

# 郑州电网继电保护整定计算技术研究

王莉<sup>1</sup>, 林慧<sup>1</sup>, 杨光<sup>1</sup>, 李立杰<sup>2</sup>

(1. 河南省郑州供电公司, 河南 郑州 450006; 2. 河南电力物资公司, 河南 郑州 450000)

**摘要:** 郑州电网是一个包含多个电压等级的复杂电网, 提出了一种实现整定计算原则的用户自定义的方法, 该方法借助于整定计算平台与整定原则定义分离的技术, 解决了在同一软件平台下, 不同电压等级整定原则的适应性问题。在整定原则定义中, 引入了VBScript脚本语言, 利用其可实时编译、快速部署的特性, 实现了整定原则的自定义。

**关键词:** 继电保护; 郑州电网; 整定计算; 自定义

## Study on relay setting technology of Zhengzhou network

WANG Li<sup>1</sup>, LIN Hui<sup>1</sup>, YANG Guang<sup>1</sup>, LI Li-jie<sup>2</sup>

(1. Henan Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou 450006, China;

2. Henan Electric Power Material Co., Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** Zhengzhou network is a complex power network which includes several voltages. Based on the technology of separating the software and its relay setting rules and the VBScript languages, which can be compiled and linked at runtime, a method for self-define of those rules is presented in this paper. It can solve the problems that in the same software, different areas can use different setting rules to fit their needs. This technology will benefit other software development of power system.

**Key words:** relay; Zhengzhou network; relay setting; self-define

中图分类号: TM744 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)23-0109-04

## 0 引言

从20世纪70年代开始, 利用计算机技术提高继电保护的工作效率和管理水平受到了广泛的关注, 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<sup>[1-5]</sup>, 这些软件的开发和应用为提高继电保护工作的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。

与此同时, 随着郑州电网当前系统规模的日益扩大, 电网结构越来越复杂, 针对电网安全运行的整定计算工作也变得更加繁杂、困难, 新的问题不断涌现。当前的整定计算系统通常将整定计算原则固化在程序代码当中, 不提供在整定计算过程中对整定原则进行更改。而在实际的电力系统中, 由于各不同电压等级实际电网拓扑结构间的巨大差别, 以及整定标准及方案的异同, 使得这种固化原则的整定计算软件, 不能同时满足多电压等级电网运行的特殊要求, 造成了软件中的整定原则需要针对各不同电压等级进行频繁增删、改动, 增加了系统成

本, 造成了大量人力物力的浪费。不同电压等级原则的适应性问题已成为当前继电保护整定计算软件一个共同的难题。如何顺利地解决这个问题, 对整定计算工作有着较大的实际价值。

## 1 整定计算自定义原则研究

### 1.1 解决思路

为了实现各电压等级不同整定原则的适应性, 需要把整定计算平台与整定原则定义分离。整定计算平台实现对电网基本参数、计算过程信息的管理, 以及按照一定顺序调用整定原则进行计算, 而整定原则可由平台提供的工具实现用户自定义。

整定原则是整定计算过程中, 为使保护定值能够满足可靠性、灵敏性、选择性和速动性, 而定义的某种定值约束规则。对于每一种类型保护的每一段, 整定原则可以分为约束规则和取值规则, 约束规则用来定义该保护定值所受到(考虑)的约束范围, 而取值规则则是定义该保护定值在这些约束条件下如何取合适的定值。

在不同的电压等级中, 每条约束规则具有通用

性，只是考虑的数目可能不同，而取值规则是根据各个不同电压等级的网络结构，以及对可靠性、灵敏性等各种性能的偏重来取舍制定，存在较大差异。

### 1.2 整定参数

整定参数即整定计算过程中，所有参与计算的各项参数。整定参数是整定计算的最基本元素，所有原则都是由各种类型的整定参数通过数学公式的逻辑组合而得到的。

各不同电压等级整定原则类型的多样性，造成了整定参数的纷繁复杂，既有象可靠系数、级差这种已给定的常数型参数，又有例如保护的 PT、CT 变比、被保护设备阻抗这样的电网固有参数，还有需要通过计算得到的故障的零序电流、分支系数等计算参数。如何将如此繁多的整定参数进行统一分类归纳、找出其共同特性是实现整定原则自定义的重要前提。

通过对整定原则的分析，可将整定参数分为以下四个类型：

$$I = \{K_1, K_2, K_3 \dots, A_1, A_2, A_3 \dots, B_1, B_2, B_3 \dots, C_1, C_2, C_3 \dots\}$$

式中： $K$  为常数参数； $A$  为基本参数； $B$  为保护参数； $C$  为计算参数。

常数参数，即整定计算中为满足速动性、可靠性、选择性、灵敏性而设置的一些系数。例如可靠系数、配合系数、级差等。常数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（或可靠不动作），每一个参数在规程上都有一个相对固定的取值范围。

基本参数，即客观描述电力系统及其一、二次设备属性的参数。如 PT、CT 变比，线路正序、零序阻抗，线路间互感参数等。

保护参数，即当前计算保护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。保护参数用来实现与相邻设备保护的上下级配合关系。

计算参数，即需通过故障计算得到的参数，也叫做整定计算预备量参数。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。如对侧母线故障流过保护的最大零序电流、保护与相邻线路保护配合的最大分支系数等。这些量具有以下特点：

(1) 需要进行故障计算。这些量往往必须通过调用故障计算程序获得结果。

(2) 在进行故障计算时，由于需要确定最大值或者最小值，因此，必须根据某种固定的规则，确定一些系统运行方式，即必须进行运行方式组合。

### 1.3 整定原则

#### 1.3.1 整定原则概述

整定原则是整定计算软件的核心部分。整定原则的制定是否合理，将直接影响整定计算结果的正确性和整定计算软件的适应性。在整定原则的实现上，部颁规程是整定计算的基本准则，但是各电网从自己的实际出发，往往都有一些特别的处理方法。在继电保护整定计算软件中，整定原则通常具有以下特点：

(1) 以部颁整定规程为基础，考虑其中的各项要求。如：遵循逐级、逐段配合的原则。

(2) 对一些特殊情况进行了详细考虑。如：在必要时考虑不同动作原理的保护装置之间的整定配合；考虑可能遇到的特殊电网结构，包括终端线路、T 型接线、零序互感线路、母联支路、等值线路等；考虑零序电流保护 III 段式、IV 段式、带单相重合闸和带三相重合闸之间的整定配合等。

#### 1.3.2 约束规则建模

任何一条整定约束规则，都可以分解为整定参数和计算函数两个部分，其中计算函数是整定参数的计算组合规则，还涉及到与相邻线路上、下级保护之间严格的配合关系。约束规则按照部颁相关整定规程以及各地区的一些具体要求进行设定。

对于任何一条约束规则，可用如下公式描述：

$$P(dz, dt) \leq (\geq) F(K, A, B, C)$$

式中： $dz$  为动作值； $dt$  为动作时间； $K$  为常数参数； $A$  为基本参数； $B$  为保护参数； $C$  为计算参数，该约束可能取大值，也可能取小值。

任何原则都可以由  $K, A, B, C$  这四种参数进行组合得到。很显然，在一个实际的电网中， $K, A, B, C$  各个参数是完全可以确定的。那么，不论电网怎样变化，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  $F(K, A, B, C)$  的维护使软件自动适应这种变化，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。

#### 1.3.3 取值规则

取值规则即整定计算过程中对于每一段的计算方案，涉及到该段需要考虑的约束规则及其相互之间先后关系、依赖关系等，其定义了整定计算每一段的最终定值取值规则。整定计算的每一段均需要一套取值规则，可描述如下：

$$G(dz, dt) = F(P_1, P_2, P_3 \dots)$$

式中： $dz$  为动作值； $dt$  为动作时间； $P$  为所考虑的约束规则。

在公式中,  $G$  为该段取值规则,  $P$  为所定义的各种类型的约束规则。根据  $P_1, P_2, P_3 \dots$  等各种约束条件的取值, 得到最终该段的动作定值和时间定值。

## 2 支持自定义原则的整定计算平台研究

为了实现对整定原则的自定义及分类分段管理, 需要提供整定原则管理模块; 为了实现对每次整定计算过程的信息管理, 需要提供整定计算目录管理功能, 方便查看; 整定计算时用户需要根据电网的实际情况, 干预整定计算流程, 所以还需要定值调整功能; 整定计算目录管理功能和定值调整功能都属于整定计算管理模块。

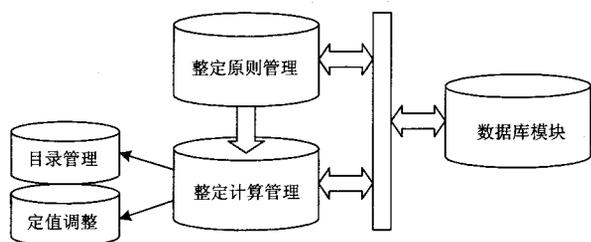


图1 可自定义整定原则的整定计算平台总体结构  
Fig.1 General structure of setting calculation platform

整定原则管理, 实现用户自由定义约束规则和取值规则, 包括规则名称定义、规则公式定义、规则可调整参数定义、规则算稿定义以及取值方案定义等。提供给开发者及用户足够的定义和调整手段, 全面适应各不同电压等级对整定原则的不同要求。此模块是整定计算系统实现平台通用共享, 原则自由定义的重要部分。

整定计算管理, 此模块根据原则自定义模块中所定义的整定原则, 对各保护分别进行整定计算, 所得值即为最终的整定计算结果。该模块包含两个部分——目录管理和定值调整。目录管理即以计算目录的方式管理整定计算中间数据, 一个计算目录包含独立的整定计算方式、整定计算范围、整定计算参数、整定计算结果、整定计算算稿等信息, 各计算目录之间是并行的关系。定值调整即在整定过程当中, 提供给用户灵活的人工干预手段, 对整定结果的取值原则、计算结果进行调整, 以满足用户的实际需求。

## 3 相关关键技术

### 3.1 整定原则自定义的实现工具

为实现整定原则的可编辑性, 以及在计算过程中的可动态加载执行。需采用一种能够进行实时编

译的解释性语言, 此处选用 VBScript 脚本语言<sup>[6]</sup>。

Microsoft Visual Basic Scripting Edition 是程序开发语言 Visual Basic 家族的最新成员, 它将灵活的 Script 应用于更广泛的领域, 包括在应用程序中作为普通 Script 语言使用。VBScript 脚本语言语法简单, 可读性好, 很方便用来作为自定义原则的语言。

VBScript 使用 ActiveX Script<sup>[7]</sup> 与整定应用程序对话。使用 ActiveX Script, 浏览器和其他宿主应用程序不再需要每个 Script 部件的特殊集成代码。ActiveX Script 使整定计算软件可以编译 Script、获取和调用入口点及管理开发者可用的命名空间。

基于 VBScript 的以上应用特点, 整定原则的编辑存储均直接以 VBScript 代码的形式进行操作。在整定计算时, 调用相应原则的 VBScript 代码, 送至解释器和执行器进行解释执行, 并最终得到计算结果。

由于该项特性的引入, 可以成功实现整定原则的自定义功能, 一个通用的数据引擎加上一个 VBScript 代码解释、执行器, 即实现了通用的自定义原则管理平台。

### 3.2 整定原则组织结构

由 VBScript 定义的整定计算原则, 直接以字符串的形式保存于数据库中, 为方便地实现原则的定义及计算调用, 以零序电流保护为例, 其存储结构如图 2 所示, 其他与此类似。

在整定原则中, 各段的约束规则是存储结构中的最细分支, 其数量及规则可以根据实际需要进行扩充。将每段所包含的约束规则, 合成定义为具有特定逻辑关系的取值、配合集合, 即形成该段的取值规则。

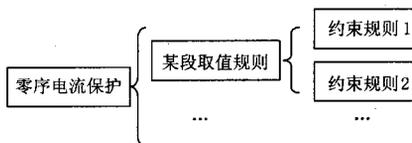


图2 零序电流保护整定原则组织结构图  
Fig.2 Organization structure of zero current protection setting principle

### 3.3 整定参数组织结构

在整定计算过程中, VBScript 解释器需要从整定原则中提取各种类型的整定参数, 这些参数既有系统建模时已存在的如线路阻抗等基本参数, 又涉及到相邻设备基本参数、相邻保护各段整定值等, 涉及范围广, 牵连复杂。因此, 如何有效地为 VBScript 解释器提供正确的整定参数是可自定义整定原则的整定计算平台的重要技术难点之一。

以线路保护整定为例，在整定计算前，对于保护所在线路可能出现的不同类型的拓扑结构，形成统一的包括待整定保护所在线路、下级线路、上级线路、下级变压器的整定参数链表，设计整定参数组织结构如图 3 所示。

图 3 中，中间框表示待整定保护所在线路，上下框代表待整定保护的相邻元件（包括线路和变压器）。每条线路（变压器）框中，包含了该线路（变压器），以及该线路上所带保护的基本参数、保护参数、计算参数。常数参数在原则定义的时候进行定义。在整定开始时，所有各种类型的参数一次性从数据库中读入。

该链表有效屏蔽了不同网络结构的异同，使各种网络结构元件的整定参数统一建模。方便整定计算过程中 VBScript 解释器的提取。

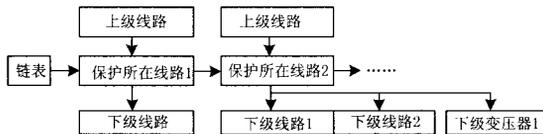


图 3 整定参数数据结构图

Fig.3 The structure of setting parameter date

### 3.4 计算中间信息的组织结构

如何提供给用户足够灵活的手段，使他们对定值计算结果进行充分地调整是必要的，所提供的交互手段的设计是一个关键技术。其基本要求如下：

(1) 保护计算结果及中间信息能够表现实际保护所在处电网拓扑结构。

(2) 计算结果及中间信息与调整界面相对应。即保护对象结构中的每一个对象均与定值调整界面相对应，定值调整界面就是该结构的一个映像与实现。这样，在实际的调整过程中，就可以方便而有效地对结果信息进行必要和恰当地改变。

### 3.5 整定计算流程

在完成了整定原则的定义之后，即可以进行整定计算。对于自定义工作中所使用的 VBScript 语句，需要专门的 VBScript 解释器与执行器，对约束规则以及取值规则进行解释，并实时地提取所需要的整定参数，送至执行器进行执行，最后得到按整定原则计算出来的动作定值和时间定值。

整定计算流程根据对约束规则的调用计算不同分为两种情况：一种是首先调用当前计算的所有约束规则进行计算，算出每条约束规则的数值，而后调用取值规则，在取值规则中，根据逻辑关系直接调用已经计算出来的每条约束规则的结果进行取值判断；另一种是直接调用取值规则，在取值规则中，

根据需要再调用相应的约束规则进行计算。这两种方法各有特点，前一种方法实现起来比较简单，而后一种方法则可以实现更为复杂的整定计算原则。

## 4 结论

郑州电网继电保护整定计算软件能够有效地提高继电保护工作的效率，提升电网的安全性。由于整定计算原则在不同电压等级的差异性，始终让整定计算软件编制人员难以找到一个普遍通用的整定原则库。以至于对于每一个电压等级必须定制一套新的整定计算原则，浪费了大量人力物力。本文所提出的整定计算自定义原则的方法，能够有效地解决整定计算原则的问题。实际应用情况证明，本文所提出的自定义整定原则方案是可行的，在实际应用中能够有效地处理电压等级间的原则差异问题。

## 参考文献

- [1] McLaren P G, Mustaphi K, Benmouyal G, et al. Software Models for Relays. Power Delivery[J]. IEEE Transactions.2001,16(2):238-245.
- [2] Kezunovic, M. Intelligent Systems in Protection Engineering. Power System Technology, 2000. Proceedings. PowerCon 2000. International Conference.2000, Volume 2:801~806
- [3] 朱浩骏, 蔡泽祥, 侯汝峰, 等. 面向对象的图形化地区电网继电保护整定软件研究[J]. 电网技术. 2004, 28(22):20-25.  
ZHU Hao-jun, CAI Ze-xiang, HOU Ru-feng. Reearch on Obiect-oriented and Graph Based Protective Relaying Setting Software for District Power Network[J]. Power System Technology. 2004, 28(22):20~25
- [4] 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, SHI Dong-yuan. Self-defined Relay Device Coordination Software Based on Pattern[J]. Automation of Electric Power Systems. 2005,29(16):79~83.
- [5] 吴晨曦, 盛四清, 杜振奎, 等. 地区电网继电保护整定计算智能系统的研究[J]. 继电器, 2005,32(7):35~38,44  
WU Chen-xi, SHENG Si-qing, DU Zhen-kui, et al.. Study of intelligent system for the setting calculation of relay protection on local power network[J]. Relay. 2005,32(7):35~38,44

(下转第 115 页 continued on page 115)

两个开关量接入,此后该线路一直稳定可靠运行。

### 3 结论

国内常规的盲区故障切除须经过母差保护、失灵保护、远跳、就地判别四个环节实现,但由于失灵保护、远跳的不可靠性,使就地判别变得必不可少,从而也影响了保护的快速性和灵敏性;而MCD-H系列保护对盲区故障处理减少了断路器失灵保护、远跳和就地判别的环节,无论保护动作的可靠性,还是切除故障的快速性都比目前国内的做法要好。

目前的高压、超高压电网中,光纤差动线路保护已经广泛使用,特别是超高压电网中大量使用了国外厂家的保护设备,这些保护的原理往往不同于我国长期形成的习惯模式,但是在条件允许的情况下,吸收其优秀的做法将有利于提高保护的整体性能,从而提高了电网的稳定可靠运行水平。

### 参考文献

- [1] 宋继成. 200~500kV 变电所二次接线设计[M]. 北京:中国电力出版社, 2004.  
SONG Ji-cheng. 200~500kV Substation Secondary System Design[M]. Beijing:China Electric Power Press,2004.
- [2] 张华贵. 200~500kV 死区保护的应用[J]. 继电器, 1995, 23(4):13-17.  
ZHANG Gui-hua. Application of 200~500kV System Blind Zone Protection[J]. Relay, 1995, 23(4):13-17.
- [3] 常凤然. 高压电网失灵保护的若干问题分析[J]. 继电器, 2000, 28(3):51-52, 56.

CHANG Feng-ran. Analysis on the CB Failure Protection of HV Power Network[J]. Relay, 2000, 28(3):51-52, 56.

- [4] 北京四方继保自动化股份有限公司. CSI-121A 数字式重合闸及断路器控制装置使用说明书[2].  
Beijing Sifang Automation Co., Ltd. Manual of CSI-121A Digital Recluse & CB Control Device[2].
- [5] 南京南瑞继保电气有限公司. RCS-921A 断路器失灵保护及自动重合闸装置说明书[2].  
NANJING NARI-RELAYS ELECTRIC CO., LTD. Manual of RCS-921A CB Failure Protection & Auto-reclose Device[2].
- [6] 国电南京自动化股份有限公司. PSL632A(C)技术说明书[2].  
Guodian Nanjing Automation Co., Ltd. Technique specification of PSL632 (A) [2].
- [7] Mitsubishi Electric Corporation. Instruction manual of MCD-H1 PCM Current Differential Relay Scheme[2].  
三菱电机, MCD-H1 PCM 电流差动保护装置原理说明书[2].

收稿日期: 2008-01-29; 修回日期: 2008-04-18

作者简介:

俞胜(1974-), 男, 工程师, 从事电力系统自动化的研究及推广;

马继政(1976-), 男, 助理工程师, 从事电力系统自动化及继电保护的设计与研究; E-mail: majizheng@nari-china.com

钱美芳(1981-), 女, 助理工程师, 从事电力系统自动化及继电保护的设计与研究。

(上接第 112 页 continued from page 112)

- [6] 张文等. 程序员指南丛书. Visual Basic.NET 编程基础[M]. 北京:清华大学出版社. 2002.1.  
ZHANG Wen, et al. Programmer guide. Visual Basic.NET Programming Base[M]. Beijing:Tsinghua University Press.2002.
- [7] 吕思伟, 潘爱民. ActiveX Scripting 技术(一)~(三)[J]. 微电脑世界, 1999-01~03.  
Lu Si-wei, PAN Ai-min. ActiveX Scripting(一)~(三)[J]. PC World China, 1999-01~03.

收稿日期: 2008-09-24; 修回日期: 2008-10-31

作者简介:

王莉(1967-), 女, 高级工程师, 长期从事电力系统继电保护研究及计算工作; E-mail: wangli6710@126.com

林慧(1971-), 女, 高级工程师, 长期从事电力系统管理工作;

杨光(1975-), 男, 工程师, 长期从事电力系统继电保护设备管理工作。