

# 继电保护装置运行失效特性分析与状态检修策略

管益斌<sup>1</sup>, 严国平<sup>1</sup>, 陈久林<sup>2</sup>, 黄浩声<sup>2</sup>, 曹海欧<sup>1</sup>, 邓洁清<sup>3</sup>

(1.江苏省电力公司, 江苏 南京 210024; 2.江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103;

3.江苏省电力公司检修分公司, 江苏 南京 211102)

**摘要:**文中通过对某地区电网历年继电保护运行情况的统计分析,论证了在目前微机保护可靠性、灵活性大幅提高的情况下,实行常规的定期检修已不适应电网发展的需要,并通过故障实例的剖析,进一步证明了实行继电保护状态检修的必要性,最后对继电保护状态检修工作进行了详细的介绍和总结展望。

**关键词:**微机保护; 运行失效特性; 状态检修

**中图分类号:** TM774

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-0665(2013)02-0001-03

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规程》来维护二次设备,已无法满足目前日益发展的电网运行、检修的要求,同时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,这对二次设备检修提出了新的要求。因此,二次设备在检修体制、检修方法及检验项目、确定检修周期等方面需要改变,以适应电力发展的需要。

## 1 保护运行故障率分析

保护设备由许多部件构成,在收集大量的有关设备连续运行时间与检修时间数据后,通过数理统计方法,拟合出典型故障率浴盆曲线<sup>[1]</sup>,如图1所示。

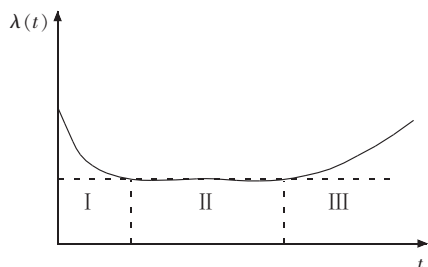


图1 故障率曲线

图1中, $\lambda(t)$ 是指设备在 $[0,t]$ 时间内不发生故障的条件下,下一个单位时间发生故障的概率,即设备在 $t$ 时刻的故障率。I, II, III是指时间段,其中I指早期故障期;II指偶然故障期;III指损耗故障期。

(1) 早期故障期。曲线呈下降趋势,故障率 $\lambda(t)$ 随着时间 $t$ 的增加而降低。造成设备在初期故障率较高的原因,主要是由于设计上的疏忽、生产工艺质量不佳、某些零部件质量差以及安装不当等。经过技术改进、缺陷排除后,故障率便逐渐下降,设备质量进入稳定期。这一时期所对应的实际生产过程为保护出

厂、基建与质保期这段时期,可以认为,经过出厂试验、现场基建调试和首次校验等多次试验调校,设备渡过了早期故障期,进入偶然故障期。

(2) 偶然故障期。此时的曲线近似为一直线,故障率 $\lambda(t)$ 随着时间 $t$ 的增加变化不大,近似一个常数。故障原因主要是一些随机的偶然因素引起的。在这一时期,由于设备的质量相对比较稳定,若采用定期维修制,频繁检修更换设备零部件,不仅浪费部分部件的使用寿命,造成不必要的经济损失,而且并非急需的定期校验,由于可能存在安措不到位的情况,有使保护误动的风险,反而使得保护运行可靠性降低。因此,针对这一偶然故障期,新的保护装置故障消除方法—状态检修工作应运而生,通过对设备状态进行监视,预测其可靠程度,排除造成故障的偶然因素,从而提高设备的使用寿命<sup>[1]</sup>。

(3) 损耗故障期。这时期的曲线呈增长趋势,故障率 $\lambda(t)$ 随着时间 $t$ 的增加而增加,故障的原因大多是由于许多零部件已经磨损或老化,使设备故障逐渐增多。此期间的故障可称为损耗性故障,发生的多少与设备工作时间有关。因此,宜采用预防维修方法,更换部分已老化及损坏部件,以此降低设备故障率的发生。从某地区电网二次设备运行分析报告(2008~2011年)的保护故障率统计中,如表1所示,完全符合上文所提及的保护故障率与运行时间的关系(浴盆曲线)。一年以内的装置,由于经过出厂调试、基建调试及验收整改,其故障率维持在低位,但由于设备新投运,设备还需经受正式运行环境的考验,再加上设备运行管理经验等相对生疏,所以故障率并未处于最低位;在1至5年的装置,由于在首次校验中,将质保期内发生的缺陷及时进行了处理,再加上运行管理经验已相对丰富,因此故障率几乎维持在最低位;而5至10年的装置,由于这时候有些零部件开始老化,比如电源插件,故障率略微有些增加;最后,10年以上的装置,由于有许多零部件开

始老化,故障率开始急剧上升。因此,根据保护故障率特点,采取如下检修策略是合适的:加强基建调试与验收的管理,将引起保护缺陷风险前移,力争无缺陷投运;加强首次校验,将投运以来的缺陷及时处理;在1至10年内进行状态检修,10年以上设备加强监视,采用预防维修法。

表 1 2008~2011 年的保护故障率统计

年份	1 年以内	1 至 5 年	5 至 10 年	10 年以上
2008	1.03	0.49	6.01	29.82
2009	1.00	0.37	3.62	16.00
2010	1.00	1.18	3.17	5.4
2011	1.24	0.97	4.00	11.09

## 2 常见继电保护设备缺陷统计分析

根据某地区电网二次设备运行分析报告(2008~2011年)对220kV及以上微机保护装置缺陷进行了统计分析,缺陷性质分为危急、严重和一般,缺陷类型主要有:电源模块故障、主板CPU故障、软件故障、交流插件故障、开入/开出故障等。历年缺陷统计数据如表2所示。从统计数据来看,电源模块、主板CPU、软件、交流插件及开入/开出插件等装置内部紧急缺陷已占总缺陷次数的一半以上,而此类故障,多因内部原器件老化而产生,在以往定期校验按常规的试验方法并不能发现此类问题。

电源模块发生故障的主要原因是工作温度过高而导致电容元件失效或损坏,以及器件质量的问题而引起的抗电磁干扰性能差,运行中主要表现为输出功率不足及稳定性差,直流纹波系数过高等。常规的校验只做逆变电源的80%的额定电压是否启动,无法监视电源内部元器件的变化情况。需加强巡视,对电源温度进行监测,积极研究电源输出电压纹波幅度、负载波动率及温度的在线监测方法,积极研究电源状态评估策略。

主板CPU发生故障的主要原因有多个方面,包括CPU芯片长期处于高温运行环境,现场电磁干扰,调

试过程中防静电措施不完善,以及板卡自身的硬件设计缺陷等。常规的校验只校验定值及逻辑,对主板CPU插件并无特别的校验手段,应加强对装置巡视,及时监视异常信号,做到快速故障定位,及时上报。

交流插件、开入/开出插件涉及保护装置对采样值与开关量处理,关系到保护装置功能的正确性和完整性,造成交流插件故障的主要原因是由于交流端子间的绝缘被破坏造成装置的二次电流回路发生异常,开入/开出插件的故障则多见于硬接点质量不良造成的黏连。常规的校验虽然有绝缘测试一项,但其周期为2年或3年,在此期间,绝缘的老化无法得到有效监视。下面以几起故障具体说明。

(1) 某变电站主变第一套保护无故障跳闸,检查发现交流电流插件电流接线端子绝缘损毁,端子间已经烧黑,致使主变110kV侧电流C相与公共绕组A相短接,在区外故障时,电流回路流过大的零序电流,110kV侧电流C相与公共绕组A相电流相位都发生了改变,从而出现了差流,当差流超过整定值时,保护动作出口。查看定期校验报告,校验时绝缘正常。

(2) 某变电站一主变保护在正常运行中突然无故障跳闸,检查发现装置定值自行改变,导致主变参数改变,破坏各侧平衡,产生了差流,而差流又大于速断值(速断定值也变小)致使失去制动而误动作,后经检查为CPU故障。对于CPU,常规试验无针对性监测方法,且此种故障多为突发性,需实时监测才能有效预防。

(3) 某线路保护区外故障时误动,经检查发现是因为故障电流造成一侧电流互感器(TA)饱和,致使二次电流发生畸变,而另一侧TA传变正常,产生差流使得线路保护误动,此因装置程序版本问题,常规试验无法检验,只有动模试验才可检测。因此,对于装置内部缺陷预防,一是加强设备选型,选用质量优良、运行可靠的产品,二是加强设备状态巡视,完善二次设备状态在线检测,随着微机化、智能化的发展,越来越多的保护运行数据可以通过在线检测获取,为保护状态检修评价提供了实时可靠的数据。

表 2 历年装置缺陷统计

年份	类型	电源模块	主板CPU	软件	交流插件	开入/开出	通讯装置及通道	人机对话	通信模块	其他	总计
2008	次数/次	61	41	18	14	4	30	22	23	30	243
	占比/%	25.1	16.8	7.4	5.8	1.6	12.3	9.1	9.5	12.4	100
2009	次数/次	20	23	5	16	14	61	6	8	37	190
	占比/%	10.5	12.1	2.6	8.4	7.4	32.1	3.2	4.2	19.5	100
2010	次数/次	41	47	8	5	3	49	22	10	4	189
	占比/%	21.7	24.9	4.2	2.6	1.6	25.9	11.6	5.3	2.1	100
2011	次数/次	88	33	10	8	22	57	36	10	71	335
	占比/%	36.3	9.9	3.0	2.4	6.6	17.0	10.7	3.0	21.1	100

### 3 继电保护状态检修介绍

继电保护状态检修工作基本流程包括:设备信息收集、设备状态评价、检修策略、检修计划、检修实施等环节。

依据状态检修管理规定,运行人员与检修人员分别按一定周期进行继电保护设备的状态巡视,巡视项目包括运行环境温度、装置采样、装置差流(差动保护)、开入量、通道状况(线路保护)等信息,再将巡视结果输入继电保护状态检修专家系统<sup>[3]</sup>。

专家系统从检测信息、随机失效、相对品质、技术改进4个部分进行状态评价<sup>[4]</sup>。检测信息是指可以直接观测到或通过仪器检测到的设备缺陷或异常,即运行与巡视人员巡视信息;随机失效是指装置可能存在的故障概率,保护装置长时间运行而没有进行有效地校验时,则认为保护装置的故障概率在随时间增加,时间越长其评价指数越低,该信息从PMS台账中取得,由专家系统自动计算;相对品质通过统计数据反应是否存在品质相对较差的设备,通过3个方面的数据来评估:

- (1) 同类产品老化失效率;
- (2) 技术支持的程度;
- (3) 本类型设备相对其他厂家同类设备故障率。

同样,该信息从PMS台账中取得,由专家系统自动计算;技术改进反应当前运行的保护装置是否得到了应有的改进或完善,系统存在的不足或缺陷,若没有进行相应的改进或完善,则需要相应扣分,该信息由检修巡视及PMS缺陷信息共同提供。

专家系统综合检测信息、随机失效、相对品质、技术改进4个部分的分数,评出最终保护状态:正常、注意或者异常,并根据评价结果给出检修策略,根据基准周期延长或缩短检修周期。

### 4 结束语

保护运行失效特性,使得对继电保护传统检修模式进行改进已势在必行,另外,保护微机化,智能化的发展,为深入开展继电保护状态检修提供了可能,通过二次在线检测系统、D5000二次在线监视分析系统及继电保护统计分析系统等外部系统,获取保护实时运行信息,使得数据来源更加丰富多样,也使得最终的保护状态评价更加及时与科学。因此,本文认为在设备选型、基建调试、验收阶段,仍应严格按照继电保护全过程管理过程规定进行相关工作,把风险前移,做到零缺陷投运;在首次校验阶段,针对设备投运以来发生的问题,进行全面的消缺;而在设备进入运行稳定期后,则可实行状态检修,使继电保护设备真正做到“应修必修,修必修好”,避免误修、漏修事件,从而提高设备的利用率与可靠性,节约公司的人力、物力,提高电网安全和经济效益。

#### 参考文献:

- [1] 王睿琛,薛安成,毕天姝,等.继电保护装置时变失效率估算及其区域性差异分析[J].电力系统自动化,2012,36(5):11-15,23.
- [2] 吴雪峰,邱海,吕赢想.继电保护设备状态检修的探讨[J].浙江电力,2011,30(5):51-54.
- [3] 高翔.继电保护状态检修应用技术[M].北京:电力出版社,2008.
- [4] 赵晓明,吴建伟.电力系统继电保护定期校验问题综述及其展望[J].浙江电力,2011,30(11):1-5.

#### 作者简介:

管益斌(1974),男,江苏盐城人,高级工程师,从事继电保护工作;  
严国平(1965),男,江苏常州人,高级工程师,从事继电保护工作;  
陈久林(1970),男,江苏高邮人,高级工程师,从事继电保护工作;  
黄浩声(1979),男,浙江温岭人,工程师,从事继电保护工作;  
曹海欧(1979),男,江苏盐城人,高级工程师,从事继电保护工作;  
邓洁清(1978),男,江苏淮安人,高级工程师,从事继电保护工作。

## The Discussion of Failure Characteristic and Condition Based Maintenance for Protection Relay

GUAN Yi-bin<sup>1</sup>, YAN Guo-ping<sup>1</sup>, CHEN Jiu-lin<sup>2</sup>, HUANG Hao-sheng<sup>2</sup>, CAO Hai-ou<sup>1</sup>, DENG Jie-qing<sup>3</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China; 2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China; 3. Jiangsu Electrical Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

**Abstract:** The statistical analysis for the running condition of protection relays over the years in a Power Grid is carried out in this paper. It is demonstrated that the routine preventive maintenance has not adapted to the need of power grid development under the condition of significant improvement on reliability and flexibility of the microcomputer protection. More, with some practical fault example, the necessity of condition based maintenance is proved. Finally, it is introduced the works about condition based maintenance of protection relay.

**Key words:** micro-computer protection; failure characteristics of protection relay operating; condition based maintenance