继电保护状态监测信息见表 1，这些继电保护状态信息并不要求很高的上传速度，以每分钟刷新一次即可，因此不会对网络通信构成压力。

表 1 继电保护装置状态监测信息一览表

Tab.1 Relay protection state information on monitoring

监测对象及内容	是否上传	是否新增
软硬件版本信息	上传	
CRC 校验码	上传	
定值及区号	上传	
装置内部温度	上传	新增
RAM 检查	不上传	
FLASH 擦写次数	不上传	
A/D 转换器自检	不上传	
开关电源温度	上传	新增
开关电源工作时间	上传	新增
测量电流、电压	上传	
保护电流、电压	上传	新增
液晶点亮时间	上传	新增
控制回路短线	上传	
失电告警	上传空接点	
通道监测（线路保护）	上传	
通信口状态监测	上传	

状态监测中心接收到某一保护上传的状态信息见图 2。



图 2 状态监测中心信息浏览图

Fig.2 Information view in state monitoring center

#### 4 采用远程传动对二次回路进行试验

对于在检修周期内没有动作过的保护装置,也无法验证该装置的出口回路是否良好,对此,可以采用远程传动的方法进行校验。我们的解决方案是:提前向用户发出短时停电通知,选择在用电低谷时段进行远程传动试验。在远程监测中心对保护装置发送一次远程传动命令,保护装置收到命令后,执行一次跳闸-重合闸操作。整个过程仅需要 1~2 s 的短时间停电,对用户影响不大。该方法不仅检验了保护出口到断路器执行机构之间的回路接线以及开入回路是否正确,还可以验证断路器动作的正确性。

在继电保护装置收到远程传动试验命令后立即以保护动作的方式出口跳闸,但不启动失灵,同时将开入量变位情况以 SOE 形式上传监测中心,这些开入量都是与断路器有关的,如:合位、跳位、压力低闭锁合闸、压力低闭锁重合闸、压力低闭锁分闸、控制回路断线、打压、打压超时等等。监控中心记录这些开入变位时间并与以往该保护及断路器的传动的历史数据进行对比,如果差别不大则证明保护出口回路及断路器机构的状态正常,如果某些值偏差太大则需要技术人员专门分析,判断是否存在设备故障、是否需要现场检修。

目前对于低压馈电线路非常适合远程传动,如果不是特别重要的负荷,理论上可以通过使保护装置有计划性的、受人为控制的动作,实现跳合闸回路的检测,从而取代定期检验,降低检验工作量。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。

#### 5 广泛收集继电保护装置家族性缺陷信息

继电保护装置的运行状况和使用寿命与制造厂设计水平、制造工艺、软件版本、元器件采购及筛选等环节密切相关,同时也与运行环境、维护水平有很大关系。同一型号、同一软硬件版本、同一批次的保护装置往往存在同样的家族性缺陷,比如某一批保护装置液晶显示器或开关电源会在设备运行后同一时间段出现故障。因此我们可以广泛收集这些家族性缺陷信息,为运行中的设备提供检修指导。

由于收集信息工作需要很大的样本,因此单靠地区供电公司是不够的,必须以省级技术监督部门为主导,联合各地区供电公司及相关制造厂家,收集全省范围继电保护的离线状态信息,包括保护型号、出厂批号、电压等级、投运时间、装置的缺陷类型、处理方法、保护动作情况等。汇总这些信息

能够形成对某一型号、某一批次保护装置的设备评价及家族型缺陷信息。这些信息由全省各供电公司共享,结合各地继电保护在线状态信息及远程传动信息,作为各地状态检修的科学依据。

#### 6 结语

依据本文的设计思想,在河南济源 110 kV 祥云变和银河变(数字化站)进行了工程应用。监测中心设在济源供电公司,现场保护装置全部按第 3、4 节的要求进行了软件升级。通过现场试验,能够实现继电保护状态信息远方监测、远程传动等功能。

继电保护装置状态检修,主要依靠保护自身的微机化智能化的特点对软硬件稍作改动而实现,并不需要增加额外的监测设备。而采用电流和电压比对法以及远程传动的方法可以充分检查到以往在线监测的盲区,只要考虑周全,技术合理,安全性也是有保障的。本文介绍了我们在继电保护状态检修方面的一些实用化尝试,希望能起到抛砖引玉的作用,促进我国继电保护状态检修的实施。

#### 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.  
WU Jie-yu, ZHANG Zhe, YIN Xiang-gen, et al. Study on condition-based maintenance of electrical secondary equipment[J]. Relay, 2002, 30(2): 22-24.
- [2] 周俊,马永才,徐蓼,等. 微机型继电保护设备运行分析及状态检修的探讨[J]. 浙江电力, 2005(5): 35-37.  
ZHOU Jun, MA Yong-cai, XU Liu, et al. Discussion of condition-based maintenance to the microcomputer protective device[J]. Zhejiang Electric Power, 2005(5): 35-37.
- [3] 吴宏斌,盛继光. 继电保护设备可靠性评估的数学模型及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(9): 65-68.  
WU Hong-bin, SHENG Ji-guang. Mathematical model and its application of relaying protection device reliability assessment[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(9): 65-68.
- [4] 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.  
SHEN Xiao-fan, SHU Zhi-huai, LIU Yu, et al. Statistics and analysis on operation situation of protective relays of state grid corporation of China in 2008[J]. Power System Technology, 2010, 34(3): 173-177.
- [5] 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): 23-26.

(下转第 117 页 continued on page 117)

价太高, 可以考虑增建线路。经济状况允许的话 5 节点也应该加以改进, 5 节点本身与周围线路的可靠性很高但是布局不合理。13, 30 节点可以暂时不用考虑对它改进。

### 3 结论

城市电网的风险评估是建立在一定的可信度基础上的概率性评估, 它能发现传统的可靠性分析理论不能发现的隐患。本文提出了相对缺供电量的概念以及风险指标算法使风险指标能更好地反应城市电网的风险状况。

### 参考文献

- [1] Amdahl T. 挪威风险评估的新准则[J]. 水利水电快报, 2001, 22 (21): 15-18.  
Amdahl T. New standard of risk assessment in Norway[J]. Express Water Resources and Hydropower, 2001, 22 (21): 15-18.
- [2] 许谨良. 风险管理[M]. 北京: 中国金融出版社, 2006.  
XU Jin-liang. Risk management[M]. Beijing: China Financial Publishing House, 2006.
- [3] 陈汉龙. 用模糊综合评价方法进行网络安全风险评估[J]. 现代商贸工业, 2007, 19 (2): 135-136.  
CHEN Han-long. The risk assessment of net by the method of fuzzy comprehensive assessment[J]. Modern Business Industry, 2007, 19 (2): 135-136.
- [4] 魏远航, 刘思革, 苏剑. 基于枚举抽样法的城市电网风险评估[J]. 电网技术, 2008, 32 (18): 62-66.  
WE Yuan-hang, LIU Si-ge, SU Jian. The risk assessment of urban power grid, based on sampling and enumeration[J]. Power System Technology, 2008, 32 (18): 62-66.
- [5] 李文沅. 电力系统风险评估: 模型、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.  
LI Wen-yuan. Risk assessment of power systems: models, methods and applications[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [6] 裴尔明, 刘保旭. 一种有效的风险评估模型、算法及流程[J]. 计算机工程, 2006, 23 (32): 15-17.  
FEI Er-ming, LIU Bao-xu. One kind of effective model, algorithm and process in risk assess[J]. Computer Engineering, 2006, 23 (32): 15-17.
- [7] Ni Ming, Mccalley James D, Vittal Vijay, et al. Online risk based security assessment[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003, 18 (1): 258-265.
- [8] 周家启, 赵霞. 电力系统风险评估方法和应用实例研究[J]. 中国电力, 2006, 39 (8): 77-81.  
ZHOU Jia-qi, ZHAO Xia. Research about the application and method with risk assess of power system[J]. Electric Power, 2006, 39 (8): 77-81.
- [9] IVEYM, AKHILA, ROBINSOND, et al. Grid of the future: white paper on accommodating uncertainty in planning and operations[R]. Consortium for Electric Reliability Technology Solutions, 1999.
- [10] Wan H, Mccalley J D, Vittal V. Increasing thermal rating by risk analysis[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1999, 14 (3): 815-828.
- [11] Caselitz P, Giebhardt J, Mevenkamp. Application of condition. monitoring system in wind energy converters[C]. //Proceedings of European Wind Energy Council. Dublin: 1997: 579-582.
- (上接第 95 页 continued from page 95)
- GAO Xiang, LIU Shao-jun. Condition maintenance and implementation of relay protection[J]. Relay, 2005, 33 (20): 23-26.
- [6] 刘玮, 曾耿晖. 智能操作回路设计综述[J]. 电力设备, 2005, 6 (2): 59-62.  
LIU Wei, ZENG Geng-hui. Design summary of intelligent operating circuit[J]. Electrical Equipment, 2005, 6 (2): 59-62.
- [7] 赵勇, 韩平, 王洪涛, 等. 利用 IEC61850 实现继电保护远程校验[J]. 电力系统自动化, 2010, 34 (3): 63-65.  
ZHAO Yong, HAN Ping, WANG Hong-tao, et al. Remote test of relay protection based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34 (3): 63-65.

收稿日期: 2009-10-21; 修回日期: 2009-12-15

作者简介:

赵书强 (1964-), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为电力系统分析与控制、电力系统规划与可靠性;

李聪 (1986-), 男, 研究生, 主要研究方向为电力系统规划与可靠性. E-mail: gs000365@163.com

收稿日期: 2010-05-19; 修回日期: 2010-06-13

作者简介:

韩平 (1963-), 男, 硕士, 高级工程师, 副总工程师, 主要从事继电保护方面的研究工作;

赵勇 (1967-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事继电保护方面的研究; E-mail: zhaoyong01@v86.net

李晓朋 (1979-), 女, 工程师, 主要从事数字化变电站测试技术研究。