

基于通用保护模型的保护操作校核系统的研究

祁忠¹, 华煌圣², 董传燕¹, 毛建维¹, 张海宁¹

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102; 2. 广州供电局有限公司, 广东 广州 510620)

摘要: 电网运行方式变化时, 需要同步调整继电保护的运行方式, 否则保护存在误动或者拒动的可能性。提出了基于通用保护模型的保护操作规则库的设计, 分析了保护操作校核系统的体系结构和功能模块, 重点阐述了一次设备运行态判别、保护操作校核服务进程等关键模块的实现, 并介绍了系统的测试情况。该系统利用电网的实时运行状态和继电保护的运行信息, 校核继电保护的操作结果, 判断调整后的保护运行方式是否满足电网运行的要求。

关键词: 通用保护模型; 保护操作校核; 规则库; 智能调度; 电网运行方式

中图分类号: TM734

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)03-0071-05

0 引言

继电保护设备是保障电网安全稳定运行的重要设备。继电保护设备的运行方式, 例如压板投退状态、定值、定值区号、开入量状态等, 作为继电保护逻辑判断的重要参数, 决定着保护动作的正确性。随着电网规模的不断扩大, 电网改造项目的不断增加, 电网设备的操作越来越频繁, 导致电网运行方式经常发生改变。电网方式变化时, 需要同步调整继电保护设备的运行方式^[1]。如果操作人员未按照操作规则要求来调整继电保护设备的运行方式, 则可能导致继电保护设备的运行方式不能满足电网运行的要求。目前对保护操作结果的正确性主要依靠人工核对, 效率低下、错漏风险较高。

文献[2-6]研究了继电保护定值的在线校核技术, 所实现的校核规则相对单一, 主要侧重于单套保护定值的配合关系、定值灵敏度的校核。文献[7,8]提到了继电保护定值的在线对比技术, 主要检查保护装置的运行定值与调度下达的定值单是否一致。目前关于保护操作校核方面的研究还比较少。本文研究的保护操作校核系统, 利用电网的实时运行状态和继电保护的运行信息, 根据既定的保护调整方案和操作规则, 对运行操作中的保护操作结果进行校核, 判断调整后的保护运行方式是否满足相关操作规则的要求, 若不满足要求, 给出相关告警提示。保护操作校核的对象是继电保护装置的压板、定值、定值区号、开入量等信息。由于保护装置没有统一信息规范, 不同厂家不同原理的保护装置信息差异很大, 保护装置的压板、定值、开入量的种类和描述各不相同, 程序无法从保护信息的

描述上自动识别出具体含义, 这给建立通用的保护操作规则库带来了一定的困难。

1 通用保护模型

文献[9]中提出了一种基于 IEC 61970 公共信息模型^[10](CIM)扩展的通用保护模型, 该模型从保护原理出发, 屏蔽各厂家保护设备的差异, 同时又能够完整表达实际电网中保护装置的各种定值、压板、开入量等信息。根据保护操作校核系统的应用需要, 本文使用了部分通用保护模型, 如图1所示。该模型由3个部分组成: 保护装置类、保护装置模型类以及通用保护模型类3个部分。保护装置类表示各个具体的保护装置对象, 即保护装置实例, 通过导电设备来建立与一次设备之间多对多的关联关系, 每个保护装置对象包含有多个保护定值、多个保护开入开出、多个保护压板信号。保护装置模型类按保护装置类型描述了各保护装置的模型, 每一种实际保护装置类型对应了一个保护装置模型对象, 每个保护装置模型对象包括有多个保护定值模型、多个保护开入开出模型、多个保护压板模型。通用保护模型类是基于保护原理, 对保护装置模型的进一步抽象, 对不同类型保护装置进行语义和功能上的规范, 每个通用保护模型对象包含有多个通用保护定值、多个通用保护开入开出、多个通用保护压板。基于通用保护模型建立保护操作规则库, 能够适用不同型号不同厂家的保护装置, 使规则库具有很强的通用性。

2 保护操作规则库设计

保护操作规则库存储在不同电网方式下, 与一次设备相关的继电保护设备的运行方式, 库模式结构^[11]如图2所示。图2包含有一次设备运行态表

收稿日期: 2017-01-02; 修回日期: 2017-03-05

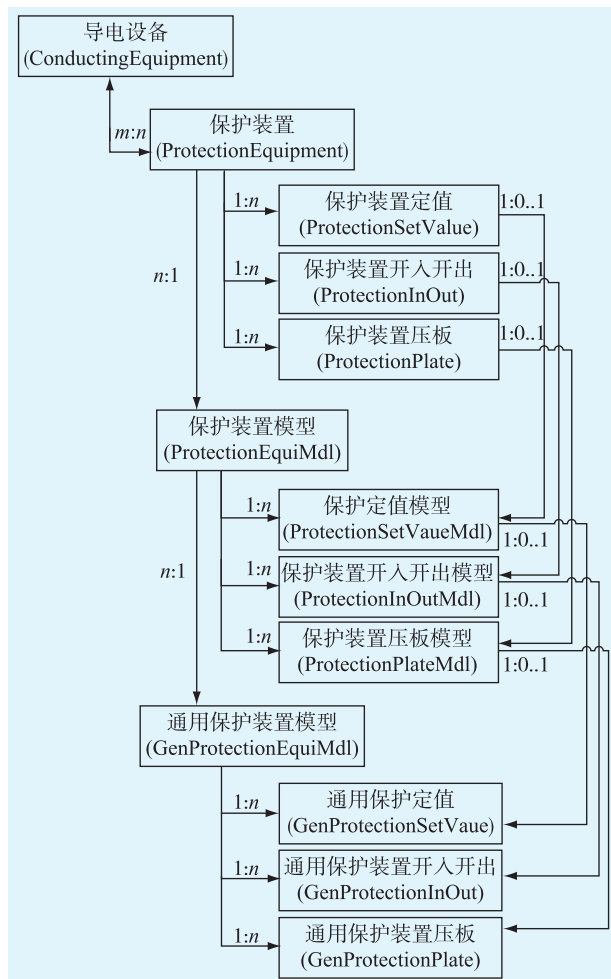


图1 通用保护模型

Fig.1 A general protection model

(EquipState)、保护操作规则组表 (RuleGroup)、保护操作子规则表 (SubRule)。一次设备运行态表示电网的不同运行方式,一次设备的对象包括线路、母线、主变等。例如,对于220 kV线路,有“单侧充电运行”、“旁路开关代本线路运行”等多个运行态,对于220 kV母线,有“母线互联运行”、“母联开关检修”等多个运行态。一次设备运行态对象可以关联多个保护操作规则组。保护操作规则组是一组操作子规则的集合,每条操作子规则包含有相关设备、保护类型、保护套数、测点组、测点对象、状态值等,对应一条具体保护运行要求。子规则的相关设备字段指线路的“本侧”或“对侧”;保护类型可设为“线路保护”、“主变保护”、“母线保护”、“断路器保护”等;保护套数可设为“主一保护”、“主二保护”等;测点组可设为“定值”、“硬压板”、“开入量”、“定值区号”等;测点对象取自通用保护模型,可以是通用保护定值对象、通用保护开入开出对象、通用保护压板对象;状态值是测点对象的操作校核值,用该值与测点对象的当前实际状态值进行对比。

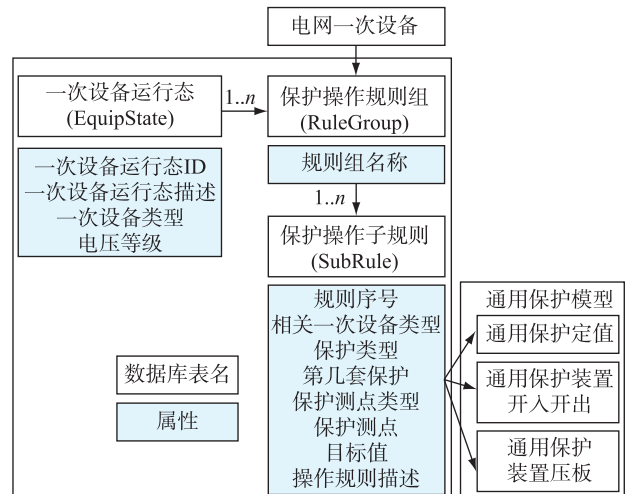


图2 保护操作校核规则库

Fig.2 Rule base of relay operation verification

通常电网中大部分一二次设备的操作是典型操作,但也有一些特殊的情况,其保护操作规则是特殊的、非典型的,保护操作规则组通过“是否为典型规则”字段来标识。一次设备默认关联典型保护操作规则,如果使用非典型规则,则需要手动关联。

3 保护操作校核系统的实现

3.1 系统结构

保护操作校核系统一般建立在电网调度端,是智能调度技术支持系统的一个高级应用功能。从保护操作校核系统实现的功能分析,该系统既需要从智能电网调度技术支持系统基础平台获取电网一次设备模型、电网实时状态、电网图形等信息^[12,13],还需要从二次设备在线监视与分析模块(简称保信应用)获取保护装置的配置、保护装置的实时运行信息、通用保护模型等信息^[14,15]。保护操作校核系统结构如图3所示。

(1) 保护操作规则库。根据电网继电保护操作规程的要求,建立继电保护操作规则库,存储与电网运行方式相关的一次设备运行态以及相关保护装置的操作规则。

(2) 保护操作规则定义工具。提供界面,定义一次设备运行态以及相关保护装置的操作规则。

(3) 一次设备运行态判别接口。利用电网的拓扑关系以及实时运行信息,判断线路、变压器、母线等设备的运行状态。该模块是一个动态库接口模块,输入为一次设备ID,输出为一次设备运行态。

(4) 保护操作校核服务进程。根据一次设备的运行状态、保护操作规则、保护装置的实时运行信息,对保护装置的运行方式进行校核。

(5) 画面在线展示。在电网潮流图或厂站单线

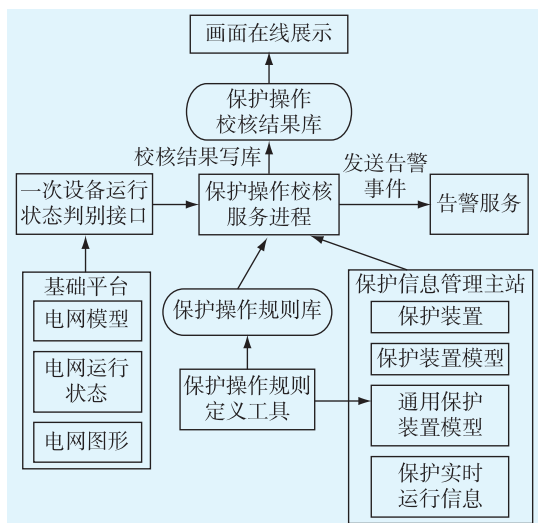


图3 保护操作校核系统结构

Fig.3 System structure of relay operation verification

图上,通过设备图元的颜色决策,实时反映一次设备相关保护装置的运行方式是否满足保护操作规则要求。

3.2 一次设备运行态判别

本模块根据电网的拓扑关系以及一次设备相关开关、刀闸的状态,判断线路、变压器、母线等设备的运行状态。以 220 kV 线路为例,说明一次设备运行态判别的方法。220 kV 线路有正常运行、单侧充电运行、旁路代运行等 3 种状态,对于这 3 种运行状态的判别,涉及到线路本侧和对侧开关、刀闸、旁路开关、旁路刀闸等设备状态。

3.2.1 220 kV 线路正常运行的判别条件

- (1) 线路本侧连接的开关状态为合;
- (2) 线路本侧连接的开关两侧刀闸状态为合;
- (3) 线路本侧连接的开关两侧地刀状态为分;
- (4) 线路对侧连接的开关状态为合;
- (5) 线路对侧连接的开关两侧刀闸状态为合;
- (6) 线路对侧连接的开关两侧地刀状态为分;
- (7) 线路本侧连接的旁路开关数量为 0;
- (8) 线路对侧连接的旁路开关数量为 0。

上述条件都满足的情况下,该线路为正常运行。

3.2.2 220 kV 线路单侧充电运行的判别条件

线路本侧连接的开关状态为分。其余判别条件等同于正常运行的判别条件(2)至(8)。上述条件都满足的情况下,该线路为单侧充电运行。

3.2.3 220 kV 线路旁路代的判别条件

- (1) 线路本侧连接的开关状态为分;
- (2) 线路本侧连接的开关两侧刀闸状态为分;
- (3) 线路本侧连接的开关两侧地刀状态为合;
- (4) 线路对侧连接的开关状态为合;

- (5) 线路对侧连接的开关两侧刀闸状态为合;
- (6) 线路对侧连接的开关两侧地刀状态为分;
- (7) 线路本侧连接的旁路开关数量为 1;
- (8) 线路对侧连接的旁路开关数量为 0;
- (9) 线路本侧连接的旁路开关状态为合;
- (10) 线路本侧连接的旁路开关两端刀闸状态为合。

上述条件都满足的情况下,该线路为旁路开关代本线路运行。

在系统实现时,将每一个设备运行态的判别规则定义成一个逻辑公式,公式的每个计算因子对应一个判断条件,因子与因子间逻辑“与”的关系。所有的逻辑公式存储在实时数据库中,组成判别规则库。在设备运行态判别时,首先要进行拓扑分析,找出一次设备相关的开关、刀闸、旁路开关、旁路刀闸等设备对象,并获取上述设备对象的分合状态;其次从判别规则库中找出与该一次设备相关的逻辑公式,逐个进行计算,当某个公式计算结果为真时,即可得到该一次设备的运行状态。

3.3 保护操作校核服务进程

操作校核服务进程是一个常驻进程,它遍历系统中所有的一次设备,并不断重复如下操作,直到程序退出运行。

(1) 从电网模型中依次取出一一次设备对象,根据保信应用中的一二次设备关联关系,得到该一次设备相关联的保护装置列表。

(2) 调用一次设备运行态判别模块获得该一次设备运行状态。

(3) 根据电压等级、一次设备类型和运行态,从保护操作规则库中搜索出匹配的操作规则组。

(4) 从操作规则组依次取出操作子规则,先根据子规则的“保护类型”、“第几套保护”属性从一次设备相关联的保护装置列表中搜索匹配的保护装置,再根据通用保护模型和子规则中的保护测点,搜索匹配的保护装置测点对象。

(5) 从保信应用中获取保护装置的实时状态,将保护装置测点实时值与子规则的目标状态进行比对。若不一致,则对该一次设备设置“校核不通过”的标志,将操作校核结果写入实时库中并发送告警事件,执行操作(7)。若一致,则重复执行操作(4)至(5),直到所有子规则都校核完成。

(6) 若所有子规则条件都满足,则对该一次设备设置“校核通过”的标志,该一次设备校核结束。

(7) 进入下一个一次设备的校核,重复执行操作(1)至(6)。

4 功能测试

本文的保护操作校核系统是基于 PCS-9000 智能调度支持系统实现的。PCS-9000 平台集成了 EMS、保信等应用功能,为保护操作校核系统提供了模型和数据的支撑。以某 220 kV 测试线路转旁路代运行为例^[16,17],对系统的各项功能进行了测试。220 kV 测试线路连接 A 站、B 站,A 站、B 站均为双母线带旁路母线接线方式,两侧保护配置相同,主一保护为光纤差动保护 RCS-931BM,主二保护为高频距离保护 RCS-902CB,旁路保护为高频距离保护 RCS-902CB,旁路断路器保护为 RCS-923A。首先利用工具对线路旁路代运行的保护操作规则进行了定义,具体如表 1 所示。其次在 A 站的厂站图上通过人工置数的方式分合开关、刀闸,模拟 220 kV 测试线路转旁路代运行,在保信应用的实时库中对各套保护装置的压板状态、运行定值区号进行了人工设置,模拟保护操作。最后,保护操作校核服务进程进行校核,校核结果显示在 A 站的厂站图上,双击 220 kV 测试线路图元,可查看详细的校核信息,如表 2 所示。

表 1 220 kV 线路转旁代保护操作规则

Table 1 Relay operation rule during by-pass substitution operation in 220 kV transmission line

| 一次设备 | 保护类型 | 套数 | 测点类型 | 测点 | 值 |
|---------|-------|----|------|------|---|
| 本侧(旁代) | 线路保护 | 主一 | 硬压板 | 投主保护 | 0 |
| 对侧(非旁代) | 线路保护 | 主一 | 硬压板 | 投主保护 | 0 |
| 对侧(非旁代) | 线路保护 | 主一 | 定值区号 | 运行区 | 2 |
| 对侧(非旁代) | 线路保护 | 主二 | 定值区号 | 运行区 | 2 |
| 旁路 | 线路保护 | — | 定值区号 | 运行区 | 1 |
| 旁路 | 断路器保护 | — | 定值区号 | 运行区 | 1 |

表 2 220 kV 线路转旁代保护操作校核结果

Table 2 Relay operation verification during by-pass substitution operation in 220 kV transmission line

| 厂站 | 保护装置 | 测点 | 实际值 | 结果 |
|----|---------------------------|------|-----|----|
| A | 220 kV 测试线路主一保护 RCS-931BM | 投主保护 | 1 | 错误 |
| B | 220 kV 测试线路主一保护 RCS-931BM | 投主保护 | 0 | 正确 |
| B | 220 kV 测试线路主一保护 RCS-931BM | 运行区号 | 1 | 错误 |
| B | 220 kV 测试线路主二保护 RCS-902CB | 运行区号 | 2 | 正确 |
| A | 220 kV 旁路保护 RCS-902CB | 运行区号 | 1 | 正确 |
| A | 220 kV 旁路断路器保护 RCS-923A | 运行区号 | 1 | 正确 |

上述列举了 220 kV 线路转旁路代运行时保护操作校核的测试方法,对于其他电压等级不同运行方式也采用类似方法进行了测试,不再一一叙述。

5 结语

本文对保护操作校核系统进行了初步的研究和实现,基于通用保护模型建立保护操作规则库,

在电网运行方式发生变化时,实时校核继电保护操作结果是否满足电网运行方式的要求,提升继电保护操作的效率和安全性。在实际应用时,还存在一些难题有待进一步解决,比如电网的有些运行方式不仅与一次设备有关,还涉及二次设备的运行方式,比如 220 kV 母线的母差保护或所有失灵保护长时退出的运行方式,所以一次设备运行态判别还要增加对二次设备运行方式的判断。还有些特殊的保护操作规则无法用规则库描述,如 220 kV 线路旁路代运行时,需校核旁路保护的重合闸方式与本线路的重合闸正常投退方式一致,保护操作规则库有待进一步完善。

参考文献:

- [1] 李德文,刘进,刘伟,等. 继电保护装置远方修改定值模式研究[J]. 江苏电机工程, 2014,33(2):34-36.
LI Dewen, LIU Jin, LIU Wei, et al. Research on the modes of setting group remote modification in relay protection[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014,33(2):34-36.
- [2] 曾耿晖,李银红,段献忠. 电力系统继电保护定值的在线校核[J]. 继电器, 2002,30(1):22-24.
ZENG Genghui, LI Yinhong, DUAN Xianzhong. A discussion about on-line verifying of relay setting in power system[J]. Relay, 2002,30(1):22-24.
- [3] 朱永利,宋少群,朱国强,等. 地区电网保护定值在线校验智能系统[J]. 电力系统自动化, 2005,29(6):87-92.
ZHU Yongli, SONG Shaoqun, ZHU Guoqiang, et al. An intelligent system for on-line verification of relay settings in sub-transmission networks[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005,29(6):87-92.
- [4] 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.
LV Ying, SUN Hongbin, ZHANG Boming, et al. Research and development of an online intelligent early warning system of protective relaying[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006,30(4):1-5.
- [5] 谢俊,石东源,杨增力,等. 基于多代理系统的继电保护定值在线校核预警系统[J]. 电力系统自动化, 2007,31(13):77-82.
XIE Jun, SHI Dongyuan, YANG Zengli, et al. An on-line verification of relay settings and early warning system of protective relaying based on MAS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007,31(13):77-82.
- [6] 吕颖,张伯明. 基于集群计算机的保护定值在线校核[J]. 电力系统自动化, 2007,31(14):12-16.
LYU Ying, ZHANG Boming. Online relay setting check based on computer cluster[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007,31(14):12-16.
- [7] 祁忠,笃竣,张海宁,等. 新一代继电保护及故障信息管理主站的设计与实现[J]. 江苏电机工程, 2014,33(4):8-12.

QI Zhong, DU Jun, ZHANG Haining, et al. Design and implementation of new generation protective and fault information management station[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(4):8-12.

[8] 王增平,刘国平,仇向东,等. 继电保护定值在线整定功能的实现[J]. 电力系统保护与控制, 2012,40(1):128-130.
WANG Zengping, LIU Guoping, QIU Xiangdong, et al. Realization of online relay protection setting value adjustment [J]. Power System Protection and Control, 2012,40(1): 128-130.

[9] 陈根军,周红阳,李文云,等. 基于 CIM 扩展的通用保护模型及其应用[J]. 电力系统自动化, 2012,36(24):49-53.
CHEN Genjun, ZHOU Hongyang, LI Wenyun, et al. A cim extended general protection model and its application [J]. Automation of Electric Power Systems, 2012,36(24):49-53.

[10] IEC.IEC 61970 TC57 Energy Management System Application Program Interface(EMS-API) [S]. USA:IEC,2003.

[11] 裴佩,吴晓博,王浩. 变电站五防闭锁规则库生成法的实现[J]. 电力系统自动化,2009, 33(8):51-55.
PEI Pei, WU Xiaobo, WANG Hao. The implementation of building the rule storeroom of mis-operation prevention [J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(8):51-55.

[12] 张慎明,卜凡强,姚建国,等. 遵循 IEC 61970 标准的实时数据库管理系统[J]. 电力系统自动化,2002, 26(24): 26-30.
ZHANG Shenming, BU Fanqiang, YAO Jianguo, et al. Real-time database management system (DBMS) that conforms to IEC 61970 standard [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(24): 26-30.

[13] 朱伯通,程志海,唐志强,等. 基于 CIM 模型的智能变电站和调度中心互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(10): 93-97.
ZHU Botong, CHENG Zhihai, TANG Zhiqiang, et al. Interoperate research of the intelligent substation and dispatching center based on CIM model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 41(10): 93-97.

[14] 刘敏,苏忠阳,熊文. 广州电网 EMS/继电保护管理信

息一体化系统应用分析[J]. 电力系统保护与控制,2010, 38(2):79-82.
LIU Min, SU Zhongyang, XIONG Wen. Application analysis of unified EMS/relay protection management system in Guangzhou Power supply bureau [J]. Power System Protection and Control. 2010,38(2):79-82.

[15] 苏忠阳,赵有铨,刘之尧. 能量管理系统和继电保护信息系统集成平台研究[J]. 南方电网技术,2008,02(6):71-74.
SU Zhongyang, ZHAO Youcheng, LIU Zhiyao. Research of an integration platform for EMS & relay fault information system [J]. Southern Power System Technology. 2008,02(6):71-74.

[16] 郑茂然,陈宏山,余江. 南方电网 220 kV 旁路代路风险分析与防控措施[J]. 南方电网技术,2014,08(1):56-59.
ZHENG Maoran, CHEN Hongshan, YU Jiang. Analysis on the 220 kV bypass road risk in China Southern Power Grid and its prevention and control measures [J]. Southern Power System Technology, 2014,08(1):56-59.

[17] 孙国彬,蔡子亮. 特殊运行方式与保护装置的配合[J]. 继电器, 2007, 35(4):81-83.
SUN Guobin, CAI Ziliang. Protections configuration in different operation modes [J]. Relay, 2007, 35(4):81-83.

作者简介:



祁忠

祁忠(1977—),男,江苏张家港人,高级工程师,从事继电保护信息管理系统、安全稳定控制管理系统、智能站运维系统的研究和开发工作;

华煌圣(1984—),男,江西赣州人,工程师,从事电力调度与继电保护专业相关工作;

董传燕(1987—),男,山东济南人,工程师,从事安全稳定控制管理系统、智能站运维系统的研究和开发工作;

毛建维(1983—),男,甘肃庆阳人,工程师,从事电网调度自动化的研究开发工作;

张海宁(1977—),男,陕西旬邑人,高级工程师,从事调度自动化研究开发工作。

Research of Relay Operation Verification Based on General Protection Model

QI Zhong¹, HUA Huangsheng², DONG chuanyan¹, MAO Jianwei¹, ZHANG Haining¹

(1. NR Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China; 2. Guangzhou Power Supply Bureau, Guangzhou 510620, China)

Abstract: When the power grid operation mode is changed, the relay operation mode should be adjusted synchronously, otherwise the relay may malfunction or reject action. The relay operation rule base design based on general protection model is proposed. The structure and function module of relay operation verification system are analyzed. The implementation of key modules such as equipment operation state identification and relay operation verification process is elaborated. The system test result is introduced. Using the power grid real-time operation status and relay operation information, the system verifies the relay operation results and determines whether the adjusted relay operation mode meets the requirements of power grid operation.

Key words: general protection model; relay operation verification; rule base; intelligent dispatching; power grid operation mode

(编辑 徐林菊)