

# 对整定原则具有自适性的继电保护定值计算算法

陈实<sup>1</sup>, 周步祥<sup>1</sup>, 罗晓伊<sup>2</sup>

(1 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2 成都电业局, 四川 成都 610000)

**摘要:** 通常的定值计算软件都是将常用的保护装置所需要的整定原则固化于程序当中供用户选择使用, 而微机保护装置生产厂家所采用的保护原理不尽相同, 整定原则也有所区别, 从而造成一些特殊的保护或者基于新原理的保护因为软件内部没有固化相应的整定原则而不能计算。提出了一种可以由用户自定义计算公式的软件体系结构, 使整定计算对整定原则具有自适性, 从而彻底地解决了前述问题。运用此软件结构实现了保护整定计算系统, 在工程实践中应用表明有较大的实用价值。

**关键词:** 自定义公式; 自适性; 定值整定

**中图分类号:** TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)21-0001-04

## 0 引言

继电保护是保证电力系统安全稳定运行的重要技术, 保护装置定值的正确整定更是保证装置正确动作的关键因素。近年来继电保护的软硬件技术飞速发展, 相应对继电保护整定人员的要求也越来越高, 难度也越来越大, 因此定值计算软件的运用成为必然。

现阶段通常计算软件都是将常用的保护装置整定所需要的整定原则固化于程序内部, 用户在使用软件进行整定的过程中根据实际系统的保护配置和整定需要选择使用。但是由于电网本身的复杂性, 系统中配置的保护装置多种多样, 保护装置的生产厂家采用的保护原理也不尽相同, 致使某些特殊形式的保护或者基于新原理的保护由于软件内部没有固化相应的整定原则而无法整定。随着技术的发展, 这种弊端将严重影响到整定计算软件的正常使用, 使得整定计算软件的适用范围和实用性大大降低。

要解决软件的适用范围和实用性问题, 使整定计算软件在任意的实际电网中都能够方便正确地计算出保护设备的定值, 关键的一点就是将整定计算算法进行改进, 使其在系统元件属性(保护配置、整定原则等)发生任意变化的情况下都能够正确地整定保护装置。基于上述考虑, 本文提出了一种新的定值计算算法, 即利用自定义公式具有可维护性这个特点, 采用自定义公式定值计算算法, 使整定计算对整定原则具有适应性。在这种算法模式下, 整定计算过程中保护整定环节通过预先设置的整定原则计算得到系统元件的保护定值, 当系统元件及保护

配置变化(新原理、新公式出现)时, 可以由用户通过对自定义公式的维护以适应整定原则的变化。这样, 在系统任意变化的情况下, 保护整定计算都可以适应, 计算出用户所需要的任意保护定值。这样, 就彻底地解决了特殊形式和基于新原理的保护不能计算的问题。使继电保护定值整定软件的实用性得到根本的提高, 从而提高工作效率。

下面从整定计算原则所需要的参数入手来分析自定义公式算法在继电保护定值整定中的应用。

## 1 整定计算参数分析

### 1.1 参数分类

对于任何一个保护整定原则, 都是由整定参数和整定规则两个要素组成的。整定原则所使用的参数可以分成三个类型。表示为:

$$I = \{ K_1, K_2, \dots, K_l, B_1, B_2, \dots, B_m, C_1, C_2, \dots, C_n \}$$

式中:  $K$  表示常参数;  $B$  表示基本参数;  $C$  表示计算参数。

常参数是指整定原则中为了满足整定计算的 4 个原则: 即速动性、可靠性、选择性、灵敏性而设置的裕量指标。通常的整定资料里, 都以  $K$  表示。例如可靠系数、返回系数、大分支系数等等。常参数都有其特定的物理意义。例如可靠系数就是为了保证设备在系统故障情况下能够可靠动作。常参数与具体的物理设备有密切的关系, 例如可靠系数就与继电保护设备有关系。每一个参数都有一个相对固定的取值范围。

基本参数是指与整定有关、描述电力系统及其一次设备属性的参数。比如描述互感器属性的 CT 变比、PT 变比; 描述电容器属性的电容器的组数、每

组的片数;描述系统属性的最大负荷电流等。

计算参数是通过计算得来的用于进一步计算整定值的参数,这类参数的计算是最为复杂的,也是整个定值计算中重要的一环,计算参数大体上可以分为电流参数和电压参数,电流参数又可以分为三相短路、单相接地、两相短路、两相接地等类型,电压参数是根据计算得出的电流参数进一步计算得到的。例如短路电流、母线残压等就属于这一类的参数。

### 1.2 参数来源

常参数在前面已经分析过了,它是和具体的系统密切相关的,在整定过程中,整定人员再结合某个具体的系统,同时兼顾整定计算的四个原则而设定的。在通常的情况下,这个参数确定之后不易变动,就象常数一样,因此也就称之为常参数。

基本参数是描述电力系统一次设备属性的参数,在对系统建立模型的时候就确定了。

计算参数是整定计算中最重要的参数,是整定原则的核心。顾名思义,它是根据系统网络结构和属性自动计算出来的。

在讨论清楚了整定原则所需要的参数及其来源后,现在来看自定义继电保护整定原则。

## 2 整定原则

通过前面参数分析已经知道了整定原则所需要的所有类型参数。明确了要对系统进行整定计算,关键的是要知道全系统相关的各种参数,知道了全系统相关的所有参数,就可以构造一个统一的自定义公式模型。当系统及其属性变化后利用自定义公式的可维护性就可以适应系统变化,从而达到整定计算过程对整定原则具有自适性的目的。

我们可以用一个包含了前述三种参数的表达式来定义任意一个保护整定计算的公式,如下所示:

$$f(K, B, C)$$

式中: $K$ 表示常参数; $B$ 表示基本参数; $C$ 表示计算参数。

$K$ 是常参数, $K$ 可以表示为 $K_1$ 到 $K_n$ ,例如, $K_1$ 表示可靠系数, $K_2$ 表示返回系数等。

$B$ 可以根据实际表示为CT变比、PT变比、额定功率 $S_e$ 、负荷电流 $I_n$ 等等。这样用手工整定计算习惯的符号来表示基本参数便于理解公式意义,也方便对公式的维护。

$C$ 是计算参数,通常指的是短路电流。这个参数比较复杂,可以由 $DL_{ijn}$ 来表示,此参数的下标表示的意义均可以自由定义。在本文的方法中,参数

下标中 $i$ 代表系统运行方式,例如 $i$ 为1代表最大运行方式,2代表最小运行方式,3表示检修方式。 $j$ 代表短路类型, $j$ 为1表示三相短路,2表示单相短路,3表示两相短路,4表示两相接地。 $m$ 表示元件的不同电压侧的参数,1代表元件高压侧,2代表元件中压侧,3代表元件低压侧。 $n$ 表示短路电流的不同序电流,1代表短路电流,2代表正序,3代表负序,4代表零序。例如 $DL_{1111}$ 表示在最大运行方式下,三相短路时,元件高压侧的正序短路电流。

很显然,在一个实际的系统中, $K, B, C$ 各个参数是完全可以确定的。那么,不论系统怎样变化,各个元件保护配置怎样变化,保护整定原则怎样变化,都可以通过对自定义公式 $f(K, B, C)$ 的维护使系统自动适应这种变化,计算得到任意保护的整定值。这样,自定义公式算法就可以使整定计算对整定原则具有自适性,从而达到提高软件应用范围和实用性的目的。

## 3 算法

### 3.1 数据组织和数据库构成

电力系统规模的日益扩大,继电保护整定计算软件中数据管理的任务也越来越繁重,不同部门之间的数据共享成为了必然的趋势,运用现代数据库方式对数据进行管理是一个有效的方法。

整定计算相关的数据用两个数据库来存储管理,分别是保护整定公式数据库和元件保护整定计算数据库。

保护整定数据库是整定计算的基础,所有的保护整定计算公式均存放于其中,其结构如图1所示,数据库由不同类型元件的保护公式子库构成,元件保护子库又由若干保护公式构成。保护公式是按照一定编写规则编写的,并以字符串的形式存放在数据库中。

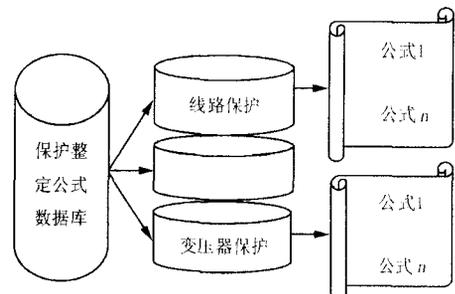


图 1 保护整定公式数据库

Fig 1 Database of relay protection setting calculation formula

元件保护整定计算数据库如图2所示是以具体

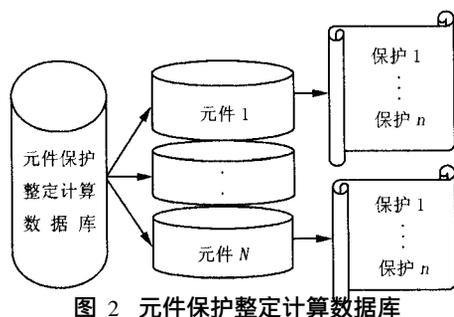


图 2 元件保护整定计算数据库

Fig 2 Elements relay protection setting calculation database

元件的保护公式子库为单位构成。每个子库中包含有若干个保护公式的序号、代码等属性和每个保护对应的常参数和基本参数等信息。

在这种数据组织方式下,当用户需要计算系统中某个元件的保护时,系统将自动在元件保护整定计算数据库中取得相应的常参数和基本参数,然后按照保护公式的序号在保护整定公式数据库中找到对应的保护公式。这样对于任何一个元件的任意保护整定计算,就可以得到计算公式和公式中需要的常参数和基本参数,再按照一定的算法得到所需要的计算参数,则可得到整定计算的结果。

采用上述的数据组织方法,将保护公式和元件的保护信息相对独立地存放,而两者之间又通过唯一的保护序号相关联,最大的优点在于当某保护公式需要维护(添加、删除、编辑)时,只需要维护保护整定公式数据库而不必逐个维护所涉及每个元件的保护整定公式,极大地提高了整定计算的可靠性和系统的可维护性。

### 3.2 算法流程

在利用自定义保护整定公式进行整定计算时,运用合理科学的算法是由公式  $f(K, B, C)$  得到正确计算结果的保证。由公式可以知道整定计算的核心算法包括了如何用正确地参数替代形式参数  $K, B, C$  和如何正确地解释公式的计算规则两个方面。即参数替换器和法则解释器两部分,下面分别讨论。

参数替换器是将公式中的形式参数用计算涉及的某个元件的具体参数来替代,如前所述,分别是常参数、基本参数、计算参数的替代。替代的过程如图 3 所示。根据图示,可以清楚地看到参数替换的过程,其中常参数和基本参数的替换是在用户选择了某个元件的某个保护后,系统就在元件保护整定计算数据库中找到相应的具体参数予以替换。计算参数的替换就必须首先计算相应的短路电流后再替换。

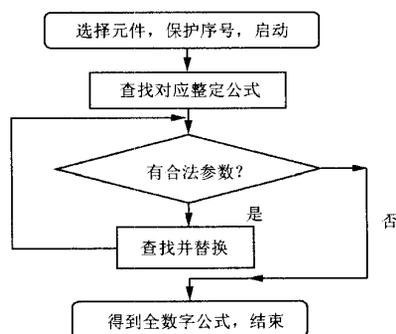


图 3 参数替换流程框图

Fig 3 Flow chart of parameters replacing

法则解释器的功能是解释运算规则  $f(x)$ , 继电保护中的运算法则是指数初等运算法则, 包括加减乘除、乘方、开方、括号运算等, 法则解释器就是将参数按照正确的规则进行运算。

对一个任意的公式, 自然思维是先计算括号内的算式, 然后按照乘方、开方、乘除、加减等运算符这样的由高到低的运算级别进行计算。最高的运算符应该是括号, 括号的存在, 使计算变得复杂, 因此, 正确解释公式的关键在于提取括号中的子公式。提取括号运算符内的算式有很多方法, 本算法使用的方法是对于任意一个公式找到最右的左括号和这个左括号以右最左的右括号, 在验证其合法性的基础上, 提取这两个括号之间的算式, 递归地调用法则解释器。这样就解决了括号运算符的问题。去掉全部的括号后, 就可以按照“三角函数”、“开方乘方”、“乘除”、“加减”、“取两者最大或最小”这样的运算顺序计算得到公式的运算结果了。程序流程如图 4 所示。

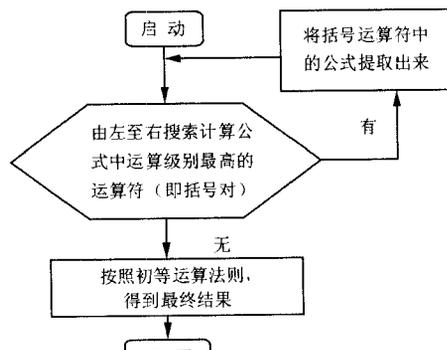


图 4 法则解释流程框图

Fig 4 Flow chart of principle explaining

总结来说, 法则解释器的解释原则是: 对于没有括号运算符的公式, 用初等运算法则依次运算。

对于有括号运算符的公式,先采取提取括号中的子公式,递归调用法则解释器来解释。这样,就可以得到任意一个整定原则的整定结果了。

#### 4 结论

在保护产品快速更新的时代,新算法、新原理不断涌现。一般整定软件由于整定原则固化于软件内部,使得随系统保护配置变化出现的新原理、新算法不能反映于整定计算流程中这一弊端愈加凸现出来,使软件的通用性和实用性大大地降低。当需要新的整定公式,只能靠软件自身的升级来完善其计算流程,对于用户和软件公司都会带来极大的不便,不利于软件的推广使用。

利用自定义保护整定计算公式具有可维护性这个特点,使其对整定原则具有自适性,从而彻底解决了通常整定计算软件开环控制的缺陷。这样,对于任何一种特殊或者新原理保护,用户都可以自己定义其计算公式从而完成整定计算,极大地提高了软件的自适应能力,提高了软件的生命周期。利用文中所提出的方法,编制了相应的软件运用于地区调度局,验证了本方法的可行性和有效性,实践证明本文提出的方法具有较大的工程使用价值。

#### 参考文献:

- [1] 刘健,赵海鸣. 继电保护整定计算及定值仿真系统[J]. 继电器, 2002, 30(9): 47-49.  
LU Jian, ZHAO Hai-ming System of Setting Calculation and Simulation of Relay Protection[J]. Relay, 2002, 30(9): 47-49.
- [2] 陈青,刘炳旭,黄德斌,等. 继电保护整定计算软件的通用性和实用性的研究[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(10): 60-64.  
CHEN Qing, LU Bing-xu, HUANG De-bin, et al Study on Universality and Practicality of Application Software for Protection Setting Calculation[J]. Electric Power Automar-
- tion Equipment, 2002, 22(10): 60-64.
- [3] 吕飞鹏,李华强,张军文,等. 电力网继电保护整定计算专家系统[J]. 中国电力, 2000, 33(8): 50-52.  
L üFei-peng, LI Hua-qiang, ZHANG Jun-wen, et al Expert System for Calculating Relay Protection Settings[J]. Electric Power, 2000, 33(8): 50-52.
- [4] 梅慧兰,胡志坚,陈允平,等. 数据库管理在可视化继电保护整定综合软件开发中的应用[J]. 电力建设, 2004, 5(3): 58-60.  
MEI Hui-lan, HU Zhi-jian, CHEN Yun-ping, et al Application of Database Management in Development of Visual Relay Protection Setting Integrated Software[J]. Electric Power Construction, 2004, 5(3): 58-60.
- [5] 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, LU 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.
- [6] 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.

收稿日期: 2005-04-28; 修回日期: 2005-05-24

作者简介:

陈实(1977-),男,硕士,助教,从事电力系统自动化、计算机应用等方面的教学和科研工作; E-mail: chenshi629@163.com

周步祥(1965-),男,博士,教授,从事电力系统自动化、计算机应用等方面的教学和科研工作;

罗晓伊(1978-),女,工程硕士,助工,从事电力系统自动化方面的工作。

### A relay protection setting calculation method with self adaptibility to calculation principle

CHEN Shi<sup>1</sup>, ZHOU Bu-xiang<sup>1</sup>, LUO Xiao-yi<sup>2</sup>

(1. Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. Chengdu Power Supply Bureau, Chengdu 610000, China)

**Abstract:** Generally, setting calculation software solidify the calculation principles in program which can be chosen by users. Different protective devices manufacturers may take different setting calculation principles. So some special or new protections cannot be setting calculated because there is not corresponding principle in software. This paper puts forward a new software structure based on self-defining formula possessing self-adaptibility to setting calculation principle. Carrying out the software based on the software structure and its application in practice indicate the method has evident practical value.

**Key words:** self-defining formula; self adaptibility; setting calculation