

基于保信系统的继电保护状态评价系统的开发与应用

王跃强, 廖华兴, 袁晓青, 陈杰云, 徐子利, 罗春风

(广东电网公司佛山供电局, 广东 佛山 528000)

摘要: 基于保信系统的继电保护状态评价系统给出了一种电网二次设备状态检修的应用方案, 包括实现可行性、评价规则、实现方法、流程、预警机制及实际应用情况等方面。通过分析保信系统中用于评价保护状态的信息数据类型, 研究继电保护状态评价方法和预警机制, 给出了基于保信系统的继电保护状态评价系统的完整设计方案, 实现了从数据读取、数据分析、状态分析、分值计算到预警报告的全流程管理。经过在佛山电网的实际应用结果表明基于保信系统的继电保护状态评价系统具有推广应用价值。

关键词: 继电保护; 二次设备; 保信系统; 状态评价; 状态检修; 状态预警

Development and application of relay protection condition evaluation system based on fault information processing system

WANG Yue-qiang, LIAO Hua-xing, YUAN Xiao-qing, CHEN Jie-yun, XU Zi-li, LUO Chun-feng

(Foshan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Company, Foshan 528000, China)

Abstract: Based on Fault Information Processing System, the relay protection status evaluation system brings about an application programme for the maintenance of power grid secondary equipment status, including feasibility, evaluation rules, implementation approach and procedure, warning mechanism, as well as practical application. Through analyzing the information data type that used for evaluating the protection status, it helps research the relay protection status evaluation approach and warning mechanism, and offers a complete design scheme for relay protection status evaluation system which is based on Fault Information Processing System. In this way, the whole process management from data reading, data analyzing, status analyzing, and value calculating to warning and reporting process is realized. The application results on Foshan power network has proved it to be valuable for popularizing and applying in some certain area.

Key words: relay protection; secondary device; fault information processing system; condition evaluation; status maintenance; status warning

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)08-0134-06

0 引言

状态检修作为电力系统检修工作发展的必然趋势越来越受到广泛的重视。国家电网公司于2005年率先发起了一次设备的状态检修工作。经过多年的发展, 电力一次设备的状态检修已经逐步完善起来。电力系统作为一个整体, 需要一、二次设备的协同运转才能保证整个电力系统的稳定运行。因此, 对二次保护设备的状态检修研究也越来越重视^[1-5]。

本文从应用角度出发, 以继电保护故障信息系统(以下简称保信系统)为基础, 构造一套用于继电保护在线状态监测和评价继电保护运行状态的系统。系统形成的基于保护状态信息数据类型的评价

预警报告为继电保护状态检修提供数据基础, 有助于继电保护状态检修工作的顺利开展。

1 基于保信系统的继电保护状态评价的可行性

1.1 基础数据来源

状态检修是以设备当前的实际工作状况为依据, 通过高科技状态监测手段, 识别故障的早期征兆, 对故障部位、故障严重程度及发展趋势做出判断, 从而确定各部件的最佳维修时机^[6]。状态检修的基本流程为数据收集、数据分析、状态评价、制定检修策略, 其中数据收集是后续一系列操作的基础。本系统从数据完备度、建设经济性及实施难度

多方面进行考量后, 确定以保信系统为数据的主要来源, 基于以下两点考虑:

1) 保信系统经过十几年的发展, 在全国范围内 220 kV 及以上变电站中保信系统的使用率达到了 90%, 站间通信规约及保护通信规约日趋规范统一, 是一套已经趋于完善的系统, 以其为平台所进行的应用研究具备稳定性和实用性, 也避免了重复建设。

2) 保信系统既能采集电网故障时的二次设备动作信息, 又能采集到继电保护装置、故障录波器二次设备的自检告警信息, 这些信息为实现继电保护的在线状态评价提供了数据基础。同时, 具备二次设备台帐管理功能的保信系统能够为继电保护状态监测和评价提供必要的数据。

1.2 数据收集与分析

状态检修的分析和决策以数据为基础, 数据的完备性与准确性是准确反映设备状态的基础。通过保信系统在线监测功能能够取得的保护自检告警、保护动作资料、保护整定参数信息、保护通信状态等信息, 通过保信系统台帐管理功能还能够取得保护出厂和验收数据、保护试验数据、保护缺陷数据等信息, 为实现继电保护的在线状态评价提供了数据基础。

1) 保护自检告警

微型继电保护装置可以在线对其自身的主要元件、部件工况以及软件功能进行自动检测, 及时发出自检告警。保护自检告警可分为通道异常告警、回路异常告警、自检异常告警, 分别从保护通道、二次回路和装置功能三个方面检测保护问题。由此可见, 保护自检告警是对保护装置自身问题的汇报, 应在保护装置的在线状态评价中得到充分体现。对保护自检告警信息的采集是保信系统的基础功能之一, 已经非常成熟, 本系统可直接使用其告警数据。

2) 保护动作正确性

保护装置正确动作是对保护装置最基本的要求, 也是对保护装置进行投入、维护、检修希望出现的效果, 故把保护装置是否正确动作纳入保护装置状态评价标准中是必要的, 也是必须的。保信系统可根据故障时的保护动作信息、保护录波文件、录波器录波文件以及对侧保护的相关数据来判断该保护的行动行为的正确性并直接应用于保护状态评价。

3) 保护整定信息

保护整定信息包括定值、定值区号、开关量、模拟量、软压板、录波文件等数据。保信系统可以自动地周期性地对所有保护设备进行整定参数信息

的自动巡检结果记录, 并应用于本系统。

4) 保护通信情况

保护通信情况是指保护设备与故障信息系统子站的通信连接, 如果通讯不正常, 保护相对故障信息子站就成了一个“孤岛”, 保护的运行情况将无法被实时掌握, 发生故障时保护也无法将信息远传至调度端。所以保护通信情况也是进行状态分析的重要指标之一。

5) 出厂、验收、试验数据

出厂、验收、试验数据是指在出厂、验收、试验过程中对保护设备进行指标测试时收集到的可能影响保护功能的数据, 该数据由台帐功能模块进行记录。这些对保护功能不确定的影响也应该在分析状态时引起注意。

6) 缺陷数据

保护缺陷是指在电力系统故障(接地、短路或断线)或异常运行(过负荷、振荡、低频率、低电压、发电机失磁等)时, 保护装置的动作不符合设计、整定、特性试验的要求, 不能有效地消除故障或使异常运行情况得以改善^[7-8]。保护缺陷严重影响电网的安全稳定运行, 每一次发现保护缺陷都应该严格记录, 并应用于该设备及其家族设备的状态评价。

2 继电保护状态评价规则及监控流程

2.1 继电保护状态评价规则

在对保护进行监测后, 即可根据能反映保护状态的数据对保护进行状态分析评价。进行状态评价的首要条件是必须有评价规则, 之后才能针对每条信息进行评分, 进而计算出保护总体运行状态。

参考国家电网公司继电保护状态检修导则^[9]、广东电网公司设备状态评价与风险评估技术导则^[10]等资料, 结合本系统特点, 将状态评价规则分为三类。

1) 监测信息类

监测信息类评价规则用于评价保护自动实时监测的信息, 包括保护告警信息、保护动作信息、保护召唤信息、保护通信信息等, 使用定量评价。监测信息类占状态评价权重的 60%。

保护告警信息直接反应保护设备当前自动检测到的软件系统或装置硬件的缺陷问题, 对于不同保护不同类型的告警信息应分别制定不同的规则, 规则越全面对保护状态评价的准确度就越高。

保护动作信息分三种情况: 一为拒动, 即保护在应该动作的时候没有做出动作; 二为误动, 即保护在不应该动作时做出了动作行为或者动作元件错误; 三为保护正确动作。对于曾经出现过误动和拒动的保护应当在状态评价中给予反应。

保护召唤信息对于每类信息的召唤结果可分为成功和失败两种，失败意味着保护在某一方面的功能失灵。

保护通信信息分为正常和断开两种情况，通信断开会影响保护健康状态，通断越频繁对保护状态影响越大。

1) 物理信息类

物理信息类评价规则用于评价保护投运前的出厂、验收、试验，投运后的缺陷数据，采用定性评价。对于保护物理信息的评价方法及推荐评分标准可参见《广东电网公司设备状态评价与风险评估技术导则》中继电保护相关部分。物理信息类占状态评价权重的 20%。

2) 专家规则类

专家规则是对以上两类规则的补充，对于无法使用智能系统辨别的信息将依靠专业人员来指定信息的性质以及对保护状态的影响。专家信息类占状态评价权重的 20%。

2.2 继电保护监测评价流程

图 1 为对继电保护监测评价的流程，整个流程包括 4 个子流程。

1) 保护与保信子站通信情况监测评价：系统定期检测继电保护装置与子站的通信情况，如果通信异常则使用相应评价规则对此次行为进行评价。如果继电保护装置在一段时间内通信频繁通断将很快达到阈值产生预警引起运行维护人员的注意。

2) 保护动作行为监测评价：继电保护动作行为在电网发生故障时对相应保护装置进行评价，保护动作行为的正确与否将直接影响该保护装置的状态评价结果。保护的动作为分为三种情况：一为拒动，即保护装置在应该动作时没有做出任何动作，或者部分应动作原件未动作；二为误动，即保护装置在不应该动作时做出了动作或在应该动作时做出了不符合要求的动作；三为保护正确动作。对保护装置拒动和误动，系统将使用相应规则进行评价。

3) 自动巡检评价：系统定期对每个保护装置进行定值、开关量、软压板、模拟量、录波等信息的召唤操作，对于响应信息召唤失败的保护装置使用对应规则进行评价。

4) 保护自检告警评价：微机型继电保护装置可以在线对其自身的主要元件、部件工况以及软件功能进行自动检测，如果发现缺陷则发出告警通知，此类告警称为自检告警。保护自检告警可分为通道异常告警、回路异常告警、自检异常告警等，分别从保护通道、二次回路和装置功能三个方面检测保护的运行状态。系统实时收集保护装置发出的自检

告警信息，根据不同的告警类型使用不同的规则进行评价。

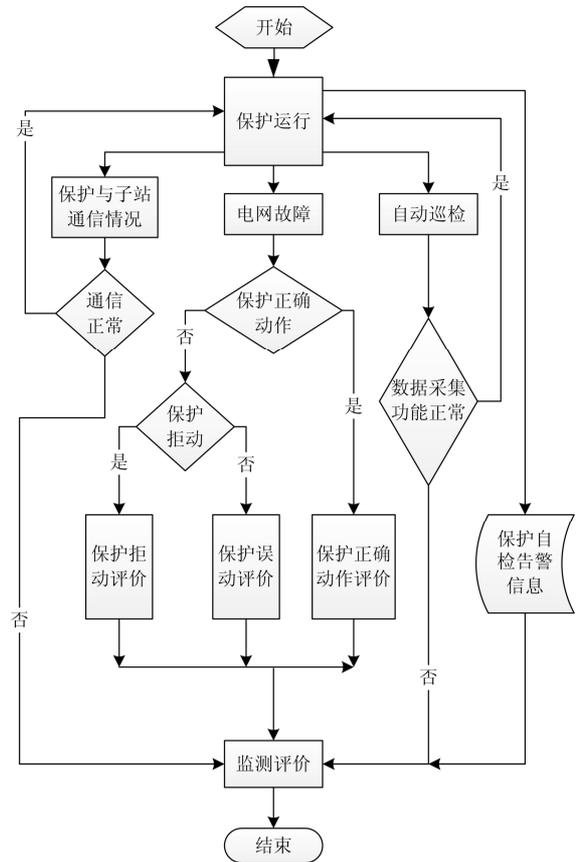


图 1 监测评价流程

Fig. 1 Flow of monitoring and evaluation

2.3 继电保护状态评价评分方法

本系统采用扣分值，每次评价的评分表示为扣除的分数，每类规则的分数乘以权重之和即为该类规则的总扣分。分步计算公式如下。

1) 监测信息类总扣分

$$F_{jcn} = \sum_{i=0}^n JCN_i$$

式中，JCN表示每项监测信息类规则对应的扣分值。

2) 物理信息类总扣分

$$F_{wln} = \sum_{i=0}^n WLN_i$$

式中，WLN表示每项物理信息类规则对应的扣分值。

3) 专家规则类总扣分

$$F_{zjn} = \sum_{i=0}^n ZJN_i$$

式中, ZJN 表示每项专家规则类规则对应的扣分分值。

4) 状态总评分计算

$$F = 100 - (F_{jcn} R_{jcn} + F_{wln} R_{wln} + F_{zjn} R_{zjn})$$

式中: R_{jcn} 表示监测信息类权重比,按50%计; R_{wln} 表示物理信息类权重比,按20%计; R_{zjn} 表示专家规则类权重比,按30%计。

根据总评分分值不同将保护分为正常状态、注意状态、异常状态、严重状态四个状态(见表1)。

表1 状态评价结果类别

Table 1 Category of status evaluation results				
状态	正常	注意	异常	严重
	状态	状态	状态	状态
扣分	0~10	11~20	21~30	30以上
状态评分	90~100	80~89	70~79	70以下

3 继电保护实时状态预警机制

保护状态检修的关键作用在于及时有效地发现保护装置的异常,及时消除保护装置或二次回路的缺陷,确保保护装置在电网发生故障时能准确响应,构建可靠的电网安全运行屏障^[11]。

传统变电站继电保护装置的二次交流回路,出现问题时不能及时发现,例如PT两点接地等,而往往在电网发生故障时会引起事故扩大的后果。为解决此类问题,本系统实现保护状态预警机制,以实时监测的保护状态评价为基础实现对保护状态的预测警告,指导对保护的检修工作。

本系统将预警分为分值超阈预警和趋势预警两类。

1) 分值超阈预警判断各分类扣分和健康状态总评分是否在定义的阈值范围内,对超过阈值的保护发送预警报告。

2) 趋势预警以两个时间段内保护状态评价结果对比为参考,判断保护产生影响健康度的行为的变化趋势,若呈上升趋势且达到定义的变化阈值,则发送预警报告^[12]。

4 继电保护在线状态评价系统的实现

4.1 在线状态评价系统结构

在线状态评价系统基于保信系统实现,需访问保信系统中的数据资源,包括实时数据共享,数据库中历史数据访问等。系统根据功能形式不同可分为界面展示和后台处理两部分。

界面展示部分根据功能差异可划分为数据展

示、评价规则管理、数据输入与配置三个功能模块。

1) 数据展示模块是实时数据、历史数据查看功能的界面,主要包括实时数据浏览、历史数据查询以及统计数据的查看。

2) 评价规则管理模块用于维护系统的评价和预警规则,包括评价规则类别管理、规则管理、预警规则管理。

3) 数据输入与配置模块提供的图形界面用于系统无法自动采集的缺陷、出厂报告等数据的输入及配置。

4) 后台处理部分持续不间断地在后台运行,实时读取评价数据,进行状态评价,计算状态分值并进行预警判断及发布。系统详细结构见图2。

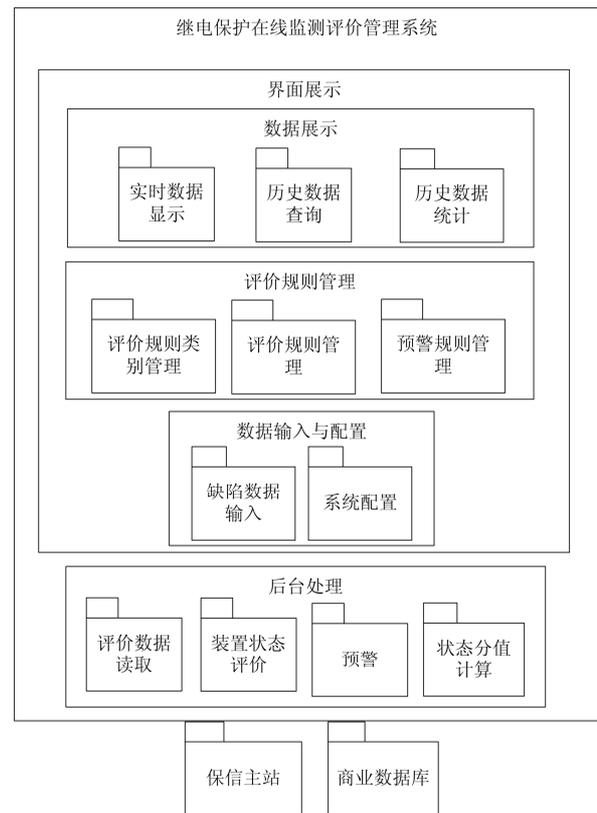


图2 状态评价系统结构图

Fig. 2 Structure of the status evaluation system

4.2 在线状态评价系统的应用

在线状态评价系统实现了从数据分析到预警报告的全流程管理,整个流程包括数据读取、数据分析、状态分析、分值计算、预警报告,总体流程如图3。

从图3可以看到,系统在计算各规则类分值和总分值时将进行预警判断。在计算各规则类分值时

系统判断各分类分值是否有超过阈值的情况，如果有则发布预警报告。计算总分值时将进行两种预警判断：一为根据总分值是否超过预设阈值进行预警并发布，二为根据不同时间段内保护状态评价得分的变化趋势进行预警并发布。

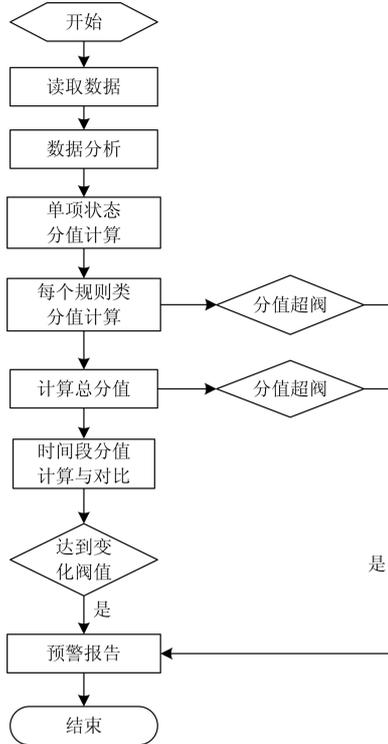


图 3 状态评价与预警流程图

Fig. 3 Flow of status evaluation and warning

5 算例

表 2 是本系统在广东电网公司佛山供电局投入试运行后某保护的状态评价及预警详细报告。

表中该保护的状态评价得分为 76.6 分，保护装置处于“异常状态”，系统发布预警报告并提出“即时全检”的处理措施。

该保护在随后的全检中发现控制回路电缆对地绝缘降低，绝缘值为 1.2 M，处在绝缘合格标准临界状态，现场对电缆进行紧急更换处理后绝缘恢复正常。

6 结论

1) 本文实现了继电保护的远程监控、状态评价及状态预警，为实时掌握保护的运行状态提供了行之有效的方法。

2) 本文为实现继电保护远程自动化专业运行

管理提供了解决思路，对提高继电保护专业的自动化管理水平具有切实意义。

表 2 状态评级及预警算例

Table 2 Example of status evaluation and warning

220 kV 都宁站 220 kV#1 主变保护状态评价及预警报告				
保护名称	主一保护	保护型号	RCS-978G2	
投运日期	2003 年 6 月			
状态评价得分	76.6	评价结果	异常状态	
预警发布时间	2013/4/6	预警类型	即时全检	
状态评价扣分明细				
类别	项目	扣分	扣分理由	扣分时间
物理 信息 类	出厂试验	2	螺丝轻微 松动	2012-01-12 09:26:12
	交接试验	5	死机	2012-01-20 14:46:21
	带电测试	3	召唤功能 异常	2012-01-21 16:21:37
合计	10			
监测 信息 类	TV 断线	8	回路异常	2012-06-12 12:23:34
	直流电 源异常	4	电源异常	2012-09-26 03:54:54
	PT 断线	8	回路异常	2013-02-16 12:23:34
合计	20			
专家 规则 类	CPU 故障	8	重大缺陷	2012-02-17 16:33
	出口插件 故障	8	重大缺陷	2012-02-20 13:23
	管理版故 障	4	一般缺陷	2012-02-26 10:54
	控制回路 负接地	8	重大缺陷	2013-03-05 12:45
	运行年限	10	运行 10 年	2013-4-6
合计	38			
总分	100-(10×20%+20×50%+38×30%)=76.6			

参考文献

[1] 田有文, 唐晓明. 基于支持向量机的微机保护装置状态评估的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(4): 66-69.
TIAN You-wen, TANG Xiao-ming. Study on state evaluation for microprocessor protective device based on SVM[J]. Power System Protection and Control, 2009,

- 37(4): 66-69.
- [2] 张懿议, 廖瑞金, 杨丽君, 等. 基于云理论的电力变压器绝缘状态评估方法[J]. 电工技术学报, 2012, 27(5): 13-20.
ZHANG Yi-yi, LIAO Rui-jin, YANG Li-jun, et al. An assessment method for insulation condition of power transformer based upon cloud model[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(5): 13-20.
- [3] 杨利君, 廖瑞金, 孙会刚, 等. 变压器油纸绝缘热老化特性及特征量研究[J]. 电工技术学报, 2009, 24(8): 27-33.
YANG Li-jun, LIAO Rui-jin, SUN Hui-gang, et al. Investigation on properties and characteristics of oil-paper insulation in transformer during thermal degradation process[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(8): 27-33.
- [4] 毛颖科, 关志成, 王黎明, 等. 基于泄漏电流脉冲主成分分析的外绝缘污秽状态评估方法[J]. 电工技术学报, 2009, 24(8): 39-45.
MAO Ying-ke, GUAN Zhi-cheng, WANG Li-ming, et al. Evaluation of contamination levels of outdoor insulators based on the principal components analysis of leakage current pulses[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(8): 39-45.
- [5] 胡益民, 冯冠平, 刘岩. 基于阻抗谱技术的蓄电池荷电状态的估测[J]. 电工技术学报, 2009, 24(5): 225-228.
HU Yi-min, FENG Guan-ping, LIU Yan. Estimating state-of-charge of storage battery based on impedance spectra technology[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(5): 225-228.
- [6] 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.
HAN Ping, ZHAO Yong, LI Xiao-peng, et al. Instantiation sample of relay protection state maintenance[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(19): 92-95.
- [7] 吴姜, 蔡泽祥, 胡春潮, 等. 基于模糊正态分布隶属函数的继电保护装置状态评价[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(5): 48-51.
WU Jiang, CAI Ze-xiang, HU Chun-chao, et al. Status evaluation of protective relays based on the membership function in fuzzy normal distribution[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(5): 48-51.
- [8] 黄巍, 吴晨阳, 周琳, 等. 省地一体继电保护状态检修数字化应用系统的开发与应用[J]. 电力与电工, 2010, 30(4): 16-18.
HUANG Wei, WU Chen-yang, ZHOU Lin, et al. Development and application of digitalization system on province and region integrated relay protection condition-based maintenance[J]. Electric Power and Electrician, 2010, 30(4): 16-18.
- [9] 国家电网公司继电保护状态检修导则[S]. 2010. Guide lines of relay protection condition-based maintenance for State Grid Corporation of China[S]. 2010.
- [10] 广东电网公司设备状态评价与风险评估技术导则[S]. 2010. Technology guidelines of equipment condition evaluation and risk evaluation for Guangdong Grid Corporation[S]. 2010.
- [11] 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.
- [12] 吕颖, 孙宏斌, 张伯明, 等. 在线继电保护智能预警系统的开发[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(4): 1-5, 53.
Lü Ying, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. Development of intelligent warning system for online relay protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(4): 1-5, 53.

收稿日期: 2013-07-10

作者简介:

王跃强 (1977-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为继电保护技术研究与应用。E-mail: 13927795748@163.com