

继电保护整定计算专家系统工具 的选择、开发和运用

吴 涛 西安交通大学(710049) 陈永琳 李华伟 东北电力学院(132012)

摘要 把专家系统引入继电保护整定计算是近年来的新兴课题。与目前发展比较成熟的医疗、勘探和电力系统故障诊断等专家系统相比,继电保护整定计算专家系统的特点是既要求有逻辑推理功能,又要求能进行大量的数值计算。作者确定了该专家系统在总体结构上采用黑板模式,选用 PROLOG 语言和 C 语言混合编程的技术,从而将逻辑推理与数值计算有机地结合起来。

关键词 继电保护整定计算 专家系统工具 混合编程技术

前言

为了满足电网对继电保护提出的可靠性、选择性、速动性和灵敏性的要求,充分发挥继电保护装置的效能,必须合理地选择保护的整定值,并经常地保持它们相互之间的协调与配合关系,因而电网继电保护整定计算工作是一项十分复杂的技术工作。它需按照一定的整定计算原则,以电网故障计算为基础,进行大量反复的定值计算、比较和筛选工作,这其中既有可以用数学方法描述的确定性问题,也有大量需要专家经验,运用专家启发性知识才能处理的问题,因此将专家系统引入继电保护整定计算是解决这一问题的合适途径。

1 专家系统的设计原理

1.1 总体结构

本文介绍的专家系统的总体结构采用黑板模式,如图 1 所示。这种结构是以黑板框架为基础,所有独立的符号推理和数值计算部分(即图 1 中的四个模块)分别作为知识源,这些知识源通过分享全局数据库进行联系,这个全局数据库就是黑板。它用于存贮原始信息、中间及最终计算结果,供四个模块查询和修改,它是问题求解过程的中间媒介,也是联系知识源间的通讯。

四个知识源采用模块化结构,各自完成某些数值计算和逻辑推理功能,其中整定计算模块以电网运行部门使用的定值计算程序为主体,它用于形成网络的数学模型,进行各种运行方式下的故障计算,并按照常规整定计算原则计算初步定值;检验模块则根据部颁标准和运行规程检查定值是否合格;修正模块利用知识库存贮的专家规则与经验去修正那些不合格的定值;人机界面模块用于反映全部和部分整定计算的过程,提供人为干预的窗口,控制图形的显示和输出结果。

黑板调度程序控制起动不同的知识源,实现符号推理和数值计算的结合。

1.2 数据库

保护整定计算的原始数据是网络参数,计算结果是保护动作阻抗和动作时间,本系统的数

收稿日期:1995 03 20

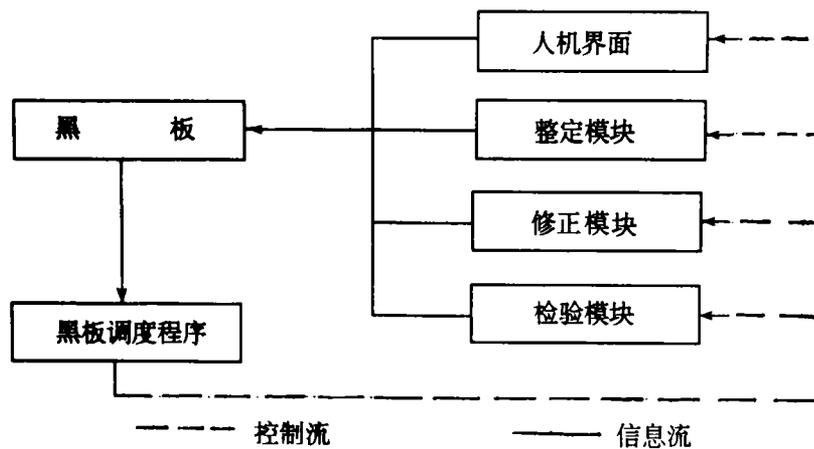


图 1 继电保护整定计算专家系统的总体结构图

数据库分为静态数据库和动态数据库。

静态数据库存放网络中线路、变压器和发电机等元件参数及保护配置等运行参数,它在整个计算过程中不变时,需要计算不同的网络时,由运行人员在计算前进行修改。

动态数据库存放保护定值计算过程中的中间计算结果和最后计算结果,包括各种运行方式下的计算定值,按常规整定原则计算的初步定值、检验修正后的最终定值及所对应的运行方式等。在系统运行过程中,可自动对其进行增加、删除及更改。

1.3 知识库及推理机

本系统的知识库,包括两种类型的知识:

(1)精确性知识,它包括应用领域的基本数据和各种事实,如计算过程所必须的系统原始参数、运行规程和阶段式距离保护的整定计算原则。

(2)启发性知识,这部分知识来自电网运行部门的实际整定经验,即专家经验。

本系统用产生式规则来设计知识库,推理机的设计采用精确推理,分层管理的反向推理方法。

2 继电保护整定计算专家系统工具的选择

2.1 继电保护整定计算专家系统的特点

与目前发展比较成熟的医疗、勘探和操作票等专家系统相比,继电保护整定计算涉及较大规模的计算,从输入网络原始参数,形成网络的数学模型,到计算出各段保护定值为止,产生大量的动态数据。而上述几种专家系统基本上不涉及计算,以静态数据形式存贮事实。专家系统语言 LISP 和 PROLOG,以表和谓词形式存贮数据,不提供数组功能。这种存贮方式对少量数据而言,尚可满足要求;而对大量数据而言,访问非常麻烦,且速度很慢。因此,继电保护整定计算专家系统要求解决好大规模的数值计算和大量数据的存贮问题。

2.2 主要几种计算机语言的优缺点概述

以 FORTRAN 语言为代表的高级语言,计算能力强,但逻辑推理能力很差,不能胜任模拟人的思维的任务。

目前流行的 C 语言是中级语言,它将高级语言和汇编函数结合起来,兼有 FORTRAN 计算能力强、执行速度快的优点,同时具有较强的符号处理能力。有些专家系统就是用 C 语言编制的。

FORTRAN 和 C 都是过程式语言。用过程式语言编写的程序是由多个指令块构成的,这些指令块说明了达到程序目标所采取的步骤。专家系统语言 PROLOG 是一种陈述式语言,用陈述式语言编写的程序由说明程序达到目标的逻辑关系组成,只需几行 PROLOG 代码就能完成其它程序设计语言可能需要几页才能完成的任务。

PROLOG 缺乏像 IF...THEN...这样强制的控制结构。程序员说明达到程序目标的逻辑方法而不说明程序执行的步骤,由功能很强的内部合一程序搜索目标的解,PROLOG 的功能在于它的搜索和模式匹配的能力。内部合一程序在试图满足程序员设置的目标时,它将一视同仁地检查所有可能的程序规则的组合。

虽然 PROLOG 语言推理判断能力较强,但数值计算能力很有限,不能胜任较大规模,复杂程度较高的计算。

2.3 语言工具的选择

本文选择 PROLOG 作为专家系统语言工具,用 PROLOG 语言设计推理机和知识库,用 C 语言设计常规计算模块。充分发挥专家系统语言 PROLOG 推理功能强的特点和 C 计算功能强的特点,用混合语言技术设计继电保护整定计算专家系统。

3 继电保护整定计算专家系统工具的开发和运用

3.1 PROLOG 与 C 之间接口功能的开发

以混合语言(PROLOG 和 C)形式设计继电保护整定计算专家系统,要求完成 PROLOG 和 C 之间的接口调用。即通过接口程序,将初步整定值传入公共数据库,保证智能模块在对数据的查询、判断、推理和修改上做到准确无误,并将修正结果返回公共数据库中相应的数组,重新启动常规计算程序。

编译和链接 PROLOG 和 C 模块,应注意以下几点:

(1)用 PROLOG 的主模块(包含目标的模块)取代 C 中的主模块。存贮方式以 PROLOG 为准,这涉及堆栈、堆的分配和扩展内存的使用。

(2)在 PROLOG 中必须将 C 函数说明成全局谓词,像调用 PROLOG 谓词那样调用 C 函数。

(3)所有程序模块必须编译成大存贮模式。

(4)编译程序模块时,必须将寄存器开关置成 off。

(5)下划线产生标识必须置成 off。

(6)C 的所有输入、输出语句失效,只能在 PROLOG 模块中输出结果或在 C 中调用 PROLOG 谓词输出计算结果。

(7)被 PROLOG 调用的 C 函数不应有返回值,定义成 void,参量的流模式在 PROLOG 全局谓词说明中指定。

3.2 接口功能的实用化改进

在本系统的设计过程中,对 PROLOG 和 C 的接口功能提出了一些实际要求,仅根据参考资料上介绍的实例,不足以解决这些问题。本节就几个主要方面讨论接口功能的实用化改进。

(1)根据参考资料所讲,PROLOG 与 C 之间的数据传递,整数为 2 字节(16 位),浮点为 8 字节(64 位)精度。实际上,在数值计算中,浮点 4 字节(32 位)精度足以满足要求。若将 C 中所有浮点定义为 8 字节,将极大地影响计算规模,不能满足实际网计算要求;而将 C 中所有浮点定义为 4 字节,发明 PROLOG 数据传递出错,程序不能运行。根据本系统的特点,即以常规计

算为主,逻辑推理为辅,在常规计算 C 程序中,将浮点定义成 4 字节;在逻辑推理检索公共数据时,将 4 字节的浮点量放入 8 字节浮点量中传给 PROLOG 程序,将从 PROLOG 返回的 8 字节浮点量放入 C 的 4 字节浮点量中。经调试发现,这样做既保证了数据传递正确,又保证了系统的计算规模。

(2)数据文件的格式定义。较大规模的数值计算要求原始参数以数据文件形式输入,计算结果以数据文件形式输出。根据 PROLOG 和 C 间的接口原则,C 的输入、输出语句全部失效,而 PROLOG 的读入数据是以屏幕询问的方式,把数据一个一个地读入,而不能一组一组地读入。针对这个问题,考虑把数据文件中的数据结构预定义成 PROLOG 所能识别的谓词,通过谓词匹配变量实例化的过程,一次读入一行的数据,送入专家系统的内部数据库。

(3)公共数据库中数组的处理。常规整定计算结果以数组形式存贮,而 PROLOG 语言没有定义数组的功能,但要求能正确地读取、判断和修改常规计算结果。针对这个问题,考虑编制接口程序,定义特定的谓词处理特定的数组,通过传递数组元素的下标来访问公共数据库中的数组元素。

(4)系统要求能够暂停常规计算过程,接受人为干预量,然后继续运行常规计算程序。这个功能用于相间距离二段成环信息显示和人为干预解环方式上。

(5)算法函数以 PROLOG 中定义为准,例如 $\cos(x)$ 、 $\sin(x)$ 等,必须在 C 中调用这些函数完成特定的计算。所以,在常规 C 计算程序中需要使用这些函数的地方,以规定的精度(8 字节浮点)送数、取数,正确调用 PROLOG 算法函数。

(6)PROLOG 语言自带汉化功能,在 UC DOS 支持下,所有的中间提示、人为干预和修正跟踪都以汉字形式出现。

以上这些功能的开发和应用,经过实际调试,检查运行结果表明,这个工具有可靠性,为以后使用打下了基础。

4 结束语

作者用 PROLOG 和 C 混合编程技术开发的继电保护整定计算专家系统,在微机上实现了数值计算和逻辑推理功能,智能化处理保护定值和动作时间。经过吉林省网实际计算,其计算结果符合运行要求,达到了预期的效果。

参考文献

- 1 傅京孙、蔡自兴、徐光佑编. 人工智能及其应用. 清华大学出版社,1987 年
- 2 TURBO C 参考手册. 中国科学院希望高级电脑技术公司,1990 年
- 3 陈兆乾、潘金贵、谢俊元. TURBO PROLOG 程序设计. 南京大学出版社,1990 年
- 4 Xian jin wang、T · S · Dillon. Knowledge-based Systems that Combine Symbolic and Numerical Computing for Power System Applications. Second symposium on Expert System's Application to Power Systems, July 17-20, 1989, SEATTLE, USA
- 5 Wang hai ping、Wang yuan bo. A Relay Setting Value Identification Expert System In Power Systems. Third symposium on Expert System-'s Application to Power Systems, April 1-5, 1991, Tokyo KoBe, JAPAN