

专家系统在 110 kV 地区电网 整定计算中应用

吴晨曦¹, 姜尧林², 郑凌蔚¹, 冯秀丽¹

(1. 杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018;

2. 浙江中控技术有限公司, 浙江 杭州 310010)

摘要: 针对 110 kV 电网, 将专家系统应用于继电保护整定计算, 并且可以人工进行干预。该系统以 Ms-Access 为后台数据库, 具有短路计算、分支系数计算等功能, 可生成定值单并将整定结果保存到数据库中。与传统的整定计算程序相比, 针对不同电力系统要求, 可选择不同的整定规则, 可靠系数、灵敏度等也可以根据系统的实际情况自行修改。程序的模块化较好, 可在对应的模块中修改整定规则。该系统具有整体功能强、操作简单灵活等特点。

关键词: 整定计算; 专家系统; 人工干预

中图分类号: TM 744

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)09-0089-02

0 引言

继电保护装置是电力系统最重要的二次设备之一, 对电力系统安全稳定运行起着极为重要的作用。继电保护整定计算是电力工程设计和电力生产运行中一项必不可少的工作。随着电力系统向智能化方向发展, 继电保护也朝着实时整定及自适应保护的方向发展, 由于专家系统的独特优点^[1-3], 将其用于继电保护整定计算, 是实现整定计算智能化的有效途径。

本文介绍的专家系统对于用户在整定界面上输入的待整定保护进行计算^[4-5], 还可以根据实际情况对参数进行修改, 同时提供短路计算、分支系数计算等功能。该系统的使用能够大幅度减轻继电保护整定计算人员的工作量, 具有通用性、可靠性和灵活性等特点, 保证继电保护装置满足灵敏度、选择性、可靠性和安全性的要求。

1 系统的整体设计方法

该系统对输电线路的电流保护^[6]、距离保护^[7]和零序保护以及变压器的过电流保护进行了编制。整体设计思路如下: 利用人工智能的专家系统对各种不同类型的整定分别建立规则库, 采用规则驱动^[1]的方法, 整定哪一种类型的保护启动哪一个整定规则模块, 对于每种保护, 在界面上输入该保护整定计算所需的信息, 点击确定后启动该保护的整定计算模块进行计算。如在计算电流速断保护的定值时, 通过人机界面选择或人工输入待整定保护、可靠系数等前提条件, 然后点击确定就可以启动专家系统, 搜索与输入条件相匹配的规则进行计算, 最后输出的结果会显示在界面上。这样整定计算时直接从对应的知识库中查询规则, 可节约时间, 提高效率。

当用户输入的信息有误时, 系统会给予提示。如待整定保护的所在线路名称和所属厂站输入有误时, 系统会弹出提示框告诉用户输入信息有误。

2 人工干预

由于任何一个系统都有其自身的特性, 所以规则库不可能囊括所有的规则, 还需加入人工干预。该系统提供短路计算和分支系数计算等功能, 用户可以根据需要进行计算, 得出定值。有时在整定中可能出现一种情况和多条规则相匹配, 这时需人工选择整定规则, 确定整定规则后, 还可考虑是否将新规则存入规则库或是否对已有的规则进行修改等, 使规则库不断完善。有些整定规则需要人工输入信息, 系统会弹出对话框加以提示, 如整定相间距离保护二段时, 如果选择按躲规定系数的规则, 则会弹出对话框, 在对话框中输入所躲的系数。

3 知识表示方法

在人工智能和专家系统中, 知识的表示^[8]方法很多, 如状态空间表示、与或图逻辑表示、产生式系统、语义网络、框架表示、过程表示、神经网络等。每种表示法有其自身的优缺点。知识表示是专家系统的关键, 一个专家系统所采取的知识表示方法能否充分表达和使用该领域知识, 决定着其建造的成功与否。整定计算专家系统中又有与其他领域专家系统不相同的地方。由于不同类型的保护装置在特定条件下所采用的整定规则较明确, 用到的专家经验也具有针对性, 因此采用产生式规则和结构化框架表示法相结合的方法用于知识的表示。把一类保护定义为一个框架, 该类保护中不同的规则定义为框架中不同的槽, 用产生式表示法来表示每条规则, 产生式规则由规则名、条件和结论 3 部分组成, 用 VB 语言编程, if then 语句实现产生式规则, 具有简便、易读、推理

快等特点。以电流保护一段为例对专家系统的应用加以简单说明。

If 线路末端有多条出线或多台变压器 then $I_{dz,1} = K_K \cdot I_{d,max}$

If 线路无任何出线,仅有变压器 then $I_{dz,1} = K'_K \cdot n \cdot I'_{dz}$

其中 K_K, K'_K 为可靠系数; $I_{d,max}$ 为本线路末端最大三相短路电流; n 为并联变压器台数。

实践证明,按这样的原则构建的知识库具有很好的可维护性和可扩展性,以此为基础进行推理决策,思路清晰,易于理解。

4 其他功能

4.1 短路计算功能

该系统所采用的短路计算程序^[9-10]能够利用已形成的网络拓扑结果及电网参数数据库,在母线和线路上设置故障点,计算不同运行方式下三相短路、两相短路、单相接地、两相短路接地的故障电流、电压,形成短路电流数据库,为分支系数计算等做准备。

4.2 分支系数计算功能

该软件采用故障分析方法进行分支系数计算。用户自己输入待整定保护和配合保护的信息,还可以选择计算出分支系数的计算条件,分支系数计算模块分支系数的最大、最小值,显示在界面上。

4.3 计算结果的存储与定值单生成

当整定计算完某一个保护后,则可将结果存储在 Ms - Access 数据库里,也可生成定值单,进行显示、打印等。点击主界面上的保存定值和显示结果可以分别实现这2个功能。

5 算例

图1是某变电站的系统正序阻抗图(图中量均为标么值),先按躲线路末端故障来整定虎阳线、新阳站的一段距离保护,其定值为0.07616,下面以整定松阳线、松陵站保护为例说明该软件的使用。

松阳线、松陵站保护一段整定所选规则为躲本线路末端故障,二段与虎阳线的新阳站保护配合,三段选躲负荷阻抗来整定。整定完成后生成定值单。

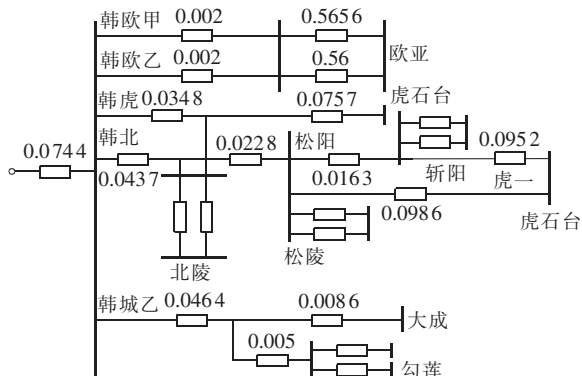


图1 韩电站正序阻抗图

Fig.1 Positive sequence of Hantun substation

6 结论

a. 本文中所提专家系统的最大优点是既可以由推理机查询规则,进行推理得出整定结果,也可以人工设置,或是在机器整定过程中人工修改一些信息,最后得出适合待整定系统的定值。

b. 采用了分块整定的电网继电保护整定计算的新思想,对各种保护的整定规则进行分类,整定哪一类保护启动哪一个整定模块,提高了整定效率和速度。

c. 系统只能在程序中修改规则,由程序员实现,而不能由使用者直接在整定的过程中将新的规则加入到规则库里。

参考文献:

- [1] 赖业宁,韦化,文杰,等. 220~500 kV 电网继电保护整定计算专家系统[J]. 继电器,2001,29(3):31-34.
LAI Ye-ning,WEI Hua,WEN Jie,et al. Expert system for the setting calculation of relay protection on 220~500 kV power networks[J]. Relay,2001,29(3):31-34.
- [2] 张超. 继电保护整定计算专家系统的介绍[J]. 供用电,2003,20(1):18-20.
ZHANG Chao. Introduction of expert system for the setting calculation of relay protection[J]. Power Supply,2003,20(1):18-20.
- [3] 涂序颜. 人工智能及其应用[M]. 北京:电子工业出版社,1988.
- [4] 王文君,张沛超,郁惟镛. 基于事例推理的继电保护运行管理专家系统[J]. 继电器,2001,29(12):18-20.
WANG Wen-jun,ZHANG Pei-chao,YU Wei-yong. The protection operation management expert system based on CBR[J]. Relay,2001,29(12):18-20.
- [5] 李亚楼. 继电保护整定计算的计算方法的研究及软件开发[D]. 北京:中国电力科学研究院,2000.
LI Ya-lou. The arithmetic study and the software exploitation of the setting calculation of relay protection [D]. Beijing:China Electric Power Research Institute,2000.
- [6] 房鑫炎,钟聪,沈芳良. 基于人工神经网络的自适应电流保护[J]. 继电器,2000,28(5):16-20.
FANG Xin-yan,ZHONG Cong,SHEN Fang-liang. The adaptive current protection based on ANN[J]. Relay,2000,28(5):16-20.
- [7] 都洪基,邓烽,苏炜宏. 基于人工神经网络的自适应距离保护[J]. 继电器,2002,30(2):38-42,65.
DU Hong-ji,DENG Feng,SU Wei-hong. Adaptive distance protection based on artificial neural network[J]. Relay,2002,30(2):38-42,65.
- [8] 刘力丰,高中德. 电力系统继电保护设计专家系统的模糊知识处理[J]. 电力系统自动化,1997,21(6):34-38.
LIU Li-feng,GAO Zhong-de. An approach to process fuzzy knowledge for expert system of power system protection design [J]. Automation of Electric Power Systems,1997,21(6):34-38.
- [9] 陈亚民. 电力系统计算程序及其实现[M]. 北京:水利电力出版社,1995.
- [10] 李天华. 3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[M]. 北京:中国电力出版社,1996.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

吴晨曦(1978-),女,河北乐亭人,硕士研究生,主要研究方向为人工智能在电力系统中的应用(E-mail:wuchenxi@hziee.edu.cn);

姜尧林(1977-),男,浙江绍兴人,硕士研究生,主要研究方向为电气设备自动化。

Application of expert system in setting calculation of 110 kV local power network

WU Chen-xi¹, LOU Yao-lin², ZHENG Ling-wei¹, FENG Xiu-li¹

(1. Hangzhou Dianzi University Hangzhou 310018, China;

2. Zhejiang Supcon Technology Co., Ltd., Hangzhou 310010, China)

Abstract: The expert system is applied in the relay protection setting calculation of 110 kV local power system and the manual intervention can be performed during the calculation. Based on the database of Ms-access, the system has functions of short circuit calculation, branch coefficient calculation and so on, and generates the setting list and saves it in database. Compared with conventional setting calculation programs, different setting rules can be selected according to different power system demands, and the reliable coefficient and sensitivity can also be modified according to particular system. The program is well modularized and setting rules can be modified in corresponding modules. The system has better overall performance with convenient operations.

Key words: setting calculation; expert system; manual intervention