

# 220 ~ 500kV 电网继电保护整定计算专家系统

赖业宁<sup>1</sup>, 韦化<sup>1</sup>, 文杰<sup>2</sup>, 刘东平<sup>2</sup>, 孟菊芳<sup>2</sup>, 尹志民<sup>3</sup>

(1. 广西大学电气工程学院, 广西 南宁 530004; 2. 广西电网调度中心, 广西 南宁 530023;

3. 广西钦州供电局, 广西 钦州 535000)

**摘要:** 以广西电网为研究对象, 将专家系统技术引入电力系统继电保护整定计算, 开发了一个实用型的专家系统。在常规知识表示方法的基础上, 提出了两种新的知识表示方法, 即基于 MS - ACCESS 产生式系统和基于 MS - ACCESS 的框架表示法, 这使得知识库在算法实现上十分简便。文中还提出了一种“规则驱动”的整定计算思想, 并使用这一思想开发系统的推理机和整定计算模块。本系统能提供详尽的推理计算过程, 解释并自动生成满足电力行业标准的定值通知单, 已成功地运行于广西 220 ~ 500kV 电网。

**关键词:** 电力系统; 专家系统; 继电保护; 整定计算

中图分类号: TM77

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)03-0031-04

## 1 引言

近年来我国电网发展很快, 继电保护新装置的投入和老设备的更新改造频繁, 保护配置国产与进口共存, 种类多, 数量大。省级电网调度中心每年都有大量的定值单发往下属的各厂站。目前, 各省调(更不用说地调及以下各级调度所)进行电网继电保护整定计算的手段还相对滞后, 基本上是沿用传统的手工整定与人工校核方法。这势必造成工作效率和管理水平的低下。为了将专业人员从繁重的日常工作中解放出来, 提高电网运行管理水平, 人们一直在寻求合适的解决方法。专家系统技术的出现提供了一种可行的途径。文<sup>[1]</sup>报道了一个输电线路保护整定专家系统。该专家系统仅限于整定 TOSHIBA 和 GE 公司的保护产品, 其协调继电器配合的能力并非在全范围内有效, 一些功能还不完善。进一步的工作是将故障计算软件包与专家系统连接起来, 以实现自动的数据输入。文<sup>[2]</sup>在文<sup>[1]</sup>的基础上就规则表示方式、规则库的编写与管理、冲突协调原则等方面作了改进, 使系统的运行速度大大提高。文<sup>[3]</sup>对继电保护整定计算专家系统工具的选择、开发和

运用进行了简要地介绍并推荐在总体结构上采用黑板模块。文<sup>[4]</sup>介绍了一个高压电网零序电流保护整定计算的专家系统。该系统针对零序保护中的一些问题, 应用专家系统理论及智能化程序设计方法, 并结合常规的零序电流保护整定计算思想来研制与开发的, 具有较大的可维护性与适应性。文<sup>[5]</sup>介绍了一个电力网继电保护整定计算专家系统。该系统主要针对 220 ~ 500kV 电网零序电流保护、相间距离保护、接地距离保护的整定计算进行设计, 已在四川省电力工业局试运行, 但定值管理方面尚待进一步完善。

从目前已开发的保护整定专家系统来看, 在解决逻辑推理与数值计算问题上效果不甚理想, 均为面向某一保护类型而非面向装置开发, 不能很好处理辅助元件的整定, 因而与实用还有一定距离。本文提出了“规则驱动”的整定思想并面向保护装置开发, 较好地完成了电网继电保护整定计算的任务。

## 2 系统概况

保护整定的基本任务是计算出各种保护装置的整定值。它需按照一定的整定原则, 以电网故障分

### Study on the effect of insulation to earth on zero sequence parameters in 500kV Mudan to Zhengzhou line, China

ZHANG Tai - sheng, YAN An - he, HE Nan - qiang, DU Ling

(Henan Power Dispatch & Communication Center, Zhengzhou450052, China)

**Abstract:** Sectional insulation earth wire can reduce transmission line loss, but it also has influence on the zero sequence parameters of transmission line. In this paper, the influence of the sectional insulation earth wire on the zero sequence parameters is analyzed in theory.

**Keywords:** sectional insulation earth wire; zero sequence impedance

析为基础,进行大量的定值计算工作。为了完成此任务,我们设计了如下专家系统,如图1所示。

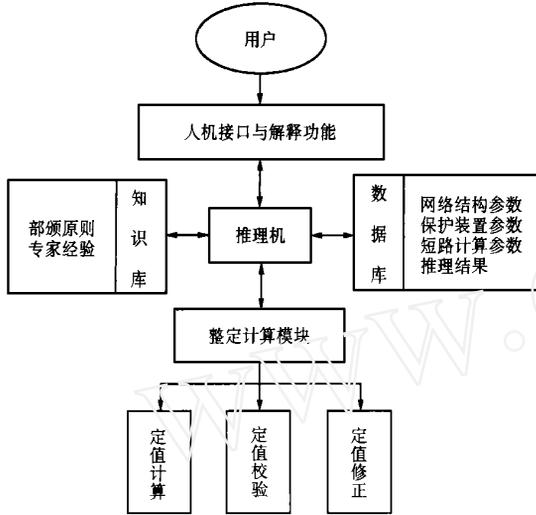


图1 系统的总体结构图

### 3 系统的具体实现

#### 3.1 知识库

知识库存放整定规则和运行人员的经验知识。整定规则主要包括两部分,一是部颁原则,另一是线路特定的整定规则。其中线路特定的整定规则是以部颁原则为基准,按照线路的具体情况而生成的规则。

在常规知识表示方法的基础上,结合继电保护整定计算本身的特点,本文提出了两种新的知识表示方法,即基于MS-ACCESS数据库的产生式规则表示法(MSAP)和基于MS-ACCESS数据库的框架表示法(MSAF)。这两种方法的主要思想是:将产生式系统和框架表示法的基本思想融入MS-ACCESS数据库中,以数据库为载体,通过数据库的形式来表示知识。这两种方法在开发大容量的知识库时显得尤为方便。本专家系统的具体做法是针对一种保护类型相应地建立一个数据表,并使用通用的数据结构形式予以存储。在新的情况发生时,只要将新的数据信息填入框架表即可。这样,知识的扩充与维护变得十分简便。

知识库管理系统主要功能:知识库的建立;知识库的检索、增删、修改等;线路特定规则库的自动建立;知识库与推理机之间的知识传递等。

#### 3.2 数据库

数据库是专家系统所需数据信息的主要来源。它包括网络结构参数、保护配置参数、短路计算参数

及推理整定的结果。

为了与知识库在储存形式上一致,本文同样选择MS-ACCESS作为后台数据库。从易于管理的角度考虑,将专家系统的总数据库存放在一台专用的服务器上,由数据库管理系统进行集中管理。各计算终端(即各台PC机)单独设置一个动态数据库。该动态数据库是针对本PC机需完成的计算工程而自动生成的一个临时数据库。服务器与各台PC机通过网线进行数据信息的交互。任一PC机需要进行保护整定计算时,它直接对服务器进行数据交互即可自动生成计算所需的动态数据库。

数据库管理系统主要负责:数据信息的增删与修改;服务器与各PC机间数据信息传递及共享;数据库与推理机之间数据信息传递;数据信息存储及历史查询等。

#### 3.3 推理机

推理机是专家系统的核心部件,其主要任务是控制知识库模块、数据库模块及整定计算模块的工作流程以完成保护装置的整定计算。专家系统推理机的开发采用了精确搜索正向推理的控制策略。之所以采用这种控制策略,是基于保护整定本身的特性而得出的,因为在保护整定计算时,整定条件(如整定规则和灵敏度要求等)较为明确,从条件寻找目标的过程正好符合领域专家进行整定计算的思维。

本专家系统推理机的开发采取了两项举措。一是在提高专家系统的推理速度问题上,利用了深浅层知识进行联合推理;二是在处理保护整定计算问题上,提出了“规则驱动”的思想进行保护的整定计算。这两项举措的采用使得开发出来的推理机不管在推理效能上还是在算法实现上均具有较好的新颖性。下面分别简述之。

##### · 利用深浅层知识进行联合推理

浅层推理,即利用目标级知识(包括事实性知识和经验性知识)进行的推理过程。其工作过程是:当程序运行时,将所需的整定规则、数据信息从相应的知识库和数据库中取出,形成动态知识库与数据库。如果子目标级规则的前提部分被动态库满足,则该整定规则被触发,记下该规则并将规则的结论部分加入动态数据库中。深层推理即利用控制级知识(有关知识,即它能对领域知识起指导作用的知识)进行推理的过程。其工作过程为:如果某条控制级规则被触发,则通过推理机来执行该规则的结论部分。因此,可以说深层推理主要是指导浅层推理,选择最优推理路径,使浅层推理只访问对应的子

目录模块,而不是访问整个规则库,这样可提高推理机的推理效率。

#### ·利用“规则驱动”思想进行保护整定计算

“规则驱动”这一整定计算思想是本文的一个重点。它的要旨在于:进行保护整定时,推理机先对规则库进行遍历,得出整定计算的有效规则集,进而通过有效规则集中的有效规则去“驱动”与该规则对应的整定计算子模块。只有被“驱动”的子模块才进行相应的计算,而其它模块在该过程中不起作用。本文称之为“规则驱动”思想。

### 3.4 整定计算

保护整定计算需要完成的任务由定值计算、校验及修正三部分组成,因而整定计算模块分为三个子模块。这三个子模块在推理机的控制下既独立运作又相互紧密联系。定值计算模块是按照部颁原则和线路具体配合情况计算出保护装置的初步定值。定值校验模块是根据部颁标准、运行规程及领域专家的经验知识去校验计算出来的初步定值是否合格,合格者则被作为可用值保存起来,不合格者则对其进行修正。定值修正模块是利用知识库内储存的专家经验去修正那些不合格的保护定值。这一模块在推理机的控制下循环执行,直到所有的保护整定值均满足要求为止。

众所周知,继电保护整定计算是以电网故障计算为基础的。为此,本专家系统开发了《故障分析与计算系统》软件,它可灵活设置电网的各种运行方式,并可进行各种运行方式下不同轮断点的各类横、纵向故障的计算。计算结果完成可满足保护整定的各种要求。

由于保护整定计算需要考虑的运行方式很多,因此,与一项整定计算相对应的故障计算结果在数量上是非常庞大的。如何有效处理这些数据是我们必须考虑的问题。为此,本文采用了一项新的处理方式——“分屏分表”技术。它可以方便地实现故障计算结果的管理。“分屏分表”技术的主要思想是:将故障计算结果按短路点设置窗体,每一故障点设置一个屏,与该故障点对应的一种故障类型在其窗体上设计一个网格表,将各种结果数据表示出来。同时我们还对网格表设置了按不同要求(包括不同的数据种类、升序或降序等)进行排序的功能。进行保护整定时,程序直接对“屏”与“表”取数,在算法实现上可避免变量开销,因而非常简便。

### 3.5 过程解释

为了提高计算结果的透明度与可信度,本系统

提供详尽的推理计算过程解释。由于保护整定过程中用到的整定规则与计算公式较多,需要解释的内容量比较庞大,因此实现起来较为困难。本文主要通过下面的两项技术手段来实现过程解释功能:

#### ·“实时响应”法

所谓“实时响应”法是指在保护整定过程中,有效规则驱动了相应的子模块进行整定计算,与此同时,过程解释功能模块马上做出实时响应,将该过程使用的整定原则、配合情况、计算方式(包括运行方式、短路类型、轮断情况等)、计算公式及公式中各参数的具体数值详尽地记录下来。待所有的有效规则驱动完毕后,整个过程解释也就完整地得出来了。

#### ·文本格式显示

我们采用了文本的格式来显示保护整定计算的过程解释。之所以采用文本格式,是因为这种格式能很方便地实现修改、储存及打印等功能。

## 4 应用实例

本专家系统已成功投运于广西 220 ~ 500kV 电网。下面以广西电网安磨线安城侧为例进行保护装置整定计算的说明。



图2 整定计算主操作界面

用户在图2操作界面中可以选择要求整定的保护类型,对整定项目进行取舍。点击[原定值]按钮可看到本线及相邻线的原定值。同时在界面上还可对各类控制字进行设置。完成了整定前的各种设置后,点击[计算]按钮自动继续整定计算。图3给出整定计算的结果及过程解释。



图3 计算结果及过程解释

### 5 结论

本专家系统已成功应用于广西 220 ~ 500kV 电网。运行结果表明,它为继电保护整定计算和定值管理工作提供了现代化的智能工具,把整定计算人员从复杂繁琐的日常工作中解放出来,从而提高了继电保护的运行管理水平,确保了保护整定的准确性,对电力系统安全稳定运行,具有重要的现实意义。

主要的结论归纳如下:

- 1) 提出了两种新的知识表示方法,即基于 MS - ACCESS 的产生式系统和基于 MS - ACCESS 的框架表示法。这两种新方法的提出,对专家系统知识库的算法实现带来了很大的方便。对大规模系统来说,其优点显得尤其突出。

2) 提出了一种利用“规则驱动”进行电网继电保护整定计算的新思想。

3) 采用了精确搜索正向推理的控制策略和深浅层知识联合推理的技术手段,并在此基础上成功地开发了逻辑推理与数值计算有效结合的推理机制。

4) 专家系统的过程解释功能模块采用了“实时响应”的处理技术和文本格式的显示方法。

5) 面向实际装置而非某类保护来开发系统,从而实现全网各种继电保护装置整定值的自动配合计算。

### 参考文献:

- [1] Lee S J et al. An Expert System for Protective Relay Setting of Transmission Systems. IEEE PWRD, 1990, 5(2) : 1202 ~ 1208.
- [2] Lee S J et al. Enhanced Expert System for Setting and Coordination of Protective Relays. Proc ESAP 91, Japan, 1991.
- [3] 吴涛,陈永琳,李华伟. 继电保护整定计算专家系统工具的选择、开发和运用. 继电器, 1995, (3) : 10 ~ 13.
- [4] 陈永琳,李红军,王乡. 高压电网零序电流保护整定计算专家系统的研究. 继电器, 1997, 25(5) : 1 ~ 5.
- [5] 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. 第二十六届中国电网调度运行会议论文集,河南郑州, 1999 : 298 - 301.

收稿日期: 2000-08-31

基金项目: 广西十百千人才工程基金资助项目(1998354); 广西教委基金资助项目(1998169)

作者简介: 赖业宁(1975 - ),男,硕士,教师,从事电力系统最优化及电力系统继电保护的研究; 韦化(1954 - ),男,教授,从事电力系统最优化、专家系统及其在电力系统中的应用研究。

### Expert system for the setting calculation of relay protection on 220 ~ 500kV power net works

LAI Ye-ning<sup>1</sup>, WEI hua<sup>1</sup>, WEN Jie<sup>2</sup>, LIU Dong-ping<sup>2</sup>, MENG Ju-fang<sup>2</sup>, YI Zhi-min<sup>3</sup>

(1. Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Guangxi Power Dispatch Center, Nanning 530023, China; 3. Guangxi Qinzhou Power Supply Bureau, Qinzhou 535000, China)

**Abstract:** The paper regards real electrical grid as research object, and brings expert system technology into the setting calculation of relay protection on power systems. A practicable expert system has been developed successfully. Based on the routine methods of knowledge representation, two sorts of novel knowledge representation methods are presented. They are the MS - ACCESS - based production system and the MS - ACCESS - based frame representation. By these methods, the algorithm of knowledge base can be achieved easily. In this paper, we present a new idea of setting calculation that is "Rule Driving". Using this idea, inference machine and setting - calculation model are developed successfully. At the same time, a detail explanation of setting calculation process, a setting - value management system and a setting - value report according to the standard of electrical industry are acquired in this system. The expert system has been running on the 220~500kV power systems in Guangxi province.

**Keywords:** power system; expert system; relay protection; setting calculation