

基于保护装置模版的四川线路继电保护整定计算系统

唐茂林, 王伟, 陈军, 王利平

(四川省电力公司调度中心, 四川 成都 610000)

摘要: 对线路保护装置及其整定原则进行了深入分析, 总结了目前线路保护装置整定计算的特点以及现有整定计算软件的研究现状, 在此基础上论述了基于保护装置模版自定义整定计算的必要性和可行性, 并提出了一种利用脚本语言编程来定义整定计算原则的思想。基于本文提出的方案所开发的四川线路保护装置整定计算系统已经在四川电网投入实际运行, 应用表明该系统具有较好的灵活性和可扩充性。

关键词: 线路保护装置; 整定计算; 自定义

Line protection coordination system of Sichuan province based on protection devices model

TANG Mao-lin, WANG Wei, CHEN Jun, WANG Li-ping

(Sichuan Power Dispatch Center, Chengdu 610000, China)

Abstract: A methodology to realize the user-definition of the coordination principles of protection devices by adopting the ActiveX Scripting technology is presented in this paper. First, the characteristics of line protection coordination are summarized and the limitation of current coordination software is described. Then, a methodology to realize the user-definition of the coordination principles of protection devices coordination is presented. ActiveX Scripting technology is adopted to maximize the flexibility of user-definition. Based on the methodology, a line protection coordination system for Sichuan Power Dispatch Center has been applied in practical coordination work. The numerical results demonstrate the flexibility and extendibility of the system.

Key words: line relay device; coordination; user-definition

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)15-0095-05

0 引言

继电保护装置已成为我国电网安全稳定运行的重要支柱^[1], 而装置动作的准确性很大程度上来源于对保护装置定值准确的整定计算, 保护装置的灵敏性、选择性和速动性要靠整定计算获得的合理保护定值来保证。因此, 做好继电保护整定计算工作对于满足电网对继电保护装置提出的要求, 充分发挥继电保护装置的性能和保证电力系统的安全运行具有重要意义。

随着智能型集中信息微机处理系统不断发展, 微机型继电保护装置已经开始全面代替电磁型、整流型、集成电路静态型继电保护装置^[2], 给电网的安全运行带来了更高的稳定性和可靠性, 但同时也给整定计算工作带来了更大的困难, 与以前相比, 整定计算至少在以下几个方面明显不同:

(1) 对计算人员的要求更高, 整定计算工作因此也更复杂了;

(2) 计算人员的责任更加重大, 计算人员面

临着前所未有的压力;

(3) 计算人员工作量加大, 计算人员需要协调考虑的定值越来越多。

同时, 伴随着四川电网改造计划的实施及配电网自动化水平的提高, 电网规模不断扩大, 系统容量不断提高, 接线方式日益复杂, 各种新原理的保护装置也不断涌现, 使得对现有继电保护整定计算工作在整定结果准确性、计算效率、系统自动化程度等方面提出了更高的要求^[3-5], 开发一个基于保护装置模版的实用整定计算软件已经是必须的。

随着计算机技术的飞速发展, 整定计算软件逐渐向图形化、自动化、通用性和实用性的方向发展, 现有的整定计算软件主要有:

(1) 面向对象的整定计算软件和(2) 基于组件技术的整定计算软件。目前, 基于这两种技术开发的整定计算软件在图形化故障计算、线路后备保护定值的整定计算方面已经比较成熟, 它们着重于解决故障计算中极端运行方式的组合以及零序过流保护、相间距离和接地距离保护中相邻保护的配合

等复杂问题，使整定计算的准确性和工作效率有了质的飞跃。但与此同时，这些整定软件在实际的应用中也逐渐暴露出了新的问题——对整套保护装置整定计算的考虑有所欠缺。继电保护装置整定计算的最终目的是要实现保护装置中每一个整定项目定值的确定，并以此生成保护定值通知单，而现有的这些整定计算软件主要侧重于计算装置中各阶段式原理保护定值，而对于保护装置成套整定项目定值的整定则没有提供很好的手段，它们通常都是由程序员事先将电网中所有型号的保护装置及其计算方法固化于程序内部来实现对保护装置的整定。因此，会产生以下两个方面的问题：

(1) 通用性不高，软件难以适应不同地区的需要；

(2) 可扩展性差，开发人员面临着庞大的程序升级和维护工作。

针对以上问题，目前的整定计算软件也采取了如：1) 插件式升级的方法 2) 整定原则库的方法和 3) 公式编辑器的方法等几种相应的解决办法，但是在实际运行中都没有取得很好的效果，这些方法仍有着固有的缺陷——需要大量的人工辅助或开发人员对程序的升级和维护，用户仍然不能从根本上实现自定义保护装置的整定原则。

本文构建了线路保护装置自定义整定计算系统的总体结构，论述了其功能和整定计算的具体流程，并对系统中的关键问题给出了简便可行的解决方案。该系统实现了保护装置基本信息、整定计算原则和定值通知单的自定义功能，能够完全满足通用性和可扩展性的要求。

1 基于保护装置模版的整定计算研究

1.1 保护装置整定项目分析

线路保护装置整定计算的整定对象是具体的保护装置，每套保护装置的整定内容是由众多整定项目构成的，目前不同型号的保护装置尤其是不同厂家生产的保护装置在内容和整定方法上都存在差异，但是就保护原理来讲，许多整定项目又存在着相似之处，因此，我们主要根据保护原理和整定原则对保护装置的整定项目进行一个总体的分类。

(1) 各种阶段式保护的后备定值项目

四川电网因为主保护配置齐全，运行情况良好，故对于后备保护不要求进行配合，简化了整定难度。对于需要进行配合的情况下，可以将该类定值的整定放在单独的后备保护整定模块中完成，在继电保护装置的整定计算中直接通过访问数据库来获取被保护元件的各后备保护定值。

(2) 各种启动元件和停信元件

启动和停信定值一般作为线路保护中的主保护定值，常涉及到线末短路故障下保护所在处和故障点处的相电流及各电流序分量的计算，而且在定值最终确定的过程中会有许多限制条件，如定值上下限，与对侧定值取一致等，因而整定原则相对较为复杂。

(3) 控制字项目

保护装置整定中的一些整定项目的整定结果取值是离散的，如只能取 0、1 等，而且这些不同的离散取值具有特定的含义，因此必须通过整定计算从系统初始设置的取值范围内选择适当的整定结果。

(4) 整定项目

除去前面几类整定项目外，保护装置剩下的有相当一部分整定项目都是属于系统参数或者用比较简单的公式就可以实现整定的整定项目，都归纳为常规整定项目。这些项目的整定非常简单，主要是利用电网的基本电气参数和运行参数进行代数运算即可。如：零序补偿系数，距离偏移角、线路阻抗、阻抗角、PT/CT 变比、躲负荷电流等。

1.2 线路保护装置整定计算的难点

经过前述分析，线路保护装置的整定计算总的来说整定原则相对简单。由于保护装置中涉及到相邻配合的后备保护整定项目被分离出来在单独的计算模块中完成，因此，线路保护装置整定计算的任务就是将这些结果从数据库中读取过来。另外，大量的控制字项目是简单的“0”和“1”的取值，实现起来也很简单。但是，线路保护装置整定计算同时也存在如下几个方面的困难：

(1) 保护装置及定值项目繁多。国内外保护装置的生产厂家众多，每个厂家生产的保护装置又分为了许多系列和型号，而一般情况下每一套保护装置所包含的定值项的数目（含控制字在内）就有近百个。

(2) 整定计算原则灵活多样，包含的内容十分繁杂。在保护装置的整定计算当中涉及到许多电网的一、二次系统参数，运行特性以及许多故障量如线末故障下的电流序分量等信息，另外，整定项目的整定原则中一般还加入了各种限制条件、取值条件和逻辑判断等，还有部分整定项目之间的相互关联使得整定原则千变万化异常复杂，难有规律可循。

(3) 不同地区的整定原则千差万别。不同保护原理、不同厂商生产、不同型号的保护装置的整定内容均不相同。即便是同一种保护类型的装置，

在不同地区的电网中整定时, 由于整定计算人员经验和习惯的不同, 整定的原则也存在着差异。

(4) 保护装置的扩展。随着电力的发展, 电网中不断有新型号的保护装置投入运行。若通过整定计算软件的再开发来实现对新型号保护装置的整定显然是不可行的, 即便是利用插件式升级的方法也很难跟得上新老保护更替日益频繁的节奏。

线路保护装置整定计算存在的这些难点, 对新一代继电保护装置整定计算软件提出了挑战, 尤其在软件的通用性和可扩展性方面提出了更高的要求。

1.3 整定预备量的定义及分类

整定预备量是整定原则组织的最小单元, 是独立的不可分割的处理单元, 它描述的是某一中间量的计算方法, 在整定计算中记录了整定原则的中间计算结果, 为各整定计算原则所调用。依据整定预备量所计算的中间结果的属性, 整定预备量又可划分为: 参数预备量、定值预备量、故障预备量。

1.4 线路保护装置共性量

利用整定预备量可以实现各种线路保护装置整定原则的完全的定义。另外, 尽管有些整定项目的名称或符号不同, 但是对于同一地区电网中配置的保护装置而言, 在不同的保护装置之间存在着大量的整定计算原则相同的整定项目的, 为此我们将这些整定项目的整定方法抽取出来作为共性量^[6,7], 实际上一个共性量就意味着一个能返回计算结果的计算函数, 具有与该共性量相同计算原则的整定项目都可以在该共性量函数中完成, 因此共性量的建立将大大减少整定计算的工作量, 提高工作效率。

(1) 参数预备量

参数预备量根据参数特性又可以分为设备参数、测量参数和扩展参数预备量。扩展参数主要是方便程序以后升级预备量库或者由用户根据需要自行定义某种信息参数作为预备量来进行调用。

(2) 定值预备量

定值预备量主要搜集的是各种后备保护定值, 前面谈到过这类定值由于配合复杂需要单独的计算模块完成计算, 在实际的整定流程中一般都是先完成这类定值的整定, 然后在此基础上进行保护装置的整定, 因此对于线路保护装置的整定计算来说, 这类定值完全可以作为一类预备量。

(3) 故障预备量

在线路保护装置的整定计算中, 通常需要计算线路末端发生各种短路故障的情况下, 保护处流过的各种分量电流, 整定原则中需要用到的是这些分量在各种故障类型和方式组合下的最大值或最小

值, 这些极值就是故障预备量管理的对象。总之, 整定预备量的定义使得线路保护装置整定计算实现的手段更加丰富灵活, 通过预备量的组合来定义整定计算原则的方法, 不仅可以满足保护装置的扩展性要求, 而且可以使线路保护装置整定计算不再受到不同地区不同整定习惯和方法的困扰, 从根本上解决目前继电保护装置整定计算软件的通用性和可扩展性的两大难题。

2 系统的总体结构及功能

2.1 系统总体结构

基于线路保护装置整定计算的特点, 线路保护装置自定义整定计算系统也采取按功能组件分别设计的系统模式。线路保护装置自定义整定计算系统总体结构如图 1 所示, 系统分为整定计算子系统、故障量计算子系统和保护装置及整定原则自定义子系统三个部分。

故障量计算子系统主要完成各种故障预备量的计算, 保护装置及原则自定义子系统主要完成现有保护装置模版的管理和新保护装置模版的定义。线路保护装置整定计算子系统能够自动整定保护装置中各整定项目的定值, 同时也将提交整定计算的中间结果, 供用户调整和审核; 整定计算完毕后, 可自动记录计算过程中的程序处理及用户进行的各种干预信息, 并可据此生成标准、规范、易读的定值计算手稿, 作为历史数据备份。当整定的保护装置定值得到确认后, 整定结果直接写入定值通知单管理子系统中, 自动生成定值通知单。

2.2 系统实现的功能

系统主要实现面向各种型号的线路保护装置的整定计算。

(1) 整定计算内容。实现对各种类型线路保护装置的整定计算。

(2) 提供整定计算的自定义功能。用户可以在系统中添加新型号的保护装置, 同时为新装置整定项目定义整定计算原则, 定义定值通知单的格式。

(3) 整定计算过程高度自动化, 能够在没有人工干预的情况下完成整定计算全过程的工作, 给出完整的整定结果, 供整定计算人员参考。

(4) 提供用户在整定计算各个阶段灵活干预计算过程的手段, 并能在用户手工设定计算条件的基础上继续进行计算。

(5) 能够在网络接线图上完成整定计算各个环节的工作, 包括运行方式的设置、整定范围的指定、定值的查看和手工调整等。

(6) 提供丰富的计算结果输出功能, 形成 word

格式的定值算稿等。

(7) 提供历史记录和基础资料的管理功能。

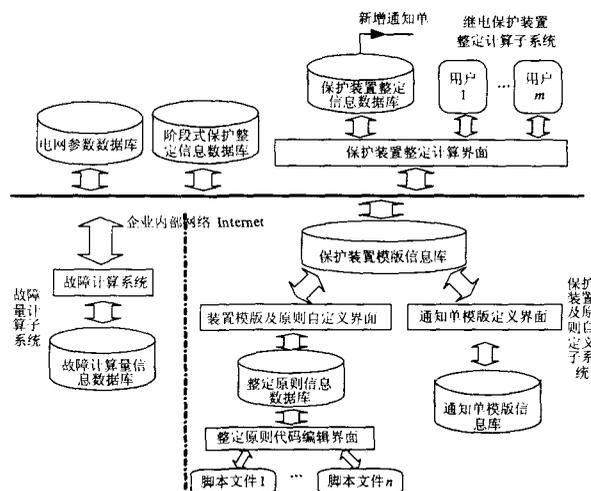


图1 线路保护装置整定计算总体结构图
Fig.1 Frame of line protection coordination

3 关键技术

线路保护装置自定义整定计算首先应当从保护装置的模版开始，该模版在包括保护装置的基本属性和整定项目信息的同时还要包括各个整定项目的计算方法和新型号的保护装置通知单模版，即能够在整定计算系统中自动完成整定计算和通知单生成的全部过程。

3.1 保护装置模版的自定义

保护装置模版描述保护装置的基本信息，包括保护装置名称、编号、生产商、包含整定项目的数目、各个整定项目中的、英文名称、各整定项目的整定原则等。保护装置模版支持用户的自定义，用户可自行定制新的保护装置模版，指定保护装置模版的所有属性，包括名称、生产商、包含的整定项目等，同时可以从整定原则库中选择或新建各整定项目的整定原则，完成整个保护装置的扩展，新建的保护装置模版将自动添加到保护装置模版库中。

3.2 整定原则的自定义

为了在对系统预备量进行调用的同时能够满足整定原则中代数运算、逻辑判断的要求，从根本上实现整定原则的自定义，整定原则采用脚本代码的形式进行封装，每一个整定原则对应一段脚本代码，脚本代码中同时还可以定义整定方案的输出格式。封装之后的整定原则可以被定义在整定原则库中为任意整定项目所调用，也可以直接与某个整定项目绑定在一起，只供该项目调用。

3.3 整定原则库

整定原则库是整定原则的集合，从形式上看整定原则库是整定原则的仓库，程序采用共性量形式对整定原则进行组织、存储和管理。

整定原则库的设计与管理采用分层、分类与多级数据关联的方式，整定原则按照类型进行分类管理，有集中所有整定原则共同信息的总表，也有表达整定原则个性数据的子表，它们之间通过关键字进行关联，从而能方便地形成和管理内存中的整定原则链表和以后进行新添整定原则的扩充。整定原则库提供多种方式的查询，如通过保护类型查询、自定义查询等，为用户查找和调用整定原则提供方便。

3.4 通知单模版的自定义

通知单模版的自定义包括通知单内容的定义以及通知单形式的定义两个部分。通知单内容定义部分：主要根据保护装置模版的定值内容来定义，如管理保护型号及其基本信息(如生产厂家、类型等)、定义各型号保护通知单所包含的定值项及控制字项。另外，每张通知单都包含有表头信息，如通知单编号、被保护元件名称、PT、CT等；通知单形式定义部分：本文以EXCEL的形式定义各型号保护通知单模版的格式，将在内容定义部分中定义的各通知单定值/控制字项的名称、原定值、新定值等布置于EXCEL模板文件中的指定单元格。

3.5 系统整定计算定值调整功能

在完成所有保护装置的整定计算之后，系统显示定值查看界面，开始进入定值调整操作。定值调整的工作具体包含了如下几个方面的内容：

- (1) 人工给定定值。
- (2) 对整定原则中自定义可调参数的调整。
- (3) 对故障预备量的调整，包括补充计算方式的结果等。

4 总结

本文通过深入分析目前线路保护装置整定计算的特点，讨论了自定义整定计算的必要性和可行性，对线路继电保护装置自定义整定计算软件的开发进行了深入的研究，基于本文方法的自定义线路保护装置整定计算系统已经在四川电网投入运行，效果良好。

参考文献

[1] 崔文广. 微机继电保护技术的现状与发展[J]. 中国科技信息, 2005, 9: 38-39.
CUI Wen-guang. Development of Microprocessor-based Relay Technology[J]. China Science and Technology

- Information, 2005, 9:38-39.
- [2] 毛锦庆, 王澎. 从简化整定计算论线路的微机型继电保护装置[J]. 电力系统自动化设备, 2004, 24(11):94-48.
- MAO Jin-qing, WANG Peng. Discussion of Microprocessor-based Protection Equipment on Setting Calculation Simplification[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(11):94-48.
- [3] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规定汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- National Power Dispatching & Communication Center. The Rules of Power System Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [4] IEEE Committee Report. Computer Aided Coordination of Line Protection Schemes[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1991, 6(2): 575-583.
- [5] 崔家佩, 等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- CUI Jia-pei, et al. Settings of Power Relay Devices[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [6] 李银红, 段献忠. 电力系统线路保护整定计算一体化系统的研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(9): 66-69.
- LI Yin-hong, DUAN Xian-zhong. Study on Line Protection Integrative Coordination System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(9): 66-69.
- [7] 易亚文, 涂亮, 王星华, 等. 基于模式的自定义继电保护装置整定计算系统研究[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(16):79-83.
- YI Ya-wen, TU Liang, WANG Xing-hua, et al. Self-defined Relay Device Coordination Software Based on Pattern[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(16):79-83.

收稿日期: 2008-09-17; 修回日期: 2008-10-13

作者简介:

唐茂林(1963-), 男, 高级工程师, 目前的研究方向为电力系统自动化;

王伟(1964-), 男, 高级工程师, 目前的研究方向为电力系统继电保护;

陈军(1971-), 男, 高级工程师, 目前的研究方向为电力系统继电保护。E-mail: chenjun@sepc.com.cn

(上接第 94 页 continued from page 94)
平台, 实现了设备编号和拓扑的自动生成, 应用于电网故障定位、动态着色、故障设备隔离和恢复及其校核操作, 提高了图形编辑的效率和发布的实时性, 现场使用效果良好。

参考文献

- [1] 徐爱春, 魏艳华, 章坚民. 基于 CIM/SVG 图模一体编辑器系统的设计及实现 [J]. 继电器, 2006, 30(12): 49-53.
- XU Ai-chun, WEI Yan-hua, ZHANG Jian-min. Design and Implementation of Vector Graphics Editing System Based on CIM/SVG[J]. Relay, 2006, 30(12):49-53.
- [2] 董朝霞, 戴琦, 杨峰. 基于 CIM/SVG 的电网建模技术[J]. 电力系统及其自动化学报, 2006, 18(5):58-61.
- DONG Zhao-xia, DAI Qi, YANG Feng. Power Network Modeling Method Based on CIM and SVG[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2006, 18(5):58-61.
- [3] 郭创新, 齐旭, 朱传柏, 等. 基于 SVG 的电力调度图形支撑平台设计与实现[J]. 电力系统及其自动化学报, 2007, 19(2):28-34.
- GUO Chuang-xin, QI Xu, ZHU Chuan-bai, et al. SVG-based Graphic System for Power Dispatching[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2007, 19(2):28-34.
- [4] 宋善德, 熊展志, 李卫国, 等. 基于 SVG 的矢量图形编辑器
- 的设计与实现[J]. 计算机工程与科学, 2003, 25(2):91-94.
- SONG Shan-de, XIONG Zhan-zhi, LI Wei-guo. Design and Implementation of a Vector Graphics Editor Based on SVG[J]. Computer Engineering & Science, 2003, 25(2):91-94.
- [5] 王湘中, 黎晓兰. 基于关联矩阵的电网拓扑辨识[J]. 电网技术, 2001, 25(2):10-13.
- WANG Xiang-zhong, LI Xiao-lan. Topology Identification of Power Network Based on Incidence Matrix[J]. Power System Technology, 2001, 25(2):10-13.
- [6] 吴文传, 张伯明. 基于图形数据库的网络拓扑及其应用[J]. 电网技术, 2002, 26(2):14-18.
- WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming. A Graphic Data Based Network Topology and Its Application[J]. Power System Technology, 2002, 26(2):14-18.

收稿日期: 2008-09-16; 修回日期: 2009-02-28

作者简介:

郑贵省(1975-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为电力电子与电力传动; E-mail: zgx_cn@126.com

赵锐(1957-), 男, 硕士, 教授, 研究生导师, 研究方向为测控理论与技术。

赵国亮(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为测控理论与技术。