

# 智能型接地距离保护整定计算程序的研制

凌 照<sup>1</sup>, 李小娟<sup>2</sup>, 宋连芳<sup>2</sup>, 王珍珍<sup>2</sup>

(1. 华中电力动能研究所, 湖北 武汉 430077; 2. 湖北电力调度通信局, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 详细介绍了电力系统智能型接地距离保护整定计算程序的计算数学模型和程序的主要功能及智能化特点, 分析了线路零序互感对保护整定计算的影响, 研制出解决这一影响的实用优化的整定原则, 该程序不仅能完成接地距离保护各段定值及相关参数的整定计算, 而且能输出汉化整定方案、全网定值表及定值通知单, 实现对接地距离微机智能管理。

**关键词:** 整定计算; 智能; 零序互感

**中图分类号:** TM744; TM773

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1003-4897(2001)01-0036-05

## 1 概述

接地距离保护构成原则是按阶梯特性构成。保护装置的原理是利用相电压与相电流、零序电流补偿之和的比值 ( $Z = \frac{U_\phi}{I_\phi + K * 3 I_0}$ ) 来反映接地故障点至保护安装处的正序阻抗值。当线路与相邻线路无互感时, 其零序补偿系数是与线路的正、零序阻抗值有关的一个定值; 但当整定线路与相邻线路有互感时, 其零序补偿系数是随着互感线路处在不同工况下故障点的位置不同而变化的, 该系数计算是否合理直接影响接地距离保护性能的发挥。除此以外, 还要按其保护配合的原则进行具体的定值计算。因此, 接地距离保护的整定计算是很复杂的, 而且影响计算准确度的因素较多。为了提高生产效率、更好利用计算机自动化方面的新技术, 我们分析了线路零序互感对保护整定计算的影响(参见文献<sup>[2]</sup>), 研制出解决这一影响的实用优化的整定计算数学模型, 开发和研制电力系统智能型接地距离保护整定计算程序。下面具体阐述该程序的建立和实现。

## 2 接地距离保护中的零序电流补偿系数的分析与计算

在中性点直接接地系统中, 为了使接地距离保护正确地反映正序阻抗值, 接地距离保护需引入零序电流补偿系数(以  $K$  表示)进行修正,  $K$  值与线路的正序阻抗  $Z_1$ 、零序阻抗  $Z_0$  及相邻线路零序互感阻抗  $Z_{0M}$  有关, 特别是在有互感的线路上, 不同的运行方式和不同地点发生接地故障, 接地距离保护  $K$  是不同的, 现举出几种通用运行网络加以分析(公式推导从略):

### 2.1 单回线路(无互感)

$$K = \frac{Z_0 - Z_1}{3 Z_1}$$

### 2.2 有互感( $Z_{0M}$ )双回线路, 见图1。

$$K = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_{0M} \frac{I_0}{I_0}}{3 Z_1}$$

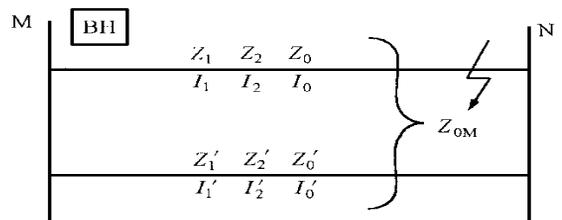


图1 有互感( $Z_{0M}$ )双回线路

分四种工况分析:

(1) 双回线运行:  $I_0 = I_0$

$$K = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_{0M}}{3 Z_1}$$

其  $K$  值比无互感大。

(2) 双回线有互感, 其中另一回挂检:

$$K = \frac{Z_0 - Z_1 - \frac{Z_{0M}^2}{Z_0}}{3 Z_1}$$

其  $K$  值比无互感小。

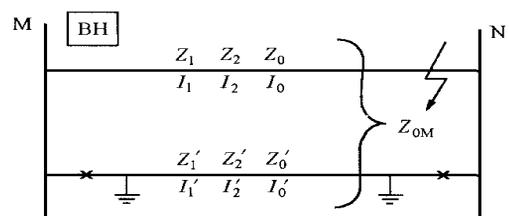


图2 双回线有互感, 另一回挂检

(3) 双回线有互感,其中另一回断开:

$$K = \frac{Z_0 - Z_1}{3 Z_1}$$

其  $K$  值同无互感。

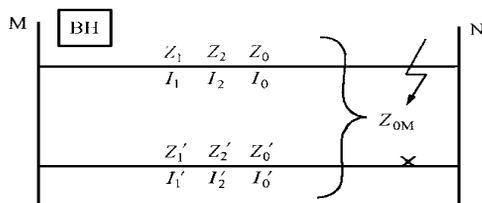


图3 双回线有互感,另一回断开

(4) 无公共端点的有互感的双回线,见图4

当  $I_0$  与  $I_0$  同向时,

$$K = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_{0M} \frac{I_0}{I_0}}{3 Z_1}$$

其  $K$  值比无互感大。

当  $I_0$  与  $I_0$  反向时,

$$K = \frac{Z_0 - Z_1 - Z_{0M} \frac{I_0}{I_0}}{3 Z_1}$$

其  $K$  值比无互感小。其  $K$  值的大小还与相邻线路零序电流大小有关。

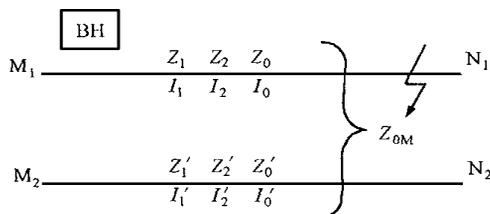


图4 不共端点的有互感的双回线

2.3 三回及以上线路间有互感,见图5

$$K = \frac{Z_{0(1)} - Z_1(1) + Z_{M12} \frac{I_{2(0)}}{I_{1(0)}} + Z_{M13} \frac{I_{3(0)}}{I_{1(0)}}}{3 Z_1(1)}$$

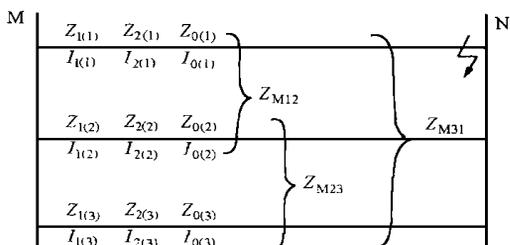


图5 三回及以上线路间有互感

三回以上线路有互感的线路,其  $K$  值变比更加复杂,影响  $K$  的大小因素很多,但鉴于这种情况相对较少,其  $K$  值的取值可参照两回线有互感来考虑。

由上述分析看出:在整定计算中若在有互感的线路上采用一个固定不变的  $K$  值,则保护范围是变化的。当运行方式与  $K$  取值方式不一致时,可能会使保护性能变坏。例如,当有互感线路(其中一回挂检)  $K$  值按无互感取值,则  $K$  值比实际运行状况大,此时继电器反映的阻抗小于实际线路阻抗,有可能导致保护误动作。但为了保护装置运行可靠和维护方便,  $K$  的取值又不可能太多,现着重从保护的选择性出发,对有互感的线路应计算三种方式下的  $K$  值:

线路无互感时  $K$  值

相邻线路互感且一回挂检时  $K$  值

不共端点的双回互感线路电流反向时  $K$  值

本程序设计能自动计算三种方式下的  $K$  值的方法,在接地距离保护一段整定计算考虑不同的  $K$  值后大大地改善了各段保护性能,这是本程序不同于其它同类程序的主要特点之一。

### 3 接地距离保护的整定原则及计算模型

由于接地距离保护比相间距离保护整定计算要复杂,而且影响计算准确度的因素较多,本程序主要依据《220 ~ 550kV 电网继电保护装置运行整定规程》,结合湖北电网互感线路多、网络结构复杂等特点进行分析,研制出一套较为全面、准确的整定接地距离保护的数学计算模型,再从保护整定配合的选择性角度出发,作适当的简化。主要特点分析如下。

#### 3.1 隐形助增系数整定方法

目前常规整定计算原则是直接采用文献<sup>[1][4]</sup>的简化计算公式进行整定,按此原则计算,由于忽略互感的影响和正序、零序网差异等因素,其计算结果在某些情况下是不够准确的,为此提出解决上述影响的实用优化的整定原则即隐形助增系数整定法(以下简称隐形整定法)

该法按下式整定:

$$Z_{dz} = K_K \frac{U}{I + K 3 I_0} \quad (1)$$

式中  $U$  —保护安装处相电压(相邻线末端或本线末端接地故障)。

$I$  —保护安装处相电流(相邻线末端或本线末端接地故障)。

$I_0$  —保护安装处零序电流(相邻线末端或本线末端接地故障)。

$K$  —零序电流补偿系数

$K_k$  —可靠系数

该法不用直接计算与相邻保护配合的零序助增系数, 而用保护安装处实际电压  $U$  和相电流  $I$  来反映助增的大小。当在(1)式中合理地选用零序补偿系数  $K$  值, 则助增的大小计算更加准确, 因此按此法整定的结果比常规整定法的结果更合理、更准确。而且计算机更易于实现。

### 3.2 接地距离保护段整定

#### 3.2.1 一般支路:

$$Z_{dz} = K_k \cdot Z_1 \quad (2)$$

式中  $K_k$ —可靠系数, 取 0.7;

$Z_1$ —本线路正序阻抗;

$Z_{dz}$ —接地距离保护段定值

#### 3.2.2 有互感支路: 按(1)式隐形整定法整定。

整定原则: 躲本线路末端接地故障。

(1)式中零序补偿系数  $K$  取另一回互感线路挂检的  $K$  值(参见2.2)以保证段不发生超越动作。

### 3.3 接地距离保护段整定

#### 3.3.1 按与相邻线路接地距离保护段或段定值配合整定。

目前常规整定计算原则是采用文献<sup>[1]、[4]</sup>的简化计算公式进行整定:

$$Z_{dz} = K_k Z_1 + K_k K_c Z_{dz} \quad (Z_{dz}) \quad (3)$$

$$t = t_1 (t_2) + t_3$$

式中  $K_c$ —取  $K_{c1}, K_{c0}$  中的较小者;

$K_k$ —可靠系数, 取 0.7~0.8;

$Z_{dz}$  ( $Z_{dz}$ )—相邻线路接地距离段

(段)定值

$t$  ( $t_1$ )—相邻线路段(段)时间

按此法计算, 由于忽略互感的影响和正序、零序网差异等因素, 其计算结果在某些情况下是不够准确的。

#### 3.3.2 按与相邻线路纵联保护(一般指高频保护)配合整定

整定原则: 躲相邻线路末端接地故障

方法一: 采用文献<sup>[1]、[4]</sup>的简化计算公式进行整定:

$$Z_{dz} = K_k Z_1 + K_k K_c Z_1 \quad (4)$$

(4)式中  $Z_1$ —相邻线路正序阻抗

$K_k, K_c, Z_1$ , 一同前

方法二: 按(1)式隐形整定法整定, 该法考虑了本线路、相邻线路的零序互感影响和正序、零序助增的影响, 计算精确

(1)式中  $U, I, I_0$ —保护安装处故障相电

压、相电流和零序电流

$K$ —零序补偿系数, 具体按第2节取用

$$t = t_1 + t_2 \quad (5)$$

(5)式中  $t_1$ —同前

#### 3.3.3 躲线末变压器其他侧(大电流接地系统)母线接地故障整定

由于变压器  $K$  很小, 如果按方法一整定, 会引起较大的误差, 此项不适宜用方法一整定, 应按方法二即隐形整定法整定计算。

(1)单相接地故障(A相)

$$Z_{dz} = K_k \frac{U_A}{I_A + 3KI_0} \quad (6)$$

(2)两相短路接地故障(B、C相)

$$Z_{dz} = K_k \frac{U_B}{I_B + 3KI_0} \quad (7)$$

(6)、(7)式中  $U_A, U_B$ —保护安装处故障相电压  
 $I_A, I_B, I_0$ —保护安装处故障相电流、零序电流

$K$ —零序补偿系数。  $K_k$ —同前

$$t = 1.0s$$

#### 3.3.4 按保证本线末接地故障有灵敏度整定

$$Z_{dz} = K_p Z_1 \quad (8)$$

(8)式中  $K_p$ —本线末故障的灵敏度, 其取值原则参见文献<sup>[1]</sup>。

#### 3.3.5 躲线末变压器低压侧母线三相短路

$$Z_{dz} = K_k Z_1 + K_k K_{c1} Z_T \quad (9)$$

$$t = 1.0s$$

(9)式中  $Z_T$ —线末变压器正序阻抗

$K_k, Z_1, K_{c1}$ —同前

综合3.3.1~3.3.5计算条件, 在保证保护的选择性基础上尽量提高其灵敏度, 进行计算机智能分析。最终得出段计算结果  $Z_{dz}, t$ , 其段时间按其选用整定配合条件中较大者为  $t$ 。

### 3.4 接地距离保护段定值整定

按下列条件计算:

#### 3.4.1 按本线末接地故障有足够灵敏度整定:

$$Z_{dz} = K_p Z_1 \quad (10)$$

(10)式中  $K_p = 1.8 \sim 3.0$ —本线末灵敏度系数

#### 3.4.2 按与相邻线路接地距离保护段或段配合整定

$$Z_{dz} = K_k Z_1 + K_k K_c Z_{dz} \quad (Z_{dz}) \quad (11)$$

$$t = t_1 (t_2) + t_3$$

(11)式中  $Z_{dz}, t$ —相邻线路接地距离段定值、

时间

$Z_{dz}, t$  —相邻线路接地距离 段定值、时间

$K_k, K_z, Z_1$  —同前

综合 3.4.1~3.4.2 计算条件进行计算机智能分析得出 段计算结果  $Z_{dz}, t$ 。

#### 4 程序智能化特点

(1) 本程序所需的网络参数和计算信息与《电力系统相间距离保护整定计算及管理综合程序》的网络参数及计算信息完全相同(参见文献<sup>[3]</sup>),不用重新建立。全部计算配合由计算机自动完成,使用方法简单、容易掌握。

(2) 在程序中设计了自动计算选取各种方式下的保护配合的助增系数,计算原理采用在基本方式阻抗矩阵上进行追加处理,有计算方式选取智能化、计算速度快、计算精度高等特点。

(3) 接地距离保护配合智能化。该程序能自动完成各种配合条件下的定值和时间的整定计算,并将多套定值进行智能分析,最后确定较合理的定值和时间。例如,当某开关的接地距离 段与下一级接地距离 段配合灵敏度不够时,而又不希望与下一级 段时间配合使其 段时间提高,则程序自动计算与下一级线路纵联保护配合计算;又如,当接地距离 段在各种配合条件下均不能满足要求时,程序能自动按照特殊的处理办法进行整定,即按保证最低灵敏度要求整定,将 段时间作适度的提高,并在整定方案中作出中文提示说明以便在运行中备查。

(4) 定值管理智能化。为了使保护的运行定值相对稳定,避免频繁改动定值,该程序设计了计算出的新定值有与原定值进行比较分析的功能。全网定值配置表采用新定值动态存取,计算定值自动更新,为进行管理智能化提供了必要的条件。

(5) 该程序采用全部汉化的输入、输出方式;自动分页打印中文整定计算方案,以便于成册装订;自动打印中文执行定值通知单、全网定值配置表。输出结果美观、清晰、直观。

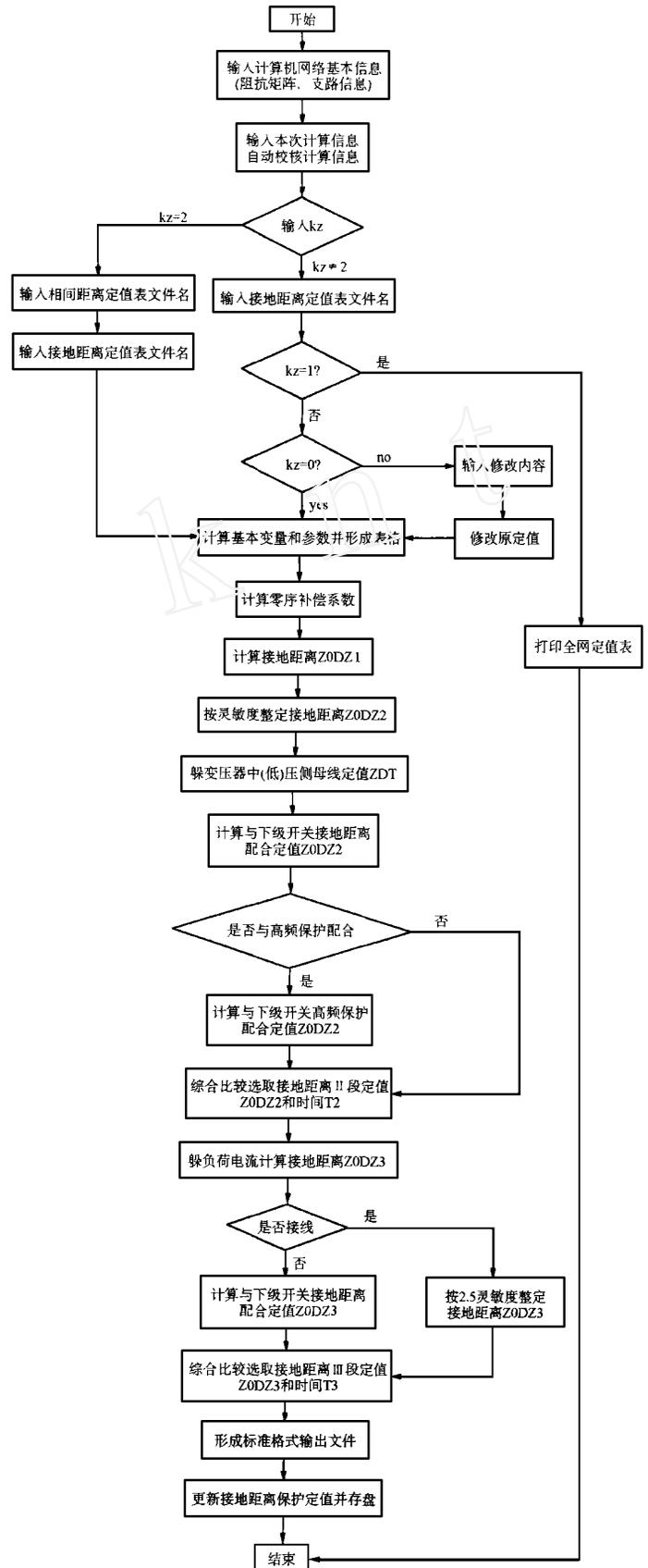


图6 程序主框图

## 5 程序主框图(见图6)

## 6 结束语

程序在开发研制中着重提高程序自动化水平,尽可能实现程序智能化。目前该程序编制调试完毕正进行全网试算,其结果正确,计算省时省力。例如一般一个开关的接地距离保护整定计算用计算器加人工计算整理需要8h左右,而用该程序计算只需要几秒钟即可完成,因此开发本套程序不仅提高了工作效率,缩短了整定计算周期,而且发挥了明显的经济效益和社会效益。

该文曾请陈德树教授审阅,在此表示非常感谢!

## 参考文献:

- [1] 电力系统继电保护规程汇编. 中国电力出版社,1997.
- [2] 王珍珍. 电力系统计算机分析计算中有关零序互感分析研究. 继电器,1986(2).
- [3] 王珍珍. 电力系统相间距离保护整定计算及管理综合程序. 继电器,1994(3).
- [4] 崔家佩,等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算. 水利电力出版社,1994.

收稿日期: 2000-06-06; 改回日期:2000-07-11

作者简介: 凌 煦(1969-),男,工程师,从事电力系统分析计算及研究工作; 李小娟(1973-),女,工程师,从事继电保护整定计算工作; 宋连芳(1954-),女,工程师,从事继电保护整定计算工作。

## Development of intelligent program of ground distance protection

LING Xu<sup>1</sup>, LI Xiao-juan<sup>2</sup>, SONG Lian-fang<sup>2</sup>, WANG Zhen-zhen<sup>2</sup>

(1. Huazhong Power Energy Research Institute, Wuhan 430077;

2. Power Dispatch and Communication Bureau of Hubei Province, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** In this paper, the mathematics module, main functions and intelligent feature are presented for the intelligent setting computing program of the electric power system. The influence of line mutual inductance of zero sequence on setting computing is analyzed. The practical optimized principle is presented to solve this influence. The setting value of three sections and relative parameters of earthing distance protection can be printed in Chinese character. Furthermore, the setting value table of the whole system and a requisition can also be printed to accomplish intelligent computer management of earthing distance protection.

**Keywords:** setting computing; intelligent; mutual inductance

(上接第33页)

## 4 结束语

这样设计的电路,模入、开入、开出都在一个主板上,元器件少且主板只有十一个平方厘米,集成度极高。能够完成变电站内设备(包括主变)及输配电线路的保护、计量、监控及“四遥”等功能。以上所述两片机系统在实际中已经挂网运行,从运行状况来看,该系统的功能丰富且结构简单,对比传统的保护装置,它更加安全和可靠,而且从经济效益角度来考

虑,更适合于规模生产及维护。

## 参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理及应用. 北京:中国电力出版社,1998.
- [2] 颜荣江,等. PSD3系列可编程单片机通用外围接口芯片原理编程及应用. 北京:人民邮电出版社,1995.

收稿日期: 2000-03-16

作者简介: 杨伟(1966-),男,副教授,长期从事微机继电保护的研发工作。

## Application of two chip system to relay protection

YANG Wei, DENG Lei

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** Basing on the current state and requirement of computer relay protection, this paper introduces the function and character of double chip system in detail, and presents some actual schemes about the application of PSD in this system

**Keywords:** two chip system; PSD