

高压电网零序电流保护整定计算 专家系统的研究

陈永琳 李红军 王 乡 北京松和电脑有限公司 (102609)

【摘要】 应用专家系统理论及智能化程序设计方法,结合常规的零序电流保护整定计算,研制了一套零序电流保护整定计算专家系统。该系统较好地完成了数值计算与逻辑推理的有效结合,便于专家系统行为的实现。经实例计算,结果满足要求。

【关键词】 继电保护整定计算 专家系统

引言

整定计算的基本任务是给出各种继电保护的定值,对整个系统的全部或部分保护来说,则需要编制出一套整定方案,它应既要发挥每一套保护的长处,又要考虑整体的保护效果,一个优秀的整定方案的出台是与从事整定计算的工程技术人员的实践经验、对各种整定原则的熟练程度、对各种保护的运行特征的了解以及思维方式是密不可分的,而且整定方案也不是一成不变的,当电力系统的运行情况的变化超出其预定的适应范围时,则需要对全部或部分继电保护重新进行整定,以适应新的运行需要。专家系统技术引入计算机辅助整定计算可以很好的适应这一变化,它可以将整定方案以特定的知识表示存储在知识库中,并使其能通过随整定方案的变化而更新知识库的内容来实现,从而使整定计算自始至终都以最新的方案为推理基础。

一般而言,继电保护整定计算有着一定整定原则,但是一旦问题具体化涉及到实际的网络时,出现的各种矛盾仅仅靠基本原则是很难解决的,其中人为的因素占了举足轻重的作用。如:在阶段式保护的整定中,常常有环锁现象发生,此时断口(Break point)的选择对以后的整定计算是至关重要的;有很多情况下,保护定值的给出很难做到既能适应复杂的配合关系,又能满足灵敏度的要求。这些问题是很难拿出一套程式化的解决方案的,往往是具体问题具体分析。这些问题的出现使得传统的整定计算软件很棘手,而专家系统技术的优势就在于解决这一类非程式化的问题,它可以通过将从事整定计算的工程技术人员(专家)的长期的实践经验萃取为启发性知识,使之有效的解决矛盾。

继电保护与专家系统技术的结合有着传统方法所不可比拟的优越性,大大地提高了计算机辅助整定计算的适应性以及可操作性,是切实可行的和必要的。

本文介绍的是一个电压电网零序电流保护整定计算专家系统,该系统的开发是在我国电网运行部门使用的常规零序电流保护整定计算程序的基础上,应用专家系统理论及智能化程序设计方法来实现的,该系统用 Turbo p rolog 和 FORTRAN 语言编制,较好地实现了数值计算和逻辑推理的有效结合,具有应用灵活、运用性强、易于维护等优点。

1 零序电流保护整定计算专家系统的总体结构

继电保护整定计算专家系统的首要问题是逻辑推理与数值计算的有效结合,这也是专家

系统技术应用在电力系统继电保护整定计算领域与其它领域的不同之处。

本系统的数值计算与逻辑推理的结合采用复杂的数值计算与整定配合计算相分离的基本思想,我们将总的整定计算过程分为:故障计算和整定计算两大部分。故障计算部分主要完成以下功能:最大、最小短路电流的计算;电力系统振荡的计算;分支系数的计算;整定计算部分将完成如下功能:各段保护定值计算,灵敏度的计算,定值的比较配合等。故障计算部分和整定计算部分处于同等的地位,且相互独立、相互分离。故障计算部分的作用是为整定计算部分提供充分必要的的数据准备,并且所有的数据将一次性全部给出。

由于在电力系统计算中故障计算已比较成熟,可以通过修改已有的成形的软件来实现整定计算的所需基本数据的获得,这样做的另一优点是大大提高了本系统的适应性、灵活性,即它可以和不同的故障计算软件相结合,而整定计算部分不作修改。

本系统的总体构图如图 1 所示,主要模块的功能是:

1) 故障计算模块:在本系统中故障计算模块主要是进行各种模拟故障、分支系数的计算,在整个整定计算开始之前,此模块将完成所有的数据准备。

2) 整定配合模块:本模块用以完成各段保护定值的整定,在每段保护整定中又分为定值的初步整定、定值的检验、定值的修正及人工干预四大部分。在模块中提供了优良的人机界面,使得整定计算人员在有充分的信息的基础上干预定值的计算。

3) 知识库管理模块:本系统的知识库管理模块主要完成对整定计算规则库的基本操作,包括保护整定计算规则的修改、追加、删除、浏览四项功能。在进行本模块的开发时,系统内置了一套零序电流保护计算的基本规则,在用户进行规则的管理时可以给出相应的推荐方案,供用户参考,本模块可以对零序保护整定计算的规则库进行日常的维护,用户可以随时将整定规则的变化通过此模块反应到本系统的规则库中,使得规则库的内容始终是最新的,使本系统能够很好的适应系统中的新情况的发生,这样大大地提高了本专家系统的适应性。

4) 解释模块:解释模块主要是为了提高本系统的透明度,本模块的主要功能是向用户提供整定计算的详细过程,包括整定计算的推理过程、规则的运用、定值的选择和判断,这些信息将一次性的向用户提供,当用户对某条线路的保护定值的可信度产生疑问时,可以使用本模块,由于本系统的用户一般是从事整定计算的工程技术人员,所以用户具有能够自行判断整定过程的合理性的能力,如果发现问题,用户可以通过知识库管理模块对有问题的整定规则进行修改加以修正错误。

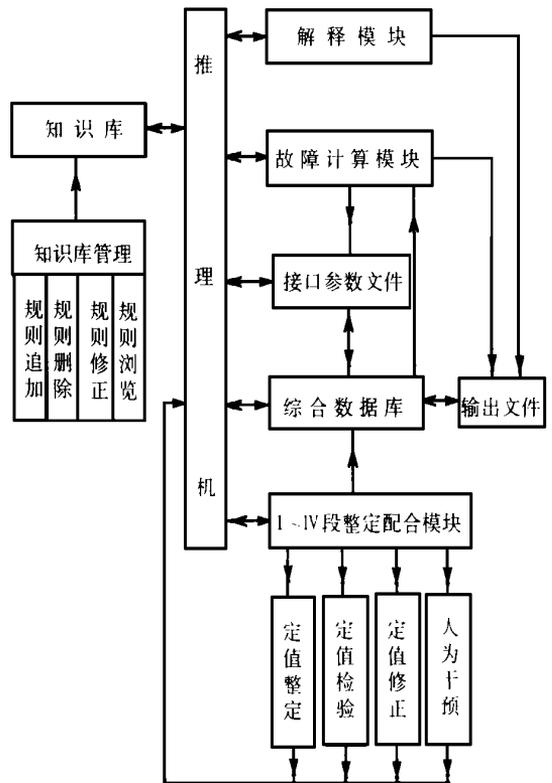


图 1

2 专家系统的知识表示及推理过程

2.1 知识表示

本系统采用框架结构与产生式规则相结合的知识表示方法。

本系统的事实框架如下:

保护主要信息框架:

z1 xi (bra, nod (n1, n2), z1_cha, z1_re, bhxi, chz, dydj)

d1 d1 (bra, bh_nod, dl_max, dl_min, zd_dl)

fzxu (bra, bh_nod, ph_bra, fzxu)

bhxi (bh_No, bh_bra, bh_nod, ph_bra_list)

其中:

z1 xi () ——网络的基本参数信息框架:

bra——支路编号;

z1_cha——支路类型;

bhxi——保护安装信息;

dydj——支路电压等级。

node (n1, n2) ——支路两侧节点编号;

z1_re——支路正序阻抗;

chz——支路重合闸信息;

d1 d1 () ——短路电流信息框架:

bh_nod——保护安装侧结点号;

dl_min——最小短路电流;

dl_max——最大短路电流;

zd_dl——非全相振荡电流。

fzxu () ——分支系数信息框架:

ph_bra——配合支路号;

fzxu——分支系数;

bhxi () ——保护信息框架:

bh_No——保护装置编号;

ph_bra_list——配合支路序列。

整定规则、修正规则等以产生式规则的方式,下面以“Ⅰ段”中的某个整定规则为例来说明:

结论:按躲开线末主变的励磁涌流。

条件:线路类型为终端线路,且“Ⅰ段”定值未给出。

2.2 推理过程

本系统所采用的知识推理过程即是以产生式规则为基础的基本规则的推理。由于在系统网络结构确定之后,规则左部的事实性知识将会十分详尽,故本系统的推理过程是以电网结构为基础的精确推理过程。

下面以Ⅱ段的整定过程为例简单介绍一下本系统的推理过程。Ⅱ段的整定计算可分为三大基本过程:保护定值的初步整定、保护定值的检验、保护定值的修正。Ⅱ段整定的元规则系统如下:

规则 1, 结论:启动Ⅱ段整定计算模块。

条件:当本线路的Ⅱ段无定值。

规则 2, 结论:本条支路定值计算完毕。

条件:本条支路的Ⅱ段定值已经存在且本支路的Ⅱ段定值是人为给定的。

规则 3, 结论:本条支路定值计算完毕。

条件:本条支路的Ⅱ段定值已经存在且灵敏度不满足系统的要求。

规则 4, 结论: 启动定值检验模块。

条件: 本条支路的 II 段定值已经存在且定值非人为给定。

规则 5, 结论: 启动定值修正模块。

条件: 本条支路的 II 段定值已经存在且灵敏度不满足系统的要求。

规则 6, 结论: 本条支路定值计算完毕。

条件: 本条支路的 II 段定值已经修正且灵敏度满足系统的要求。

规则 7, 结论: 启动人机界面干预整定计算。

条件: 本条支路的 II 段定值已经修正且灵敏度不满足系统的要求。

基于这七条规则, 我们采用深度优先的控制策略来实现本推理过程, 以上的规则主要是用来调度定值整定、定值检验、定值修正、人为干预整定四大基本模块, 用以完成对本专家系统的整定计算部分的总体协调。其推理过程可以用下面的树型结构图 2 来表示。

3 综合数据库和知识库

本保护的綜合数据库主要存放两类数据: 一类是系统的网架结构的基本参数以及保护定值的整定计算所需的短路参数信息; 二类存放的是保护定值计算的中间结果, 知识推理的中间信息, 整定计算的最终结果。由于零序电流保护整定计算的复杂性, 使得在整定计算过程中的整定推理过程, 定值的较验等过程很复杂, 信息量很大, 因此, 拟定将此綜合数据库建立在扩展内存, 这样设想可以使常规内存大部分或全部均用于整定计算的推理过程, 大大地提高了整定计算的效率。此数据库的作用在于为整定计算的推理过程提供基本前提和事实依据。

知识库主要存放的是整定计算所依据的整定规则: 规则大致分为两大部分, 一类是整定计算所依据的基本整定规则, 这类规则的获取主要来自部颁的基本整定原则; 一类是启发式规则, 此类规则是从事整定计算的工程技术人员经验总结。

由于阶段式保护整定计算特点, 即整个电网的整定计算首先是对所有线路的 I 段保护进行整定计算, 然后, 在依次进行所有线路的 II 段保护整定计算, 直至全网的各段保护全部都整定完毕, 由此特点我们可以看出各段的定值整定过程是相对独立的, 这样整定计算的推理过程和规则的应用也是相互独立的, 如: 在进行 II 段整定计算中所依据的规则在进行 III 段整定计算时几乎是不可能被应用的, 于是我们将所有的整定规则按各段分类, 各段的整定计算规则分别管理。

4 数据接口程序

由于本零序电流保护整定计算专家系统采取故障计算与整定配合计算相分离的基本构想, 其中故障计算部分采用传统的 Fortran 语言编写, 而整定计算部分是以 Turbo prolog 语言为开发工具, 因此两者之间的数据接口问题, 便成为了本系统不可忽视的一个重要问题, 怎样使故障计算部分输出的结果信息为整定计算部分所接受便成了问题的关键。Turbo prolog

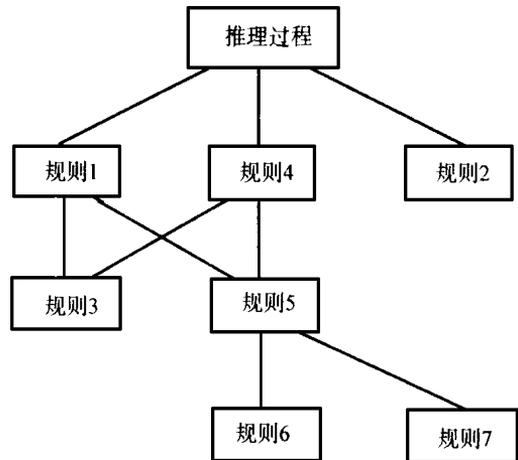


图 2

语言的标准谓词 readtem 谓词使这一问题得以简化。

谓词 readtem 的功能是: 从给定域读一个项。谓词的说明形式: readtem (Domain, Tem)。其中 Domain 为域名; Tem 为被读项的具体表达式。readtem 可以从任何域中读项。

谓词 readtem 使得存取文件中的事实成为可能, 它可以读谓词 write 所写的任何对象, 而且其最大的优点是它也接受 Fortran 语言中函数 write 的输出结果, 本系统的数据接口程序的作用就是将 FORTRAN 语言编写故障计算程序的计算结果转化成 readtem 谓词可以接受的形式, 接口程序将完成对电网基本参数、各种故障计算的结果、分支系数等数据格式的转换。

5 结论

本文比较成功的将专家系统技术应用到零序保护整定计算中, 并完成了高压电网零序电流整定计算专家系统软件的开发。经实际网络验算, 结果满足要求。本系统在完成常规整定计算的基本要求的基础上, 具有以下特色:

- 1) 由于本系统中整定规则与整定的推理机制相分离, 并且提供了有关规则的基本维护功能, 大大地提高了本系统的适应性。
- 2) 本系统在整定过程中, 通过优良的人机界面给出了详细的信息, 供用户在进行人为干预整定计算时参考。
- 3) 本系统的解释功能可以使用户对整定过程一目了然, 提高了整定计算的透明度和可信度。
- 4) 本系统在 TH、UCDOS 等汉字操作系统的支持下, 提供了全部汉字的人机界面, 整定操作简便易行。

参考文献

- 1 陈永琳 电力系统继电保护的计算机整定计算. 水利电力出版社, 1994 10
- 2 [德] JANSON 著. 李聪译. TURBO—PROLOG 与专家系统. 电子工业出版社, 1994. 4
- 3 L. L. Lai, An Expert System Used in Power System Protection. Preprints of 1989 IFAC Symposium on Power Systems and Power Plant Control
- 4 S. Gora, P. Kacejko, Application of Expert Systems for Determination of Protective Devices Settings. Second Symposium on Expert Systems' Application to Power Systems, July 17- 20 1989, SEA TLE, U SA

RELAY

Vol. 25 No. 5

Oct 1997

CONTENTS AND ABSTRACTS (Partial)

THEORETICAL STUDY AND APPLICATION

Research on the Expert System of Setting Calculation for Zero- Sequence Current Protection of HV network **Chen Yonglin et al(1)**

Applying expert system theory and intelligent program designing method and combining conventional setting calculation of zero- sequence current protection, an expert system of setting calculation for zero- sequence current protection has been developed. The system better realizes the effective combination of value calculation and logic inference and is easy for realization of the expert system's behaviour. By practical calculation, its result can satisfy the requirement.

Keywords: Setting calculation of protective relay Expert system

Parallel Multiloop Transmission Lines Produce Circulating Current and its Compensation

..... **Wei Gang, Zhang Yichen (6)**

This paper discusses when parallel multiloop transmission lines may result in induced voltage and circulating current. The EMTP program is used to compute model system. The method for compensation of circulating current is discussed and the method is effective for distortionless operation of protective relays.

Keywords: Multiloop transmission line Parallel Circulating current Compensation

Discussion on the Problems Existing in Phase- Comparison Pilot Relay **Yang Chuenming et al(11)**

After analyzing the problems of analog phase- comparison pilot relays that run in our power system, this paper discusses some difficulties when realizing digital phase- comparison relay according to the approach of realizing analog phase- comparison relay. In the same time, the paper analyzes the existing problems of power line carrier and provides the corresponding resolving method. Some foundation viewpoints for the design of new type digital phase- comparison relay are presented.

Keywords: Phase- comparison pilot relay Microprocessor- based protective device Power line carrier communication system

A New Approach of Evaluating Phasor Mode **Zhou Dam in (15)**

A new approach of evaluating phasor mode is presented in this paper. Contrasting with other methods, the approach is of higher approaching accuracy, and in four subdivisions its maximum error is less than $7.87510^{-3}\%$. Thus it is of higher practical value in microprocessor- based protective and control devices.

Keywords: Evaluating phasor mode Approach

A Kind of Approach for Judging Metal- Fault **Cui Jingan Wang Anding (18)**

A kind of approach for judging metal- fault is presented basing on the practical case that majority of locating algorithms from single- end can evaluate accurate fault distance at metal fault or short- circuit with less transient resistance. The approach is tested using EMTP and its result proves the approach is correct.

Key words: Fault HV transmission line Short- circuit

NEW TECHNIQUE AND SCHEME

Initial Discussion on Transmitting Protection Signal on Power- Line Carrier in Multi- Purpose Mode **Jiang Lin in (21)**

A kind of HF protection communication- "transmitting audio protection signal on PLC in multi- purpose mode" is discussed in this paper. Because of increasing shortage of carrier frequency on power network, demand on using channel in multi- purpose mode is increasing strongly. Using PLC to transmit protection signal is an economic and reliable transmission mode, no matter now or in the future. Transmitting audio protection signal on PLC in multi- purpose mode belongs in 'edge science' between communication field and protection field and needs engineers of the two fields to make research together.

Keywords: PLC Teleprotection Simultaneous multi- purpose Alternative multi- purpose

The New Microprocessor- Based Overload Protection Scheme of Motor through Accumulated Stator Current **Xu Lei, Xu Xianrong (27)**