

# 继电保护日常运行管理专家系统的开发

聂宇本<sup>1</sup>, 高翔<sup>2</sup>, 张沛超<sup>1</sup>

(1. 上海交通大学, 上海 200030; 2. 华东电力调度局, 上海 200002)

**摘要:** 根据华东电网继电保护多年的运行管理经验, 在现有的整定、管理程序应用的基础上, 对继电保护日常运行管理专家系统的开发应用提出了初步的设想并进行了初步的研究。

**关键词:** 继电保护; 管理; 专家系统

**中图分类号:** TM77      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1003-4897(2002)09-0050-03

## 1 专家系统开发背景

随着电网规模的不断扩大, 继电保护日常运行管理工作日益繁重复杂。系统运行方式变化、设备检修、新设备投运等都会引起保护配置和定值的相应改变。而已投运设备在日常运行工程中, 碰到了各种各样的情况, 其存在的问题和运行经验都有待整理和总结, 并应为以后新设备的配置、选型提供决策依据。

目前的管理工作是建立在以人为本的基础上, 虽然也采用了一些应用软件, 如清华大学开发的短路计算程序、整定计算程序、AutoCAD、EXCEL、WORD 等, 但这些软件分别运行于不同的平台, 具有不同的操作界面, 数据输入、输出格式各不相同, 难以实现数据格式的统一, 也就难以实现数据的共享。整个系统的集成程度低, 使得系统的可维护性很差。这些都不同程度地降低了工作效率。由此带来的繁重的管理决策过程耗费了大量的人力、物力, 并难以实现决策问题的最优化。

为了较好地解决存在的问题, 我们提出应开发具有继电保护整定计算, 日常维护管理和综合推理决策功能的专家系统。

为了适应当前计算机网络的发展, 新开发的专家系统应能提供网络版和 PC 两个版本, 以便和调度局的 RMIS 系统接口。

## 2 专家系统的核心功能

本专家系统共由八个模块构成: 输入模块; 网络拓扑绘图模块; 数据库及其管理系统模块; 短路电流计算模块; 保护整定计算模块; 知识库模块; 推理机模块; 报表图形文字输出模块。总体结构见图 1。

本专家系统主要完成三大功能, 下面详细阐述。

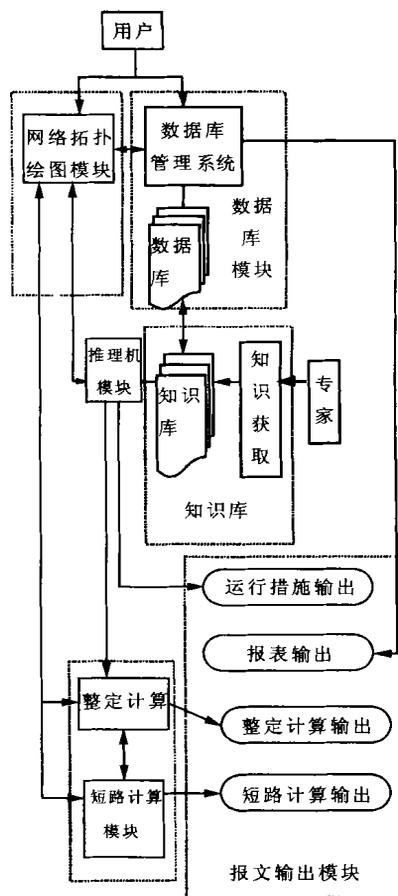


图 1 系统总体结构

Fig. 1 Overall structure of the system

### 2.1 日常运行日志及知识库管理

本专家系统应建立较为完备的权限和日志功能。运行日志应提供友好的界面, 便于运行管理人员记录各套保护日常运行情况, 包括各厂站保护配置情况, 每套保护运行状态, 周期校验情况, 技改、反措执行情况, 非计划停运情况, 故障动作分析等。对于重要的操作功能, 系统通过日志功能自动记录用户名、操作时间、操作内容等信息。通过运行日志,

建立较完善的设备台帐,并将其作为知识库的重要组成部分。

本专家系统的知识库还应综合电网继电保护及安全自动装置运行的有关规程,反事故措施,继电保护运行说明等知识。

同时,不同用户具有不同级别的使用权限,相应地对系统具有不同的控制能力,以保证系统数据的安全性。

## 2.2 基于 PSS/E 程序的故障计算及继电保护整定功能

华东电网引进了美国 PTI 公司的电力系统故障计算软件 PSS/E,该软件擅长基于精确数学模型的数值计算。尤其重要的是,PSS/E 具有非常好的开放性。用户可以通过 PTI 公司提供的 IFLAN 语言对 PSS/E 进行二次开发,根据用户的各种具体需要对 PSS/E 进行功能上的扩充。这使得 PSS/E 在和其同类产品(如 BPA,EMTP,NETOMAC)比较中脱颖而出。因此,采用 PSS/E 做为本专家系统项目的核心计算模块,保证了本系统具有很强的数值计算能力。

通过与上海交通大学的合作开发,完成了系统序网参数格式的整理并进行了序网参数的建立,已实现包括串补、网络等值、单相重合闸等在内的一系列重要计算功能,并根据二次系统计算的需要,开发了分支系数计算、线路轮断计算、节点轮流故障计算、线路定步长移动故障计算、接地阻抗定步长变化故障计算等一系列重要计算功能。但 PSS/E 作为一种面向广大用户开放的应用软件,其针对性不强。在继电保护实用化过程中必须开发以下功能:

(1) 友好的人机对话功能。PSS/E 的强大功能是通过其提供的大量命令来实现的。大部分命令带有参数,并且命令执行顺序有着严格的规定。对于很多操作,例如单相重合闸分析、串补分析、网络等值等,需要很多命令的组合才能完成。用户掌握起来困难较大。对于用户而言,最为方便、直观的操作方式是直接在其非常熟悉的电网接线图上进行。开发后的专家系统应能使用户可以不必记忆大量枯燥的命令,只需始终面对电网接线图,就可以进行诸如参数输入、修改、查询,潮流计算,各种故障分析计算。

(2) 强大的数据库管理功能,做到数据能够共享,便于系统内各子系统数据交换,数据同步。实现数据的高效检索,方便查询。为了保证数据的安全性,还应对不同的用户权限进行设定。

(3) 灵活、方便的图形输出能力。利用专家系

统网络拓扑绘图系统,与 PSS/E 共享数据库,根据用户需要,应能方便地输出全网主接线图和保护配置图等。

(4) 整定计算主要是根据短路电流的计算结果,根据部颁《220~500 kV 电网继电保护运行整定条例》的原则要求以及继电保护装置本身的具体要求来确定各种保护的整定值。鉴于近年来大量新型保护的应用,程序不应只局限于距离和零序保护的整定,而且要能用于一些新型保护的整定,同时程序的设计将有模块化结构和功能可扩充性,以便能适应新的整定要求,从而使程序具有相当的稳定性。

程序必须采用计算机能识别的数学表达式确立各种保护的基本模型、整定原则要求、保护间配合原则等。同时应具有用户自定义功能,以使用户自己能确定或修改上述原则、模型等而无需修改程序。

程序既可自行计算保护的整定值,亦可由用户在预先设定的某些约束条件下进行整定计算,如确定某些保护的初始定值后进行整定配合计算,或由用户确定哪些定值不能改变,哪些装置必须协调配合,哪些装置不必进行协调配合,以及哪些故障条件必须考虑,哪些故障条件不必考虑等后,再进行整定配合计算。

(5) 继电保护整定单的开出和管理。本专家系统的数据库中,应能储存网内有关继电保护的信息资料,包括不同型号保护的整定要求,定值范围以及标准的定值单格式等,便于整定人员根据计算结果和系统分析开出定值单。一套保护应在系统中保存当前整定值和待执行整定值两份定值单,当待执行整定单的执行日期被确定后,系统应自动用待执行定值单替换当前定值单。当前整定值应自动进入设备台帐。

## 2.3 以 CLIPS 为核心推理模块的推理机功能

CLIPS 是由美国航空航天局(NASA)开发的专家系统开发工具。该系统最初用于美国航空航天控制领域,具有很高的可靠性。其推理算法采用先进的 RETE 算法,并用 C 语言实现,使之具有很高的推理效率和很好的可移植性。它不但支持基于规则的知识表达方式,而且支持面向对象的知识表达方式,从而非常有利于大型专家系统的开发。

该系统还具有一个鲜明的特点:具有非常优秀的开放性。可以很容易地和其它系统实现无缝的相互集成。例如,可以将计算模块嵌入到 CLIPS 中,以弥补 CLIPS 数值计算功能的不足;也可以将 CLIPS 嵌入到计算模块中,以弥补计算模块逻辑推理功能

的不足。

CLIPS 已在世界范围内得到了广泛的应用。采用 CLIPS 做为本专家系统项目的核心推理模块,保证了本系统将具有领先的逻辑计算能力。

当系统一次方式发生变化时,可以直接调用系统的主接线图和厂站接线图,并在图形上直接改变一次系统的运行方式,如可将母联开关断开,按实际情况投、停发电机和变压器,可以改变变压器的接地方式以及对一个半开关接线方式的厂站进行模拟实际状态的操作等。并能模拟各种故障,进行计算,根据计算结果,校验保护的定值,提出保护的调整方案。并可利用知识库、数据库、短路电流仿真计算程序、保护整定计算程序进行综合分析、逻辑推理后,并提出对策,制定相应继电保护运行管理措施。

推理机还能在某一级保护拒动,或者开关拒动、失灵保护动作或不动作情况下分析相邻开关保护的動作情况。

推理机和专家系统的其它功能模块相对独立。用户可以对知识库、数据库等进行编辑、修改和添加等操作,而不需对推理机做任何修改。

### 3 结语

本专家系统将输入模块、网络拓扑绘图、数据库管理系统、知识库、推理机、整定计算、短路计算、报表输出八大模块集成在一起,为用户提供一个功能完善的解决方案。

#### (1) 可视性

本专家系统以网络拓扑绘图模块为主要的用户界面。用户无需记忆大量的操作命令,只需在其熟

悉的网络接线图上,进行数据录入、修改、查询,进行短路计算,整定计算,启动推理机进行推理计算。通过计算的可视化,可以大大缩短用户学习时间,提高工作效率,避免由于大量命令行交互带来的操作错误。

#### (2) 智能性

通过建立规则库和专家经验库,可以将系统的逻辑推理功能和 PSS/E 的原有数值计算功能紧密地结合到一起,从而大大地提高决策的智能性以及计算的有效性。

#### (3) 安全性

用户分别具有不同级别的使用权限,相应地对系统具有不同的控制能力。

#### (4) 适应性

根据用户需要,本系统可以运行于 Windows NT 平台。

#### (5) 开放性

程序为用户提供一个开放的平台,不论是整定计算原则的变更或整定书格式的变化,还是数据库的充实和更新,都可由用户在应用过程中不断积累修改,程序均能适应并统一管理。

收稿日期: 2001-12-05

作者简介:

聂宇本(1969-),女,工程硕士,高级工程师,研究方向为专家系统在继电保护生产管理中的应用。

高翔(1962-),男,高级工程师。

张沛超(1970-),硕士,讲师,研究方向为人工智能在电力系统中的应用。

### Development about expert system of daily performance management for relay protection

NIE Yu-ben<sup>1</sup>, GAO Xiang<sup>2</sup>, ZHANG Pei-chao<sup>1</sup>

(1. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China; 2. East China Power Dispatching Control Center, Shanghai 200002, China)

**Abstract:** According to performance management experiences of relay protection in Huadong electric network for many years, the authors put forward preliminary opinion about expert system based on existing setting and management process application.

**Key words:** relay protection; management; expert system

(上接第 46 页)

**Abstract:** This paper expresses the author's opinion on the expert system's application at the Feeder Automation system. By using the expert's special knowledge at this field, the expert system avoids some of the common program's flaw, such as the the maths model's too complicated, data computing amount too heavy, computing time too long and too many load conversion restrict objects during fault judgement, fault separation, and nonfault region's power supply recovery. This method is of some application value.

**Key words:** expert system; feeder automation; fault judgement; fault separation; recovery of power supply