

DTS 中继电保护的 CIM 模型扩展与实现

王嘉明¹, 牟勇¹, 吴文传², 王鹏²

(1. 四川省德阳电业局, 四川 德阳 618000; 2. 清华大学电机系电力系统国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 针对目前调度中心不同系统都需要保护模型, 提出了继电保护的 CIM 扩展。总结了国内继电保护原理主要的类型, 提出了适用于整定、仿真计算的保护 CIM 模型。进一步提出了表达 CIM 模型的 XML 文件。分析了 DTS 中实现保护逻辑仿真和定值仿真的基本思路。提出的模型和方法已在某地区电网的 DTS 系统应用。

关键词: 调度员培训仿真系统; 继电保护; 公共信息模型

CIM extension of relay protection for dispatcher training simulator

WANG Jia-ming¹, MOU Yong¹, WU Wen-chuan², WANG Peng²

(1. Deyang Electric Power Bureau, Deyang 618000, China; 2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Power system relay protection model is widely used in EMS/DTS. A CIM extension of relay protection is proposed in this paper. Firstly, different protection types are enumerated and analyzed. Then, an information model to describe protection relay is presented, which is an extension of CIM. The XML text file is also proposed to define this model. The protection simulation methods to accommodate the proposed model are introduced in the last part of paper. All the model and the method proposed in this paper are used in a real DTS project in Sichuan province.

Key words: dispatcher training simulator (DTS); relay protection; CIM

中图分类号: TM743 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)02-0090-05

0 引言

近些年来世界各地频繁发生停电事故, 其中多次事故的发生或扩大都与继电保护的不正确动作有关。北美电力可靠性委员会(NERC)统计了17年的事故数据发现63%的电力系统事故和保护不正确动作有关^[1], 国际大电网会议(CIGRE)在1995年的报告中指出27%的电力系统事故由保护不正确动作引起^[2]。继电保护整定与在线校核^[3]、考虑继电保护的在线运行风险评估^[4]和继电保护仿真^[5]已成为调度自动化系统重要的组成部分。这些系统都需要共同的继电保护模型和仿真算法, 而目前国内并没有统一的继电保护模型标准。

国际电工委员会(IEC)提出了IEC61850系列标准和IEC61970系列标准。IEC61850系列标准^[6]是变电站通信网络与系统的国际标准, 是未来变电站自动化系统和智能设备功能、信息、交互设计的主要依据。在IEC61850中, 有关于继电保护及应用的公共信息模型的定义, 但其目标是使不同厂家的保护装置实现无缝连接, 不适合继电保护定值整定及管理系统使用。IEC61970系列标准^[7]即能量管理系

统应用程序接口(EMS-API)标准, 该标准的定义使电力系统各种应用以及EMS系统能够不依赖信息的内部表示存取公共数据和交换信息。公用信息模型(CIM)是总的EMS-API框架的一部分, 提供能量管理系统信息的一个综合逻辑视图。基于EMS能方便进行保护定值的校核和整定, 因此需要在CIM中扩展继电保护的模型, 以方便进行保护定值的整定和校核。

本文提出了适合国内电网实际情况的继电保护CIM扩展, 并在四川德阳电网的DTS系统得到应用。

1 继电保护仿真模型

1.1 继电保护模型分类

继电保护按照保护的设备类型可以分为线路保护、变压器保护、母线保护、发电机保护以及电容器保护。

线路保护的模拟是DTS保护仿真中最重要的部分, 常见的线路保护类型有:

(1) 距离型保护。相间距离I段(偏移特性阻抗继电器)、相间距离II段(偏移特性阻抗继电器)、相间距离III段(偏移特性阻抗继电器)、接地距离I段

(偏移特性阻抗继电器)、接地距离 II 段(偏移特性阻抗继电器)、接地距离 III 段(偏移特性阻抗继电器)、相间距离 I 段(多边形特性阻抗继电器)、相间距离 II 段(多边形特性阻抗继电器)、相间距离 III 段(多边形特性阻抗继电器)、接地距离 I 段(多边形特性阻抗继电器)、接地距离 II 段(多边形特性阻抗继电器)、接地距离 III 段(多边形特性阻抗继电器)。

(2) 电流型保护。电流速断、限时电流速断、定时限过电流、相间过流、零序过流、零序电流 I 段、零序电流 II 段、零序电流 III 段、零序电流 IV 段、不灵敏零序电流 I 段、不灵敏零序电流 II 段。

(3) 复合型保护。复合电压电流速断、复合电压方向过流、电压闭锁电流速断、电压闭锁方向过流、低压闭锁电流速切、复合电压闭锁过流、零序电流 I 段正、零序电流 II 段正、零序电流 I 段反、零序电流 II 段反、间隙过电压、非全相保护、负序过流。

(4) 其他类型保护。高频保护、方向高频保护、相差高频保护、失灵保护、平衡保护、自动重合闸。

本文将以线路保护为重点, 进行介绍。

1.2 基于组件的模型^[8-9]

每个具体继电器保护设备的构成都比较复杂, 但不同的设备之间往往有相同的功能模块。采用“元件—组件—设备”思想, 先由底层构造组件, 再由组件构成设备, 这样可以保证仿真软件的可扩展性。

如图 1, 一般的继电器保护设备都由以下几部分组件构成:

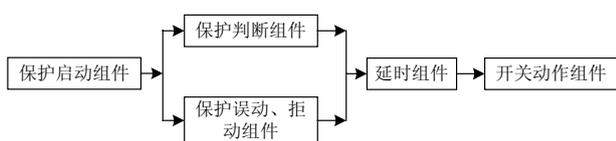


图1 保护的组件化模型结构

Fig.1 Componentization model structure of protection relay

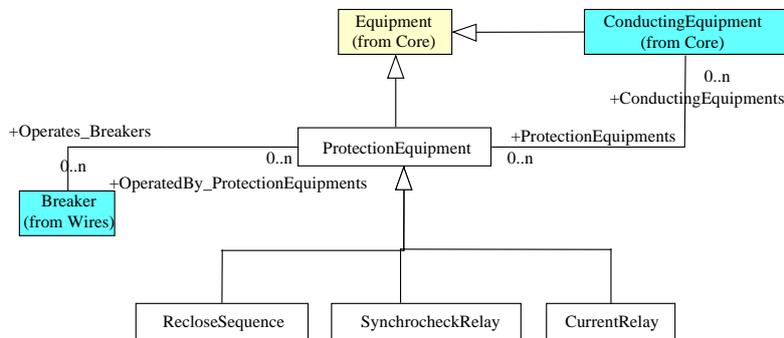


图4 继电器保护 CIM 模型类示意图

Fig.4 Protection relay CIM package schematic

SynchrocheckRelay 类定义纵联保护类型, 如纵联电流差动保护。CurrentRelay 类定义其他保护类

以距离保护为例, 它的模型框图如图 2 所示。

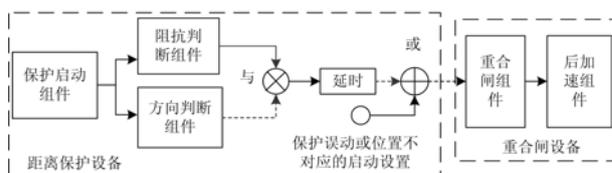


图2 组件化的距离保护模型

Fig.2 Componentization model structure of distance protection relay

从图 2 可以充分看到组件带来的好处。当阻抗判断组件的特性不同时 (如分别为偏移圆特性和多边形特性), 仅需要替换这一组件就可以定义新的模型。而当出现新的特性时, 也仅需要实现这一组件。这样, 无需修改程序就能适应二次设备的发展。

2 继电保护 CIM 模型的扩展

在调度中心中存在很多系统都涉及继电保护模型, 例如: 保护信息管理系统、保护整定系统、EMS 系统和 DTS 系统等等。因此, 非常有必要建立统一的标准模型以便于信息交换。

如图 3 所示, 在 CIM 中增加了 Protection 包, 对继电保护模型进行定义, 具体内容如图 4, 新增的类包括 ProtectionEquipment、CurrentRelay、SynchrocheckRelay、RecloseSequence。

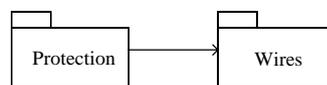


图3 继电器保护 CIM 模型包

Fig.3 Protection relay CIM package

ProtectionEquipment 类定义一套保护装置, 它从 ConductingEquipment (线路设备) 取量测, 保护动作后发跳闸命令到 Breaker (断路器)。

型，如相间距离保护一段。RecloseSequence 类，定义了自动重合闸的类型，如单相重合闸。各类包含的属性如表 1。

表 1 扩展的类及其属性的描述

Tab.1 Extension class and property description

类	属性	属性的类型	描述
ProtectionEquipment	Name	字符串	保护装置型号信息
	Desc	字符串	保护装置型号描述信息
	CT_H	浮点型	电流一次值
	CT_L	浮点型	电流二次值
	PT_H	浮点型	电压一次值
	PT_L	浮点型	电压二次值
	ProtectionSimulationType	枚举型	保护类型(相间距离 I 段、接地距离 I 段...)
CurrentRelay	ValueType	枚举型	定值类型(阻抗(圆特性), 阻抗(多边形特性), 电流...)
	value1	浮点型	保护定值信息
	value2	浮点型	保护定值信息
	tmdl	浮点型	保护延时
RecloseSequence	ReclosePhaseActionType	枚举型	重合闸类型

3 继电保护 CIM 模型的 XML 文件

根据上一节的继电保护的 CIM 定义，我们可以生成如下格式的 XML 文件，用于保护模型的交换。

```
<? xml version="1.0" encoding=" UTF-8"?>
<LINE PROT>
<LINE ID="古五东线" ST="五里堆站">
  <PR ID="JDJL1D" DESC="接地距离 I 段"
PT_H="1" PT_L="1" CT_H="1" CT_L="1"
ONUSE="1" NAME=" ">
    <TRIP ID="五里堆站 263 开关" TMDL="0"
ONUSE="1" />
    <PRVAL ID="JDJL1D" VALTY="阻抗(圆特性)
" ONUSE="1" VAL1="0.13" VAL2="0" />
  </PR >
  <PR ID="JDJL2D" DESC="接地距离 II 段"
PT_H="1" PT_L="1" CT_H="1" CT_L="1"
ONUSE="1" NAME=" 0" >
    <TRIP ID="五里堆站 263 开关" TMDL ="0"
ONUSE="1" />
    <PRVAL ID="JDJL2D" VALTY="阻抗(圆特性)
" ONUSE="1" VAL1="0.13" VAL2="0" />
  </PR >
</LINE>
</LINE PROT>
```

上面的 XML 文件片段描述了线路古五东线在

变电站五里堆站侧的接地距离 I 段和接地距离 II 段的模型。在该 XML 文件中，同一线路的所有保护集中在<LINE PROT> </LINE PROT>之间。对每一个保护由三部分组成：分别是保护描述域 (PR)，跳闸开关的描述域 (TRIP) 和定值的描述域 (PRVAL)。其中：

(1) 保护的描述域。ID 为保护的名称；DESC 为保护的说明；PT_H 为电压一次值；PT_L 为电压二次值；CT_H 为电流一次值；CT_L 为电流二次值；ONUSE 为投退状态；NAME 为保护名称。

(2) 跳闸开关的描述域。ID 为开关名称；TMDL 为延迟时间；ONUSE 为投退状态。

(3) 定值的描述域。ID 为定值名称；VALTYP 定值类型；ONUSE 为投退状态；VAL1 为保护定值 1；VAL2 为保护定值 2。

变压器保护也可以按类似格式的 XML 文件描述，限于篇幅不再赘述。

4 继电保护仿真流程

继电保护仿真可以分为逻辑仿真和定值仿真两种方法^[8-10]。

继电保护逻辑仿真是根据继电保护的動作原理，仿真软件根据电力系统模型发生的故障的地点、类型和持续时间，触发对应的开关动作；若存在保护拒动和误动、开关拒动和误动以及其他异常工况等情况，仿真软件能够依据保护之间的配合关系和

电网的拓扑关系, 触发后备保护的動作。继电保护逻辑仿真过程中, 不计算系统的故障电流, 只计算开关变位后的稳态潮流分布, 因此计算速度非常快。由于继电保护逻辑仿真具有计算速度快、可靠, 以及保护动作原理能被清晰地展现的优点, 所以广泛应用于培训调度员和联合反事故演习中。

与定值保护相比, DTS 中的逻辑保护可以使调度员在稳态的情况下设置各种设备的各种类型的故障, 根据得到的故障位置、故障类型和故障时延等数据快速和准确地模拟故障引起的保护和相应的开关动作的情况以及保护或开关拒动时后备动作的情况。

(1) 继电保护定值仿真

继电保护定值仿真通过电力系统模型的故障计算, 来计算出发生故障后全系统的电流、电压分布, 仿真软件根据继电保护的動作定值与当前系统计算值进行比较来决定继电保护是否動作。定值保护仿真计算的主程序流程图如图 5、图 6。

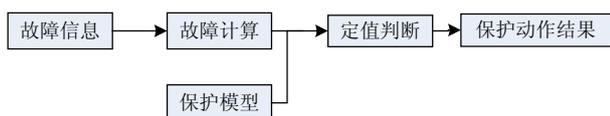


图 5 保护定值仿真基本原理示意图

Fig.5 Principle view of value check method for relay simulation

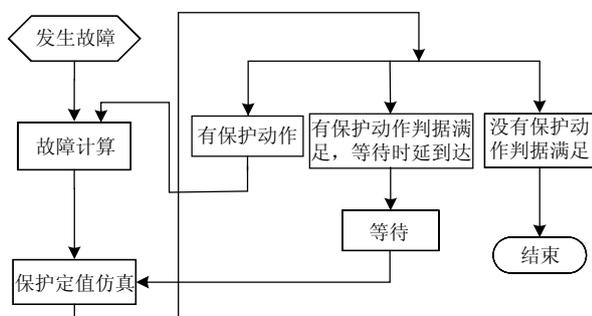


图 6 保护定值仿真流程

Fig.6 Simulation diagram of value check method for relay

继电保护定值仿真通过电力系统模型的故障计算或暂态时域仿真计算, 来计算出发生故障后全系统的电流、电压分布, 仿真软件根据继电保护的動作定值与当前系统计算值进行比较来决定继电保护是否動作。继电保护定值仿真需要持续计算故障发生时期内以及保护相继动作后电网的故障电流和电压分布, 因此计算量较大。继电保护定值仿真的优点是能真实地展现电力系统发生故障后保护的動作, 以及保护拒动或开关拒动所引起的多级保护的配合動作情况。其缺点是需要维护继电保护的所有

定值、以及确保电网模型与实际电网一致以及较合理的外网等值模型, 否则继电保护仿真结果的正确性难于保证。继电保护定值仿真一般应用于 DTS 的保护定值的校核研究和暂态仿真中。

(2) 继电保护逻辑仿真

继电保护逻辑仿真是根据继电保护的動作原理, 仿真软件根据电力系统模型发生的故障的地点、类型和持续时间, 触发对应的开关動作。继电保护的仿真由故障事件驱动的, 在正常情形下, 事件处理器每隔 5 s 周期性地驱动电力系统模型, 来计算系统潮流和周期内的长期动态过程。当有事故发生时, 事件处理器完成事件的接收、处理并负责提供相应的故障信息, 立即驱动逻辑保护的仿真计算, 以确保对事件响应的实时性。逻辑保护仿真计算的主程序流程图如图 7、图 8。

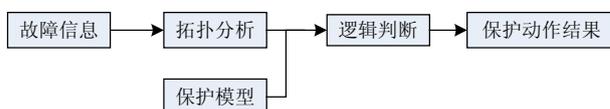


图 7 保护逻辑仿真基本原理示意图

Fig.7 Principle view of logic judgement method for relay simulation

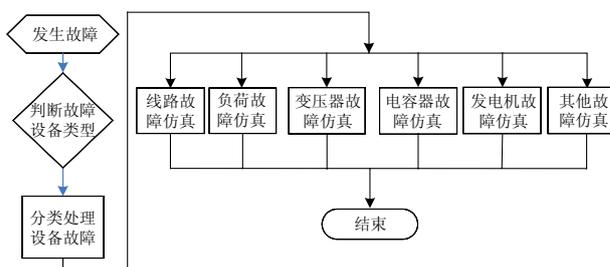


图 8 保护逻辑仿真流程

Fig.8 Simulation diagram of logic judgement method for relay

故障发生后, 程序首先判断是何种设备发生了故障并调用相应的函数, 进而根据此类故障及设备的特点搜索相应的开关, 查找此开关上是否装有对应的保护, 最后通过时延判断動作相应的保护和开关。

但是实际情况中并不是所有的保护和开关都能正常工作的, 因此对保护和开关拒动误动的处理必不可少。在每一种设备故障的函数中都包含若干个判别函数, 处理开关或保护的拒动时相邻设备作为后备動作, 各判别函数之间也存在相互调用。例如母线故障开关拒动时, 与之相连线路上的保护作为后备動作, 这就需要在母线保护中调用线路保护的函数。

逻辑保护最大的特点就是不需要判断保护的整

定值,它只需要故障类型、故障持续时间、故障位置等故障信息及安装的保护类型,保护的動作时延等保护安装信息的数据。因此计算速度非常快。

与定值保护相比,逻辑保护仿真具有计算速度快、可靠,以及保护动作原理能被清晰地展现的优点,所以广泛应用于培训调度员和联合反事故演习中^[5,10]。

5 小结

本文提出的方法已应用于实际地区电网的DTS系统中。该系统从保护整定系统中以本文提出的CIM模型标准导出保护模型的XML文件,然后导入到DTS系统中。采样本文提出的方法很好地解决DTS继电保护模型维护工作量大,更新不及时等问题。本文提出的模型可以广泛应用到调度中心其他系统中,具有推广价值。

参考文献

[1] Disturbance Analysis Working Group. Review of Selected Electric System Disturbances in North America[R]. NERC, Princeton, New Jersey 08540-5731, 1979-1995.

[2] CIGRÉ Report. An International Survey of the Present Status and the Perspective of Long-Term Dynamics in Power Systems[R]. CIGRÉ Task Force 38-02-08, 1995.

[3] 吕颖, 吴文传, 张伯明. 电网保护定值在线整定系统的开发与实践[J]. 电网技术, 2008, 32(8): 15-20.
Lü Ying, WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming. Development and Application of an On-Line Relay Setting Coordination System[J]. Power System Technology, 2008, 32(8): 15-20.

[4] 吴文传, 宁辽逸, 张伯明, 等. 一种考虑二次设备的在线静态运行风险评估方法[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(7): 1-5.
WU Wen-chuan, NING Liao-yi, ZHANG Bo-ming, et al. Online Operation Risk Assessment for Power System Static Security Considering Secondary Devices Models[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(7): 1-5.

[5] 吴文传, 张伯明, 孙宏斌, 等. 省、地广域互联的分布式DTS系统[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(22): 6-11
WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming, SUN Hong-bin, et al. A Distributed Dispatcher Training Simulator for Interconnected Wide Areas[J]. Automation of Electric

Power Systems, 2008, 32(22): 6-11.

[6] Standards and Committee Draft IEC 61850: 2002 (Ver. 3.0, May 29, 2002): Communication Networks and Systems in Substations[S/OL]. <http://www.see-online.de/std/61850>

[7] IEC, "IEC 61970: Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) Part 1: CCAPI Guidelines Preliminary Draft", 1999.

[8] 吴文传, 孙宏斌, 张伯明. "新一代EMS/DTS一体化系统中基于自定义建模的自动装置模拟"[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(4): 57-60.
WU Wen-chuan, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming. Simulation of Automatic Device based on User-defined Model in Integrated EMS/DTS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(4): 57-60.

[9] 潘哲龙, 孙宏斌, 吴文传, 等. "DTS中用户定制的二次设备模拟新方法"[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(11): 54-57.
PAN Zhe-long, SUN Hong-bin, WU Wen-chuan, et al. A New Method to Customize Secondary Devices Simulation in Dispatcher Training Simulator[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(11): 54-57.

[10] 崔鸿斌, 常鲜戎, 胡文丽. DTS系统中继电保护仿真实现方法的改进[J]. 电力系统及其自动化学报, 2006, 18(3): 94-97.
CUI Hong-bin, CHANG Xian-rong, HU Wen-li. Improvement of the Simulation Method about Relay Protection in DTS[J]. Proceedings of the Chinese Society of Universities, 2006, 18(3): 94-97.

[11] SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, WU Wen-chuan. A New Dispatcher Training Simulator Developed for Sub-transmission Power Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(4): 49-52.

收稿日期: 2009-02-09; 修回日期: 2009-03-28

作者简介:

王嘉明(1964-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事电网运行管理工作;

牟勇(1971-), 男, 工程师, 学士, 主要从事电网运行管理和信息化工作;

吴文传(1973-), 男, 副教授, 博士, 主要从事调度中心自动化系统的研究和教学工作。