

可灵活配置整定原则的继电保护整定计算软件的研究

高红艳¹, 杨志刚²

(1. 华北电力大学科技学院, 河北 保定 071003; 2. 资阳供电公司, 四川 资阳 641300)

摘要: 通过对整定计算软件现状的研究, 指出了现有继电保护整定计算软件在软件实现的通用性和可扩展方面存在的问题。提出了解决软件通用性的方法, 即用户可以自定义添加和修改整定计算规则, 可以自定义添加和修改整定计算公式, 该功能是通过数值/逻辑解释器这一工具辅助完成的。同时该软件将整定计算函数及软件用到的公共函数做成动态链接库, 解决了软件版本控制的问题, 使得整定规则可以灵活配置, 实现了软件更为通用和可维护可扩展性功能。

关键词: 继电保护; 整定计算; 用户自定义; 原则可配置化

Research on relay protection coordination software with flexibly configuring setting calculation principles

GAO Hong-yan¹, YANG Zhi-gang²

(1. College of Science and Technology, North China Electric Power University, Baoding 071003, China;
2. Ziyang Power Supply Company, Ziyang 641300, China)

Abstract: According to the research on current situation of relay protection coordination software, the problems of universality and extensibility of current relay protection coordination software are pointed out. Solutions to the problem of universality are pointed out: user-defined adding and modifying calculation principles and user-defined adding and modifying calculation formulas. The functions are realized by the auxiliary tool of Numerical value/ Logic explanation interpreter. Besides, the setting calculation formulas and public formulas used in the software are contained in dynamic-link library. The proposed solutions not only solve the problem of edition controlling, but also make the setting calculation principles be configured flexibly. The functions of extensibility and universality of the software are realized.

Key words: relay protection; setting calculation; user-defined; configurable setting principles

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)19-0175-05

0 引言

20世纪70年代开始, 保护定值的整定计算开始向利用数字计算机的方向发展, 并推出了一批集成多项应用功能的运行管理软件和一些独立的应用软件, 这些软件的开发和应用为提高继电保护的工作水平发挥了重要作用, 其从系统建模到整定计算高度的集成化、智能化, 大大减轻了整定人员的工作量。但是随着电网规模的扩大, 电网的接线方式和运行方式日趋复杂, 这就对整定计算软件的实用性和通用性提出了更高的要求^[1-3]。

当前市场上流行的整定计算软件通常将整定计算原则固定在程序代码当中, 用户需要定制特定的

版本来满足自身电网的要求。用户在使用软件进行整定计算时, 根据实际系统的保护配置和整定要求选择整定原则进行计算。由于软件中的整定原则只是针对特定的电网, 本身只满足系统当前的运行要求, 所以在进行整定计算的过程中用户不能对整定原则进行更改、添加及删除, 导致软件的生命周期很短, 推广应用受限。随着电网的发展, 电网接线方式的改变, 整定计算软件中的整定原则需要针对各不同电网进行频繁改动, 增加了系统成本, 造成了大量人力物力资源的浪费。解决不同电网整定计算原则的适应性问题成为当前继电保护整定计算软件一个共同的难题。

解决整定计算软件版本和通用性问题, 使其能够满足不同电压等级电网的运行要求, 关键在于解决整定原则的可配置化, 使之在电网发生变化的情况下用户可以自定义添加新的整定原则, 并根据

基金项目: 华北电力大学青年教师科研基金资助项目 (200811039)

添加的新原则添加相应的计算公式^[4-5]。这样就可使软件在系统元件的保护配置和整定原则发生变化时仍然能够正确地进行整定计算，同时软件也适用于不同的电压等级的电网。

1 整定计算原则自定义的研究

1.1 整定计算概述

继电保护的整定计算方法按保护构成原理分为两种。第一种是以差动为基本原理的保护。它们的整定值与相邻保护没有配合关系，具有独立性，整定计算也比较简单。第二种是阶段式保护，它们的整定值要求与相邻的上、下级保护之间有严格的配合关系，而它们的保护范围又随电力系统运行方式的改变而变化，所以阶段式保护的整定计算是比较复杂的。

各种保护通用的整定方法是：首先根据保护装置的构成原理和电力系统运行特点，确定其整定条件及整定公式中的有关系数。然后按整定条件进行初选整定值，最后选定运行方式校验灵敏度^[6]。

整定计算模块的输入量为整定系数、设备参数、故障参数、保护定值，输出为各种保护对应的整定值及计算书，如图 1 所示。

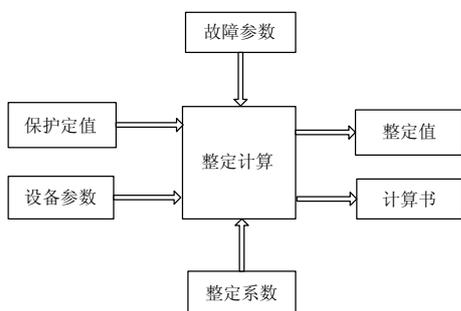


图 1 整定计算框图

Fig.1 Block diagram of setting calculation

整定系数，指为使继电保护整定值符合系统正常运行及故障状态下的规律，达到正确整定的目的，在计算公式中引入的各种整定系数，包括：可靠系数，返回系数，分支系数，灵敏系数，自启动系数等。

设备参数，指描述电力系统一次、二次设备属性的参数。如 PT、CT 变比，线路正序、负序、零序阻抗，线路间互感参数等。

故障参数，指通过故障计算得到的参数。如故障时流过线路的最大电流、零序电流、电压等。

保护定值，指当前保护整定计算定值及其需要配合的上下级保护各段动作定值以及时间定值等。

1.2 整定计算原则自定义的研究

具有通用性的继电保护整定计算软件应该能够适应不同的电网结构、适应不同电气设备配置的不同保护、适应不同结构和测量原理的(已经使用的和未来使用的)保护装置、适应不同用户的特殊情况等。

为满足这些要求，本系统采用的解决方法是：

a. 用户可以自定义整定原则。当软件提供的整定原则不满足系统运行要求时，用户可以修改已有的整定原则，或者自定义添加新的整定原则，以满足用户整定计算的要求。

b. 自定义整定计算方法。当电网运行方式发生改变时，针对某一整定原则的算法可能会发生变化，软件允许用户修改整定计算公式，也可以对新添加的整定原则配备相应的新算法。

这样就使得整定计算软件能够真正实现对新保护原理、新整定要求的保护装置的整定。

由整定计算层次结构图，可将整定计算分为三个模块：保护配备模块、整定原则模块和公式管理模块。数据库为三个模块提供三张对应的数据表，分别为：保护实例化规则配置表、保护规则使用配置表和保护规则配置表。它们之间的关系如图 2。

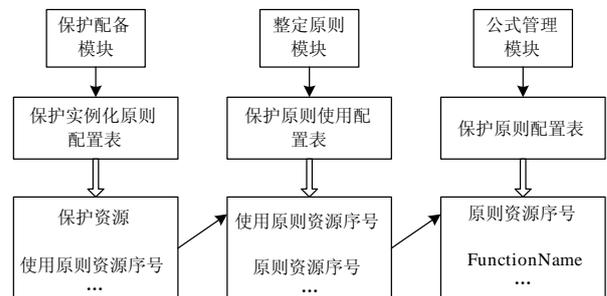


图2 模块间调用关系

Fig.2 Relations of module calls

1.2.1 数值/逻辑解释器

对整定原则和计算公式的添加和修改是由数值/逻辑解释器完成的。数值/逻辑解释器是一个独立的计算工具，可以应用到任何一个体系结构中。数值/逻辑解释器可以进行数值运算，输入需要的参数并选择计算公式即可输出计算结果，等同于一个计算器；可以进行逻辑的运算，如多个参数间的组合以及计算多个参数的最大、最小值等；同时它也可以将已有的多个资源组合成为一个新的复合资源。

数值运算：用户进行整定计算时，对于软件已经提供给的整定原则用户可直接配备，已配备好的原则将调用 DLL 中对应的函数进行整定计算。

逻辑运算：如果对某一具体的保护资源，配备了多条原则，用数值/逻辑解释器可以计算出各原则的整定值，并取其中的最大或最小值作为该保护的整定值。以阶段电流保护 I 段为例，其所有的整定原则如下：

- A. 按躲线路末端母线故障最大电流整定；
- B. 与线末变压器主保护差动保护配合；
- C. 与线末变压器主保护瞬时电流速断保护配合；
- D. 与线末并联同容量变压器主保护瞬时电流速断保护配合；
- E. 与 T 接变压器，T 接线路速动保护配合；
- F. 躲振荡电流；
- G. 躲背后母线故障。

若选取 A、B、C、D、E 作为整定原则，原则 A、B、C、D、E 作为参数，用数值/逻辑解释器可直接计算各原则的整定值并取得最大值作为整定值，直接得到保护定值，如图 3。

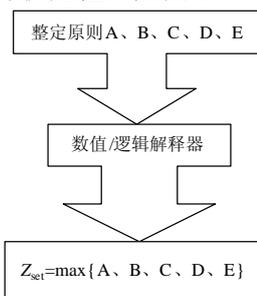


图3 数值/逻辑解释器使用示意图

Fig.3 Sketch map of Numerical value/ Logic explanation interpreter

数值/逻辑解释器也可以将已有的多个资源组合成为一个新的复合资源，即将已有整定原则或已有函数组合成为新的整定原则或新的函数。

1.2.2 自定义整定原则和计算公式

由于任何一个系统都有其自身的特性，所以整定计算原则库不可能囊括所有的原则，还需要进行人工干预，对已有原则库进行添加和修改。当用户要添加新的整定原则时，系统会弹出窗体供用户修改或添加新的整定原则，新原则的信息将存入数据库对应的表中，供用户使用。

如果用户配备了新保护装置，出现了新的整定原则，或者某一保护资源添加了新的整定原则，可以自定义添加整定原则。用户要添加新的整定原则时，系统会弹出对应的窗体，用户填入相关信息，如保护类型、保护名称、原则叙述等，即可生成新的整定原则，其对应的信息将存入数据库供用户使用。

用。

用户新添加计算函数时，注明函数名称、函数参数个数及参数类型、函数返回值类型，借助数值/逻辑解释器可以定义函数体，即计算公式，直接配备到整定原则中。

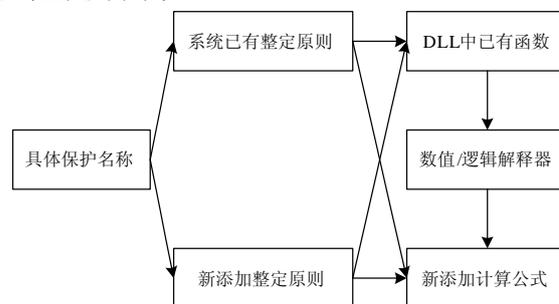


图4 保护配备逻辑图

Fig.4 Logic diagram of relay protection configuring

2 整定计算方法的改进

现有的继保整定计算软件将整定原则固化在软件代码中，即编译器把要调用的函数和过程编译成可执行代码，形成可执行文件的一部分，这种方式称为静态链接。用户无法对计算函数进行添加和修改，需要开发者的帮助才可以完成。

本软件将整定计算公式整理成函数保存在动态链接库 DLL 中，同时取得故障计算结果的函数也存于 DLL 中。如果某个整定规则对应的计算公式改变了，只要改变该公式在动态链接库中的函数即可，这种修改可以自动传播到所有调用他的程序中，不必对原程序进行修改，便于维护和升级，解决版本问题^[7-8]。

为减少 DLL 函数库中函数的个数，本系统对 DLL 做了进一步的简化。经分析发现，很多整定原则对应的计算函数所包含的参数个数、参数类型及函数返回值的类型都相同，只是参数代表的实际意义不同。由函数形参和实参的关系可知这些整定原则的计算都可以调用同一个函数，因此 DLL 中只要保留一个函数即可。这样将函数抽象以后 DLL 中的函数个数大大减少，也方便了对函数的调用。

3 具体的保护配备举例

由于整定原则已经按照被保护对象、保护性质、保护名称等整理出，使用该软件进行保护装置的配备时，用户可以方便快捷地完成配备过程。以型号为 LPF-941A 的线路保护装置为例，具体操作如下。

装置按系列号和被保护设备进行分类，配备保护装置时，首先在设备分类型号名称一栏选择“装

置系列: LFP (线路)”, 单击左边的“+”后在下拉表中选择“LFP-941A额定电流5 A”, 这样就选定了具体的保护装置。然后在保护名称一栏中选需要配备的保护, 如鼠标左击选中相间距离 I 段保护并按住鼠标左键不放将其拖入已配置保护名称中, 这样就为已选定的保护装置配备了相间距离 I 段保护, 同时系统将自动对保护名称进行排序, 用户也可以鼠标左击已配备保护名称, 手动进行排序。

结果如图 5, 这样就完成了对线路保护中一个保护装置的保护配置, 同理可以进行其他保护的配备。配备完保护后, 用户可以用相同的方法对已配保护进行整定原则的选取。整定原则的选取如表 1, 以零序电流 I 段为例: 保护资源及整定原则配备好以后, 软件就可以自动进行整定计算。计算的结果将存于数据库中, 并输出计算书。

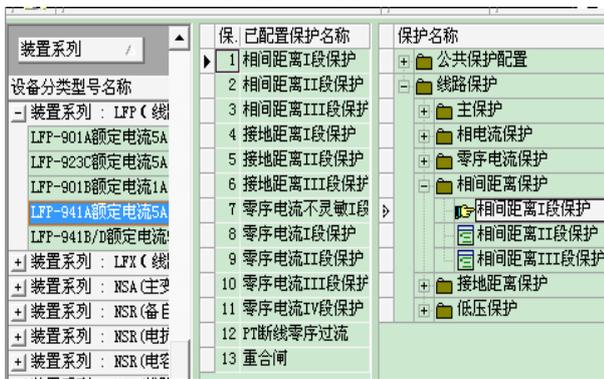


图5 具体保护的配备

Fig.5 Configuring of idiographic relay protection

表1 整定原则的配备

Tab.1 Configuring of setting calculation principles

| 零序电流 I 段保护 | 原则序号 | 已选定的整定原则 | 整定原则列表 |
|------------|------|--------------------|----------------------|
| | 1 | 躲线路末端短路最大零序电流 | 躲线路末端短路最大零序电流 |
| | 2 | 躲变压器低压侧三相短路最大不平衡电流 | 躲断路器三相不同时合闸的最大零序电流 |
| | 3 | 躲变压器空载投入的励磁涌流 | 躲变压器低压侧三相短路最大不平衡电流 |
| | | | 躲变压器空载投入的励磁涌流 |
| | | | 躲变压器另一侧母线接地短路的最大零序电流 |
| | | | 躲非全相运行最大零序电流 |

4 结论

电力系统的复杂多样性与继电保护装置本身的适应性间的差异, 使继电保护整定计算软件缺乏灵活性, 推广应用受到限制。本软件立足解决整定计算软件的通用性和适用性, 在三个方面对软件进行了完善和改进: 整定原则可配置化, 用户可自定义添加和修改保护原则; 计算公式经过抽象化之后存于动态链接库中, 减少了函数的个数, 方便调用和修改; 用户可以自定义计算公式, 通过数值/逻辑解释器可以很方便地添加和修改计算公式。该软件可适应设备配置、电网结构及保护整定原则的差异, 具有通用性, 增强了软件的可维护性, 使版本得到有效控制并易于改进或升级^[9-10]。通过实际运行证明: 本软件所用的自定义整定原则方案是可行的, 解决了整定规则可维护可配置的问题, 达到了预期设计的目标, 在实际应用中有效地减轻继保整定人员的劳动强度, 并能满足不同接线方式的运行及不同厂家继保装置整定要求, 解决了继保整定软件的通用性和软件版本控制等问题。

参考文献

[1] 彭晓兰, 刘沛, 程时杰, 等. 一个实用的继电保护运行与管理专家系统[J]. 中国电机工程学报, 1996, 16 (6): 421-426.
 PENG Xiao-lan, LIU Pei, CHENG Shi-jie, et al. A practical expert system for protective relay operation and management[J]. Proceedings of the CSEE, 1996, 16 (6): 421-426.

[2] 赵自刚, 黄华林, 赵春雷, 等. 继电保护运行与故障信息自动化管理系统[J]. 电力系统自动化, 1999, 23 (19): 55-57.
 ZHAO Zi-gang, HUANG Hua-lin, ZHAO Chun-lei, et al. Automation management system for protective relaying operation and fault information[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (19): 55-57.

[3] 王威, 郁惟镛, 张沛超. 面向对象的继电保护整定计算专家系统的研究[J]. 电力系统及其自动化学报, 2001, 13 (2): 1-4.
 WANG Wei, YU Wei-yong, ZHANG Pei-chao. Research on object-oriented expert system of relay setting calculation[J]. Proceedings of the EPSA, 2001, 13 (2): 1-4.

[4] 但唐军, 陈星莺. 基于COM技术的数据库设计及其在电力监控系统中应用[J]. 电力自动化设备, 2002, 22 (2): 20-25.
 DAN Tang-jun, CHEN Xing-ying. Database design

- based on COM and its application in power monitoring system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22 (2): 20-25.
- [5] 李银红, 王星华, 段献忠. 电力系统继电保护整定计算软件的研究[J]. 继电器, 2001, 29 (12): 5-7.
LI Yin-hong, WANG Xing-hua, DUAN Xian-zhong. Study of relay coordination software[J]. Relay, 2001, 29 (12): 5-7.
- [6] 曹阳, 姚建国, 张慎明, 等. XML技术在电网自动化系统中的应用探讨[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (21): 73-76.
CAO Yang, YAO Jian-guo, ZHANG Shen-ming, et al. Application of XML in the automation system of power network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (21): 73-76.
- [7] 杨增力, 段献忠, 王友怀, 等. 输电线路接地距离保护整定计算方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (8): 65-69.
YANG Zeng-li, DUAN Xian-zhong, WANG You-huai, et al. Coordination of ground distance relays for transmission lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (8): 65-69.
- [8] 杨雄平, 段献忠. 基于厂站方式灵敏系数的运行方式组合方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (23): 69-73.
YANG Xiong-ping, DUAN Xian-zhong. A method for combining the operation modes based on the operation mode switching sensitivity factor of power substations or plants[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (23): 69-73.
- [9] 邓健, 宋玮, 张明霞, 等. 基于组件技术的继电保护整定计算软件的设计与实现[J]. 继电器, 2004, 32 (6): 44-48.
DENG Jian, SONG Wei, ZHANG Ming-xia, et al. Design and realization of component based software for relay protection[J]. Relay, 2004, 32 (6): 44-48.
- [10] 陈湘波, 冯林桥, 刘飞, 等. 短路计算与继电保护整定图示一体化软件[J]. 电力自动化设备, 2003, 23 (11): 47-48.
CHEN Xiang-bo, FENG Lin-qiao, LIU Fei, et al. Graphic and integrative program for fault analysis and protection setting[J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23 (11): 47-48.

收稿日期: 2009-10-16; 修回日期: 2009-12-07

作者简介:

高红艳 (1979-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为继电保护整定计算、电力系统无功补偿等; E-mail: xiaoyazi3000@163.com

杨志刚 (1985-), 男, 助理工程师, 从事电网规划以及用电可研等。

(上接第 174 页 continued from page 174)

- [6] 刘世宇, 谢小荣, 张东辉, 等. 多模式次同步谐振的产生机理与抑制方法[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2008, 48 (4): 457-460.
LIU Shi-yu, XIE Xiao-rong, ZHANG Dong-hui, et al. Mechanism and mitigation of multi-mode subsynchronous resonance[J]. Tsinghua Univ: Sci & Tech, 2008, 48 (4): 457-460.
- [7] 郭锡玖, 谢小荣, 刘世宇, 等. 上都电厂 SEDC 提高次同步扭振阻尼的现场试验[J]. 电力系统自动化, 2008, 32 (10): 97-100.
GUO Xi-jiu, XIE Xiao-rong, LIU Shi-yu, et al. Field test of SEDC for subsynchronous torsional damping enhancement at shangdu power plant[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (10): 97-100.
- [8] 顾益磊, 王西田, 赵大伟, 等. 基于改进粒子群算法的附加励磁阻尼控制器设计[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (7): 11-16.
GU Yi-lei, WANG Xi-tian, ZHAO Da-wei, et al. Optimization design of supplementary excitation damping controller based on improved particle swarm optimization algorithm[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (7): 11-16.
- [9] IEEE Subsynchronous Resonance Group. Second benchmark model for computer simulation of subsynchronous resonance[J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1985, 104 (5): 1057-1066.
- [10] Harb A M, Widyan M S, Modern. Nonlinear theory as applied to SSR of the IEEE second benchmark model[C]. // IEEE Bologna Power Tech Conference. 2003: 7-13.
- [11] 马良, 朱刚, 宁爱兵. 蚁群优化算法[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

收稿日期: 2009-10-30; 修回日期: 2009-12-08

作者简介:

汤凡 (1984-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统分析计算与稳定控制; E-mail: tangfance@msn.com

刘天琪 (1962-), 女, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力系统分析计算与稳定控制, 调度自动化及能量管理系统等;

李兴源 (1945-), 男, 教授, 博士生导师, IEEE 高级会员, 主要研究方向为电力系统分析计算与稳定控制, 高压直流输电等。