

Abstract

Protection relay setting properly is the key of running a power grid safely. A perfect setting demands much expert knowledge and a great deal of calculations. The developments of computer technologies and artificial intelligence make it possible to accomplish this work by computer.

Regional Power System is a special kind of power grid in china, and it differ from the normal power grid by possessing all kinds of special characters, therefore its relay setting has particularity, sometimes, and setting its relays needs more expert knowledge.

Almost all traditional relay setting software are programmed to serve the large power grid, so they can't content the desire of Regional Power System. This paper summarizes and analyzes the particularity of Regional Power System. A new object-oriental decentralized expert system is presented. Rules can be added or deleted by consumers conveniently to adapt various power grids. Behind the expert system, there is a powerful database system, and all kinds of data, including power system data and setting values, are managed by it.

This relay setting software is composed by the expert system, a database system and a failure-calculating module. It has simple structure, so it is very convenient to maintain it. This software has lots of functions such as relay setting, management of database system and management of relay values, so it can satisfy the relay setting of Regional Power System.

After the design of the whole relay-setting system, some algorithms and relay-setting flows which fit object-oriental method are presented.

Keywords: relay protection setting expert system object-oriental database system

1 绪论

§ 1.1 引言

继电保护是电力系统安全运行的保障。当系统由于自然的、人为的或设备故障等原因,使电网发生故障或不正常状态时,继电保护装置能够迅速将故障部分切除,保证电力系统的安全和稳定,并最大限度的使电网的非故障部分能继续可靠的供电。并且,继电保护不只是电力系统的一个重要部分,而且和电力系统的很多方面都用联系,尤其以和电网的规划和电网调度关系最为密切^{[1][2][4]}。

为了保证电网的安全,继电保护必须满足四个基本要求,即可靠性、选择性、灵敏性和速动性。而为了满足这四性要求,充分发挥继电保护的效能,必须合理的整定定值,保证各保护的相互配合关系。所以说继电保护能否在电力系统中发挥它应有的作用,正确合理的整定是关键^{[32][2]}。

电网继电保护整定是一项很繁琐的工作,需要考虑的因素很多如电网的运行方式、接线方式和电网元件的各种不同特性等。特别是随着电力工业的发展,电网规模愈来愈大,接线方式和运行方式日趋复杂,加上各种电力电子设备的应用,大大提高了保护整定的计算量和复杂性。

由于计算机技术的迅猛发展,尤其是计算机在电力系统的广泛运用,使得摆脱繁琐的整定计算成为可能。实践证明,用计算机进行整定计算可以大幅度提高计算速度,确保定值准确可靠,充分发挥保护装置的效能,防止人为因素产生的误整定,为电力系统的安全运行提供了可靠的保证。

§ 1.2 继电保护整定程序的历史与现状。

70 年代前,保护定值的计算主要是依靠人工,或加上一些简单的工具(各种短路计算台)。其计算量大,花费时间长。例如,光是整定一个跨省电网的零序保护就需要长达 2~3 个月时间。而且计算时多只考虑少数的运行方式,在算法上往往采用很多简化方法来减少工作量,使定值的精度受到限制,而且人工计算正确率无保障^[1]。

从 70 年代开始,保护整定开始向利用数字计算机方向发展。原来定值计算中的

故障分析计算转而由计算机来完成。这样一来,保护整定的工作量大大减小,因为故障分析计算的工作量占整个工作的相当大的份量,并且计算精度也发生了质的改变,因为手工计算中为了减少劳动强度的简化方法可以不再使用。但是这种利用计算机计算短路电流的方法仍然需要计算人员用人工的方法调整计算内容、查找计算结果,并用人工的方法最后算出定值。对计算人员的专业技术水平还有相当的要求。

70年代中期以来,应用计算机进行电网保护整定的研究相继展开,并取得了很大的进展。各电力部门、相关高校陆续推出了一批相应的软件。目前,这一项工作已经取得了很大的进展,很多网局和省局及设计部门已经在生产和设计工作中广泛的使用这些软件,并在生产中发挥了很大的作用。

人工智能是一门新的边缘科学,其用途广泛,应用灵活,已经渗透到了各门学科当中,并展现了很好的前景。近年来,国内外也展开了把人工智能引入保护整定计算工作的研究。人工智能的最大特点就是他可以模拟人的思维过程,把专家经验性的知识存于机器,让机器自动完成整定计算中有时必须用人工干预才能完成的工作^[8]。使计算机也有专家推理的能力,让计算机完成只有保护整定专家才能完成的整定计算过程。本文所介绍的继电保护专家系统就是这方面较好的探索。

§ 1.3 现有的整定软件的局限性

国内有关继电保护整定的软件已经在实用的有不少,大多为科研机构或高校和电力部门联合完成,如上海交大和上海市电力公司合作开发的整定软件正用于上海市电力公司和华东的其他一些地区;四川省电力调度通信局和四川大学在98年也联合开发了保护整定计算系统。高校软件方面的优势加上生产部门的运行经验,使得这些软件在功能上基本上都能满足电网安全运行的需要。但是由于整定计算的复杂性和计算机技术发展的日新月异,使得传统的这些软件存在这样或那样的不足和使用上的不方便。表现如下:

1. 不适应地区性小电网。现有的继电保护整定软件几乎都是应用于110kV以上的超高压电力系统,这些软件是针对超高压电力系统的特点开发的,不能很好的适应于电压等级较低,规模较小的地区性小电网,因为小电网在运行方式,拓扑结构和电网元件属性上都和超高压电网有着很大的不同。且这些软件一般价格昂贵,基

层电力企业难以接受。

2. 缺乏数据库管理功能。

3. 没有灵活的适应性。电力系统中存在大量的、模糊的、难以量化的因素，特别是在地方小电网中，不确定、不规范的因素更多。所以这些软件在应用于具体的电网时，可能出现一些定值无法配合的现象。

4. 缺乏操作的简易性。有些整定软件的图形界面较差或者就根本没有图形界面，图形绘制和输出能力较差，让人望而畏难。或者是软件在整定过程中需要运用整定人员的大量整定经验去干预软件的运行，掌握起来非常困难^{[9][32]}。

§ 1.4 本文所作的工作

目前国内的继电保护整定软件虽然已经有了广泛的应用，但是主要还是用于网级、省级和部分地级电网。软件开发商出于经济效益的考虑，也主要把精力专著于这些市场。而那些地方性的小电网，特别是那些以小水电为主的地方政府经营的小电网，电网的特性和大电网有很大的不同。国内面向这种市场的保护整定软件基本还是空白。为了开发一种基于专家系统的用于地方电网的继电保护整定软件，作者做了以下几个方面的工作：

1. 根据地方电网的特点，提出适应这种特点的解决方案。

2. 根据，继电保护整定的基本要求和特点，提出了面相对象的分散式的专家系统并进行专家系统、数据库的设计。

3. 主持系统的主框架的开发和核心部分的编程工作。

2 本系统概述

§ 2.1 面向地方电网设计

在我国,大部分地区的电力负荷由国家电力公司所属的大电网提供,但仍有相当多的地方由地方政府所属的地方电网供电。这些电网相对于国家电网来说,有自己的特点,主要表现为:

1. 这些电网一般规模较小,但是自成体系,有自己的众多电源和用户,一般通过一点和国家电网连接,以维持峰谷平衡和频率稳定。和国家电网属于弱连接,所以稳定性差。

2. 电网大多位于水利资源丰富的山区,自然、气候条件复杂,如年均雷暴日大大多于其他地区,复杂的气候条件往往能大幅度提高电网事故的发生频率。

3. 由于电网建设资金为地方政府自筹,资金一般不太充足,所以电网的建设受制于资金的短缺,电网网架往往很薄弱,设备落后,接线不规范,电网故障发生频率相对大于大电网。

4. 电网内小水电丰富,小电源众多,这些小水电一般库容很小或者无库容,调节能力差,所以根据降水量的多少频繁的开停机组,造成电网运行方式复杂。

地方电网的以上特点决定了电网供电的安全性、稳定性差,故障频繁。因此合理整定各继电保护的定值,保证继电保护的选择性,可靠性,速动性,灵敏性,对于地方电网的安全可靠供电就尤其显得重要了。

一个优秀的整定方案的制定除了需要技术人员能正确的运用已有的整定原则,而且需要技术人员有丰富的实践知识,对各种特殊情况能够灵活处理。在地方电网中,这种需要特殊处理的情况则更加普遍,主要表现为:

1. 运行方式随意性大,使得系统内的保护定值难以协调。

2. 另外地方电网存在大量的短线路,短线路的定值的配合问题,对于多数技术人员来说是一个棘手的问题。

3. 络接线不规范,例如:难以进行定值配合的 T 接方式还普遍存在于各地方电网中,难以整定。

诸如此类的这些问题给继电保护整定造成的困难并无一个程序化的解决方案，且由于我国国情的原因，地方电网的技术人员的专业技术水平相对较低，更加加剧了这种矛盾的激烈程度。

为了解决地方电网保护整定的这些特殊问题，传统的整定计算程序也显得无能为力，专家系统的引入就能很好的解决了这个问题，其优势就在于它能从整定计算专家的实践经验中萃取启发性知识，用以解决各种特殊情况。

本系统是针对地方电网的继电保护整定开发的，保护整定功能是基于专家系统的；数据管理是基于数据库的。

§ 2.2 本系统的特点

本保护整定系统具有结构简单，维护方便，适应范围广泛等突出优点。特点主要如下：

1. 本系统是基于专家系统和数据库技术的。专家系统和数据库技术都是新的计算机技术，二者的结合能充分发挥各自的长处。专家系统用于保护整定计算和各种特殊情况的处理，是整定计算的核心部分，数据库用于整定所需要的各种数据的管理，方便于用户使用。

2. 系统是模块化的系统，结构清晰，各模块功能相互独立，便于维护。如下图(2-1)：

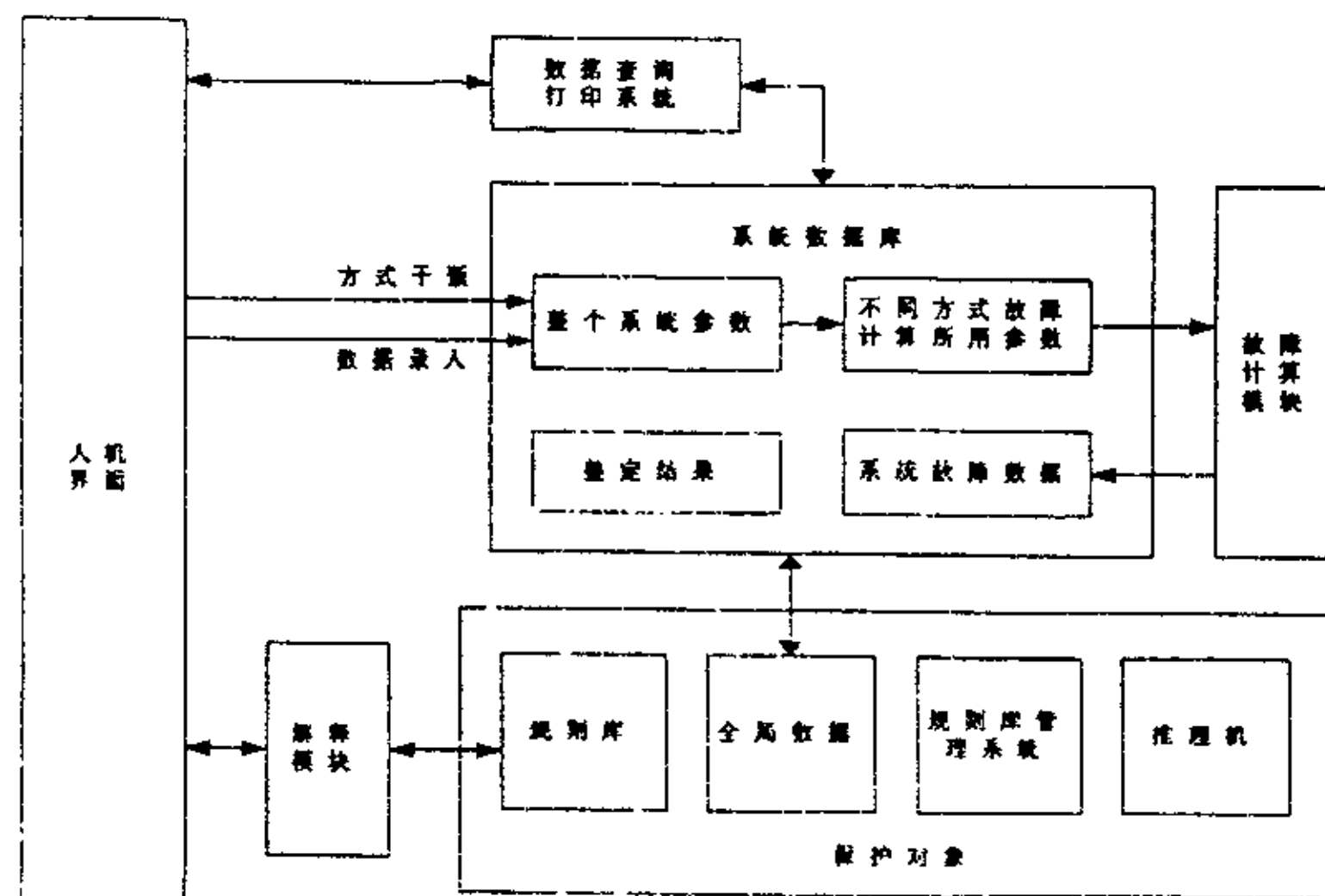


图 2-1 保护整定系统结构图

§ 2.3 组成部分和各自功能

本系统主要由四部分组成：即人机界面，数据库，故障计算模块，专家系统（定值整定系统）。

一、人机界面是系统和用户交流的通道，本系统中人机界面的功能如下：

1. 通过其完成保护整定所需的数据的输入，包括电网的拓扑结构，各元件参数，系统运行方式参数。

2. 用于待整定电网的特殊整定规则的输入。

3. 可以通过界面查询各种电网参数、各线路保护的配置情况及定值数据，并可以分类打印。

4. 浏览规则库中已有的规则。

二、数据库用于存储各种整定用数据和计算过程中的中间数据，保护整定结果数据也存于该数据库，便于用户检索。

三、故障计算模块用于电网的各种假设的故障计算，有关电网故障计算的程序由于研究较早，规范性较强，通用性好，所以现在已经非常成熟，上世纪八十年代初就得到了广泛应用。本系统中的故障计算模块就是利用已有的电网故障计算程序，对其加以改造，形成动态连接库（DLL）文件，以便系统方便的调用。

四、专家系统模块是本系统的核心部分，模块利用数据库内的系统参数和由故障计算模块算出的故障数据进行整定计算，并和数据库进行数据交换，完成整定，并把整定结果存入数据库^{[7][17][19]}。

3 面向对象的专家系统

§ 3.1 专家系统的历史与发展及其在电气领域的应用

人工智能 (Artificial Intelligence), 即所谓的机器智能的出现通常被认为开始于 1960 年代左右, 当时 MIT 的 John McCarthy 创立了 LISP——第一个用于人工智能的语言。随后出现了雏形的人工智能系统, 如 Joseph Weizenbaum 的 ELIZA 系统。到了七十年代末, AI 的几个特别领域, 如自然语言处理, 知识表达和问题求解等取得了一些成功, 这些成功的奠定了第一个商业化的 AI 产品专家系统引入的基础。

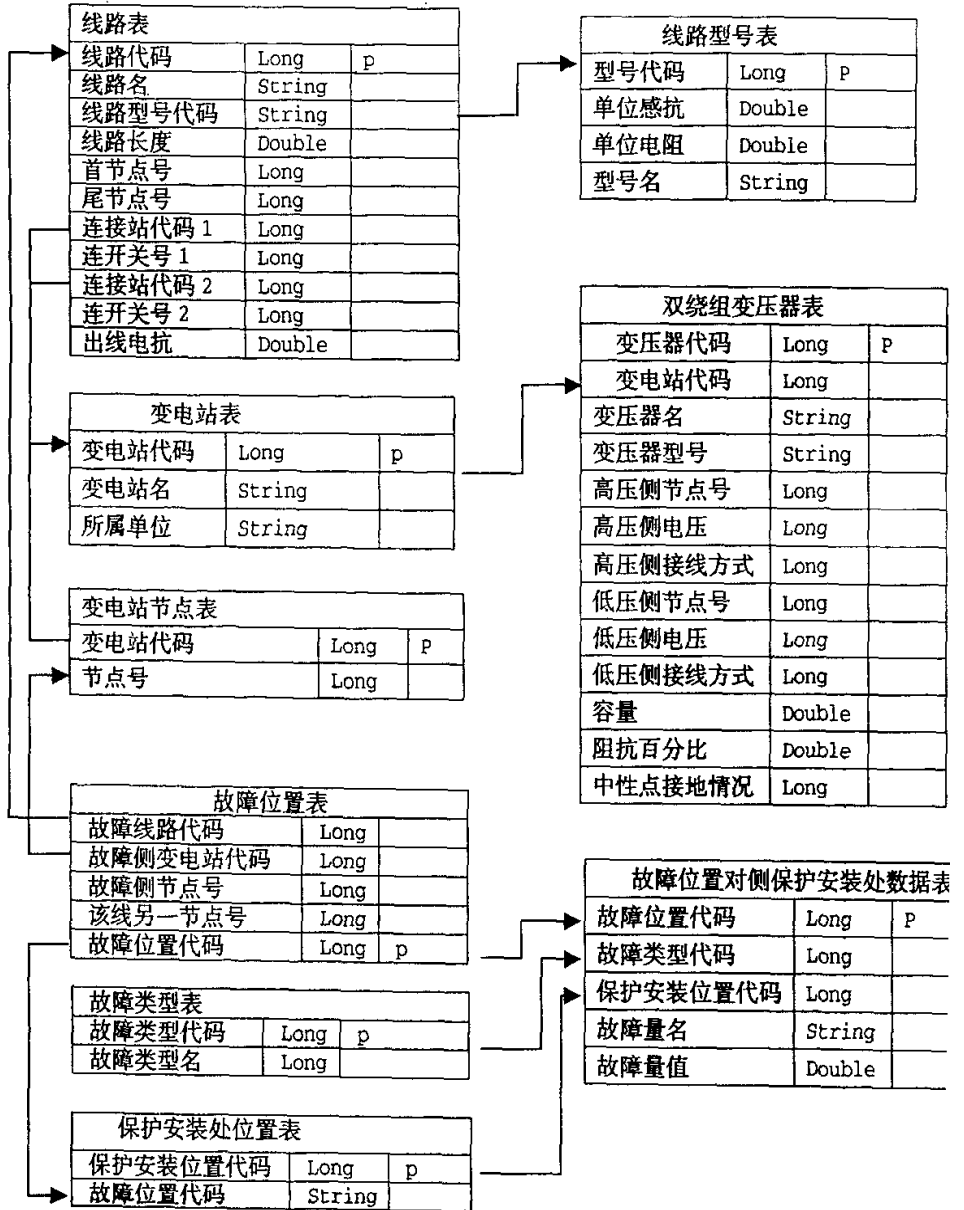
里产生了革命性的影响。面向对象的方法和人脑认识和分析自然界存在的客观物体的方法是一致的。

自然界是由一个个客观对象组成，

语言的基础上增加了对面向对象程序设计的支持。其特点是即支持传统的面向过程的程序设计，又支持新的面向对象的程序设计。C++语言有 C 语言的丰富的应用基础和

同样，每一条整定规则也是一个

附录:



整定计算过程的实现也是系统各个部分的相互配合的过程，下面的整定计算的总流程图（如图 5-1）说明这个过程。

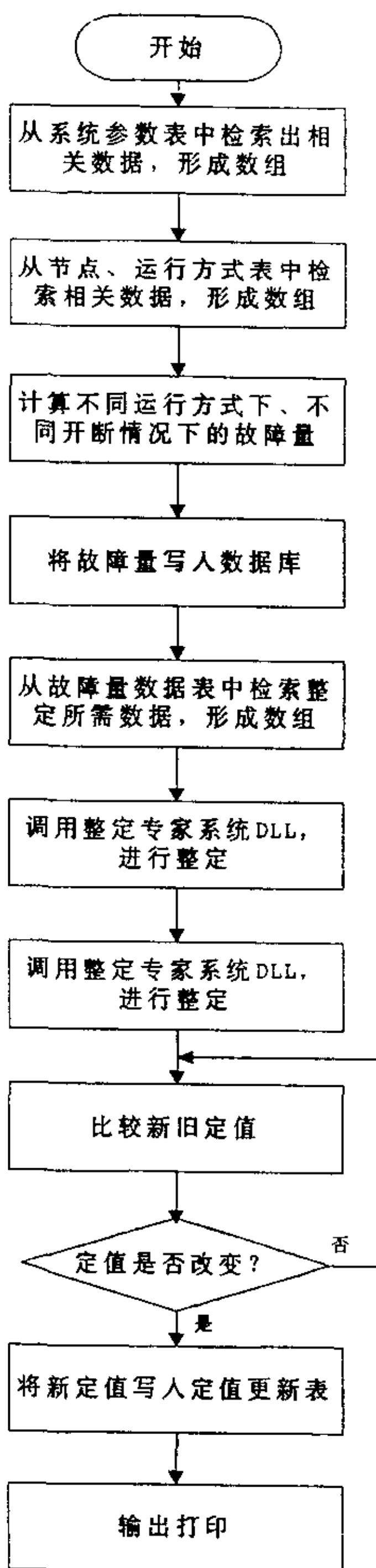


图 5-1 系统总的实现流程

由数据可知，用本系统整定的定值和专家知识的人工整定的定值非常接近。而用传统的整定程序整定时，在一些特殊线路上就不能正确整定。证明本系统在特殊情况下的适应性。

附录 作者在研究生阶段发表的论文

1. 赵旋宇 游大海 尹项根 地方电网继电保护整定计算专家系统的研究
2001.10 《继电器》
2. 楚丰 赵旋宇 游大海 整合的变电站自动化系统 2001.3 《继电器》