

# 继电保护整定计算专家系统在四川电网的应用

吕飞鹏<sup>1</sup>, 李华强<sup>1</sup>, 张军文<sup>2</sup>, 王建<sup>2</sup>, 杨华<sup>2</sup>, 陈军<sup>2</sup>, 黄震<sup>2</sup>

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 四川电力调度局, 四川 成都 610016)

**摘要:** 介绍了 110~500kV 电网零序电流保护、相间距离保护、接地距离保护整定计算专家系统在四川电网的实际应用情况及其产生的经济效益和社会效益。实际应用表明, 该专家系统具有较高的实用价值和推广应用价值。

**关键词:** 电力系统计算; 继电保护整定计算; 面向对象的专家系统

**中图分类号:** TM771; TM744

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1003-4897(2000)04-0038-03

## 1 引言

随着四川电网的迅速发展, 特别是二滩电站的投运, 四川已形成 220~500kV 电力系统, 电源远离负荷中心, 220kV 电网形成多环、双回线接线的复杂网络结构, 继电保护的整定计算工作更加复杂繁琐, 依靠原来 DOS 环境下的短路电流计算程序来手工整定计算的传统做法需要投入大量人力物力, 十分困难。四川电力调度局于 1996 年 8 月向省电力局申请与四川大学合作研究开发“四川电网继电保护整定计算专家系统”, 省局于 1997 年以川电科(1997)第 31 号文正式下达任务。经过课题组一年多的密切合作和共同努力, 已成功完成该系统的研制任务, 于 1998 年 5 月正式交付使用, 并于 1998 年 12 月通过省局鉴定。

利用该专家系统, 对四川电网 220~500kV 系统保护进行了全面的整定计算, 同时也用传统整定计算方法作了全面计算比较, 证明已能满足保护整定计算的各项要求, 较好地达到了预期目标, 现在已实际应用于四川 220~500kV 电网保护的整定运行。

## 2 使用背景

利用专家系统对四川电网进行保护整定计算是基于二滩电站按计划将于 1998 年 7 月正式并网发电, 四川电网第一次投运多条 500kV 长距离输电线路, 任务紧, 整定计算工作量大, 是历来未有过的, 必须按时完成。

另外, 二滩电站及输电线路的投运, 对四川

220kV 电网的继电保护整定值影响很大, 特别对零序电流保护的影响更大。因为整个电网的短路电流水平增加很大, 原有保护定值已全部不适用, 需要重新整定计算。其次, 根据电网运行方式的变化, 系统短路电流变化很大, 给继电保护的整定计算带来了很大困难。在四川电力调度局给省电力局的报告中指出, 零序电流保护简单、可靠, 但受电网运行方式影响大, 特别是四川电网洪沟、龙王、陈家桥等 500kV 变电站投运后, 对 220kV 电网零序电流保护定值影响较大。例如, 将投产的 220kV 舒平—洪沟线路洪沟侧保护最大、最小短路电流相差 3.5 倍, 龙王站 220kV 出线保护的最大、最小短路电流相差近 3 倍。而且短线路很多, 计算条件非常严峻。

专家系统计算使用的电网原始数据与按常规计算采用的数据基本相同, 但建网时需输入系统最大、最小运行方式两种数据。两种运行方式的所有输电线路全部投运, 其区别在于电厂开机和主变压器运行情况不同。最大运行方式为所有电厂机组全部开机, 各变电站主变压器全部投运, 主变压器中性点按最大接地方式投运。最小运行方式为系统最小开机, 各变电站及电厂主变压器中性点按系统最小接地方式运行。

本专家系统和常规整定计算方法均按电力部颁发整定计算规程并结合四川电网具体情况来进行的, 具体有下列依据:

(1) 继电保护和自动装置技术规程 (GB14285—93, 国家技术监督局发布)。

(2) 220~500kV 电网继电保护装置运行整定规程 (DL/T559—94, 中华人民共和国电力部发布)。

(3) 二滩接入四川电网继电保护整定原则说明 (四川省电力局, 1994 年 4 月批准)。

收稿日期: 1999-09-07

作者简介: 吕飞鹏(1968-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为电力系统继电保护及其综合信息处理智能系统。

### 3 使用过程

该专家系统于 1998 年 3 月初完成后,四川电力调度局为进一步验证其正确性和实用价值,根据计算经验,选择了成都—白马—自贡等较复杂、零序电流保护整定计算难以配合、有 54 条线路和 16 个厂站的局部网络作为算例,进行了全面计算,计算速度非常快。经校算,计算结果完全满足《220~500kV 电网继电保护装置运行整定规程》要求,输出结果和内容也满足四川电网实用要求。

1998 年 4~6 月对二滩电厂接入四川电网的 220~500kV 系统的全网 200 多套保护整定值用该专家系统作了全面计算。同时,用传统算法进行对比计算。两种算法在相同整定条件下,结果完全相同,均满足四川电网运行要求。而且,程序算法考虑问题更全面,计算方式更详尽,结果更准确。1998 年 6 月开始,该计算结果在四川 220~500kV 电网正式采用,经过一年多时间,至今运行情况良好,特别是雷雨季节电网事故多次考验,保护装置全部动作正确,可靠地保证了四川电网的安全稳定运行。

### 4 使用特点

该专家系统全面采用面向对象技术、智能代理者理论、关系数据库理论、动态内存分配技术和异常处理等新技术,利用先进的可视化设计工具,基于 Windows98 平台,实现了电网保护整定计算管理工作全过程的微机化、自动化和智能化,同时保留了人工干预的辅助整定计算方式,建立了与 Windows98 完全一致的可视化窗口计算环境,以及完善的动态帮助提示,操作简便直观。该专家系统具有以下特点:

(1) 计算速度快,提高了工作效率。

对四川 220~500kV 电网(共 80 节点,240 条线路,217 套零序电流保护)进行整定计算,零序电流段需时 2.6min, 段需时 4.5min, 段需时 3.5min, 段需时 4min。可以看出,计算速度是很快的,是人为手工计算的数百倍,提高工作效率是相当可观的。

(2) 计算方式多,可提供电网更准确、可靠的保护整定值,为电网安全稳定运行提供了可靠保证。

程序计算考虑了每套保护在计算方式下与相邻每条线的保护配合段均配合整定,并考虑轮流断开所有接在母线上的线路,均对单相接地短路和两相接地短路进行计算比较,这就避免了人为简化计算时往往凭经验只进行单相接地短路计算而忽略两相

接地短路计算,或者只断开某条线,而不进行全部相邻线的轮流断开计算,因为所需计算量太大。例如,在校验洪龙双回线零序电流保护时,建网过程中校对接线正确性,就是由于手算只计算了单相接地短路,而程序计算了两种短路方式,查了较长时间才核对正确。

另外,程序自动考虑最多断开相邻三条线,并可人为干预指定任意多个元件的开断等特殊运行方式,扩大了应用范围,因而可用于分析系统各种运行方式下保护的动作为,这是其它软件未有的特点。

(3) 在电网扩建或新建部分电网工程时,原网络发生变化,可以利用程序很快对局部电网或全网保护进行计算。不用再象过去那样,人为估计计算范围后,再对局部电网保护进行计算,这样可能造成漏算。这也是本软件的优越性所在。

(4) 计算结果考虑问题全面,输出结果可多可少,使用方便,对分析电网保护配置、保护定值可靠性以及故障时保护动作为分析,提供了更详细、全面的数据资料。

(5) 整定软件使用灵活、方便,结果正确、可靠,既有全网的自动计算,又有辅助的人机干预计算方式。如对特殊要求的电网结构,保留了人为指定计算原则、指定配合对象、指定灵敏度要求等计算方式,可满足实际整定计算中的多种要求,因而具有非常大的灵活性,保证了计算结果的工程实用性。

该整定软件提高计算速度,节约人力,过去计算与校核四川电网零序电流保护方案,传统算法两人需半年时间完成,用该软件计算,最多机器只需 1h 就完成,再加上人为选择定值调整方案,也只需一周时间就可全部完成,可节省大量人力物力。

依靠软件计算所得到保护定值,提高了精度和正确性,确保定值准确可靠,是人为无法比拟的。过去每年校核保护定值,或多或少都有错误,虽不全是定值计算错误,总是由于人为因素所造成。程序计算利用了计算机的高度可靠性,彻底消除了计算错误,从根本上避免了因保护整定值错误引起电网出现较大事故,造成大面积停电、损坏设备等带来的巨大损失,因此具有较大的社会效益和经济效益。

在今年,使用该软件确保了二滩电站接入四川电网工程中及时提供保护整定值。因该工程对四川电网影响大,四川电网绝大部分零序电流保护定值需重新计算,工作量非常大,利用该软件极大地缓解了计算工作量大的矛盾,且确保整定值准确可靠。按时提供了保护整定值,满足了工期要求,并保证了

四川电网的安全稳定运行。

## 5 效益分析

该软件在应用于生产实际之后,可大大提高继电保护整定计算的自动化水平,减少误整定事故,缩短事故处理时间,为正确分析处理事故提供更为准确的依据。使用后所产生的效益主要表现在以下几个方面:

### (1) 经济效益

在使用该专家系统之前,因电力系统的改、扩建工程和系统运行方式的临时变化而导致整个电网网络结构和参数变化,继电保护部门相应的定值计算工作量巨大,要提供出适宜的相关定值的工作需要较长的时间才能完成(具体视电网变化大小而定),以零序保护为例,传统的手工算法是先用短路电流计算程序计算出每套保护被保护线路末端各种运行方式下的单相接地短路、两相接地短路电流以及相邻线路末端单相接地短路、两相接地短路电流(流过本线和相邻线的零序电流),还需考虑相邻线路断开方式,再根据整定原则进行配合计算,最后校验整定值的灵敏度系数,根据配合计算结果选取满足要求的整定值,每套保护都要重复相同的计算过程,整个过程十分复杂,工作量很大。

采用该专家系统,大大缩短了提供出必需定值的时间,从而使电力系统的改、扩建工程的整个工期也相应大大缩短,促进了生产,极大地提高了工作效率,从而也创造出了相应的经济效益。

在管理工作中的整定计算及定值管理方面,因采用了较先进的整定计算专家系统,彻底改变了原有的计算及定值管理方式,极大地减少了出错环节,大大提高了工作效率,节省了大量的人力物力,二滩电站接入四川电网保护整定计算能提前完成,确保

工期,就是一典型例子。利用该专家系统,不仅使定值计算向自动化、智能化方向迈进了一步,而且还使定值以标准化格式直接输出,加强了企业内部的标准化管理工作和信息共享。

### (2) 社会效益

该专家系统投入运行后,立即会产生直接的、间接的社会效益。它不仅可以及时为电网的临时变化以最快的速度给出适宜的定值,还可直接减少误整定事故和因事故而发生的停、断电时间。一方面有利于电网的安全稳定运行,另一方面又能使拉闸限电次数减少到最少,既为电力部门增加电费收入,又使用户有更多的电能用于生产,为社会创造更多财富。另外,工作效率的提高,减少了因停电给用户带来不便的时间,也较好的配合了电力各部门的行风建设的开展,为电力部门在用户心中树立了良好的新形象做出贡献。

从年节约资金的角度考虑,电网越大采用该专家系统其经济效益和社会效益越高。

### (3) 推广应用前景

该专家系统不仅适用于各供电局的继电保护定值计算,更适用于各省、网调以上的调度继保部门的定值计算及管理工作,电网越大,越能体现出其使用价值。经一年多的实际应用,证明了它完全能满足电力安全生产的需要,具有极其广泛的应用前景和推广价值。

## 6 结束语

该专家系统全面提高了四川电网保护整定计算管理工作的自动化水平,确保了保护定值的准确性,对电力系统安全稳定运行具有重要的经济价值和现实意义,并具有较高的实用价值和推广应用价值。

### Application of the expert system for setting and coordinating protection in Sichuan power networks

L ÜFei-peng<sup>1</sup>, LI Hua-qiang<sup>1</sup>, ZHANG Jun-wen<sup>2</sup>, WANG Jian<sup>2</sup>, CHEN Jun<sup>2</sup>, YANG Hua<sup>2</sup>, HUANG Zhen<sup>2</sup>

(1. Sichuan University, Chengdu 610065, China 2. Sichuan Power Dispatch Bureau, Chengdu 610016, China)

**Abstract:** This paper introduces briefly the application facts, economic and social benefits of the expert system successfully developed by the authors for setting protection in Sichuan 110~500 kV transmission network. It is revealed through over one year's practice that this expert system is worth employing and popularizing.

**Keywords:** power system computation; power system protection setting and coordinating; object-oriented expert system