

中国电力出版社

高压输电线路微机保护

四川省电力工业局
四川省电力教育协会

编



中国电力出版社

TV-2007

412463

电力技术继续教育科目指南丛书

高压输电线路微机保护

四川省电力工业局
四川省电力教育协会 编



中国电力出版社

内 容 提 要

本书为《电力技术继续教育科目指南丛书》之一。书中首先介绍了计算机基础常识、电力系统短路计算,接着讲解了11型系列和900系列微机保护各元件的算法,其三阐述了微机保护硬件及其组成、原理、结构等知识,其四讲解了微机保护装置软件的基本结构和11型线路保护软件结构,最后介绍了微机保护研制和运行情况。

全书密切联系电力系统实际,注重针对性、实用性、科学性和先进性,可作为电力系统专业技术人员和管理人员进行继续教育的培训教材,也可作为电力专业大中专院校参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

高压输电线路微机保护/四川省电力工业局四川省电力教育协会编.-北京:中国电力出版社,1998

(电力技术继续教育科目指南丛书)

ISBN 7-80125-714-6

I. 高… II. 四… III. 高电压-输电线路-继电保护-计算机应用 IV. TM726.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 11800 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 邮政编码100044)

三河市实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

1998年7月第一版 1998年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 4.5印张 94千字

印数 0001—4100册 定价 17.50元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

关于推荐使用 “电力技术继续教育丛书” 的通知

教成 [1998] 11 号

为了促进电力企业专业管理人员和专业技术人员的继续教育和岗位培训工作，四川省电力工业局、四川省电力教育协会组织编写，并由中国电力出版社出版了“电力技术继续教育丛书”八种，谨向各单位推荐使用。

中电联教育培训部

一九九八年三月十六日

《电力技术继续教育科目指南丛书》

编 委 会

主任委员： 晏玉清
副主任委员： 王龙陵 沈迪民 丁福煜 杨纯龙
委 员： 赵兴康 朱国俊 王 旭 胡家明
李小白 熊回川 张德范 向 进
刘兴仁 杨胜渤 廖永纲 林文静

总 编： 丁福煜
副 总 编： 王 旭 杨胜渤
主 审： 赵兴康 朱国俊

《高压输电线微机保护》

编 审 人 员

黄 惠 周一平 张德威
马 玲 李天华 王 伟
郑 中 赵兴康 苏少春

序

为贯彻《中国教育改革和发展纲要》中提出的职工教育要“把大力开展岗位培训和继续教育作为重点，重视从业人员的知识更新”的要求，使职工教育工作更好地为电力系统专业技术人员和管理人员拓展专业知识，提高专业技术水平和管理能力服务，为电力企业安全文明生产“双达标”、“创一流”服务，为促进电力事业的发展服务，在四川省电力工业局的领导下，四川省电力教育协会与四川省电力工业局教育处组织一批专家、教授和工程技术人员，联系电力系统的实际，结合国内外电力技术现状及发展方向，贯彻继续教育面向现代化、面向世界、面向未来的方针，注重针对性、实用性、科学性和先进性，编写了这一套《电力技术继续教育科目指南丛书》，作为对电力系统专业技术人员进行继续教育的培训教材，也为电力系统的管理人员提供一套学习资料。

本丛书共十一册，其中：《高压输电线路微机保护》、《电网无功电压管理与电压稳定》、《电网防污闪技术》、《汽轮发电机组提动》、《变电所自动化技术与无人值班》、《水电站综合自动化》、《信息高速公路与企业网》、《循环流化床燃烧技术》等八册由中国电力

出版社出版发行。另三册，即《数字数据网 (DDN) 通信技术》、《分散控制系统 (DCS) 及其应用》、《热管应用及前景》由四川省电力工业局作为资料印发。

本丛书在编写与审稿全过程中，得到了四川省电力工业局领导和有关处室的大力支持与帮助。承担编写工作的四川电力试验研究院、四川电力调度局、重庆电力职工大学、成都电力职工大学、重庆大学、成都电业局、龚咀水力发电总厂、内江发电总厂、成都本力发电学校、都江堰电力设备厂等单位以及重庆市电力工业局为丛书的编写提供了良好的工作条件，给予了极大的支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，错漏在所难免，诚望读者指正。

《电力技术继续教育科目指南丛书》

编 委 会

1998年3月

前 言

根据电力工业部人事教育司、中国电力企业联合会教育培训部以及四川省电力工业局关于开展职工继续教育工作的布署,1997年四川省电力工业局继续教育工作在普遍号召全面推动的同时,重点抓好高压输电线路微机保护等11个科目的继续教育科目指南的编写和培训工作。

微机保护与常规保护相比,有着自己的特点和优势,从国内外继电保护的发展趋势来看,微机保护是继电保护的发展方向,因此,如何管好、用好微机保护是摆在继电保护各级管理人员和工程技术人员面前的一项新课题。

《高压输电线路微机保护》一书的主要内容是:

- (1)微机保护的基础知识。
- (2)微机保护的硬件和软件。
- (3)微机保护的研制和运行情况。

本书作为电力系统继续教育的培训教材。通过培训,使继电保护的育理人员和技术人员对微机保护的软硬件构成、现场使用以及运行维护等问题有一个深入的了解和提高。由于微机保护涉及到的基础理论和

应用技术的知识面很广,难于在一本培训教材中全部体现,因此本书中的一部分内容是由作者摘录规程或参考书中的有关章节并精炼、浓缩后放入本书的。还有一些内容是作者根据近年来微机保护的研制和运行情况编写的。希望读者在读完本书后,对微机保护的基础理论和实际应用均能有较全面、深刻的认识和了解。

本书由重庆电力职工大学的黄惠、周一平,成都电力职工大学的张德成、马玲,四川电力调度局李天华、王伟、郑中同志编写。四川电力调度局赵兴康同志和省局生技处的苏少春同志指导本书的编写,并提出了很多宝贵意见。

由于作者水平有限,本书指南中难免有不当之处,恳请读者提出,以便更正。

编 者

1998年3月

目 录

序

前 言

第一章	计算机基础常识	1
第一节	引言	1
第二节	计算机中的数制	4
第二章	电力系统短第计算	14
第一节	概述	14
第二节	三相短路	15
第三节	对称分量法	19
第四节	电力系统简单不对称短路计算	25
第三章	微机保护算法	30
第一节	引言	30
第二节	11 型系列微机保护各元件的算法	31
第三节	900 系列微机保护各元件的算法	37
第四章	微机保护硬件	41
第一节	微机保护基本系统	41
第二节	辅助变换器	43
第三节	低通滤波器	43
第四节	采样/保持器	45
第五节	多路开关	48

第六节	数/模变换器(D/A)	50
第七节	模/数变换器(A/D)	54
第八节	VFC 型模/数变换器	68
第九节	微型计算机	78
第十节	输入输出设备	85
第五章	微机保护软件	91
第一节	微机保护装置软件的基本结构	91
第二节	11 型线路保护装置距离保护软件结构	92
第六章	微机保护研制和运行情况	116
第一节	国内外微机保护研制情况	116
第二节	微机保护在四川电网运行情况	126

第一章

计算机基础常识

第一节 引言

一、电子计算机发展概况

电子数字计算机是一种能自动、高速、精确地完成各种信息的存储、数字计算和控制处理功能的电子机器。因它的基本功能最早是数字计算,且组成它的物质基础主要是电子器件,故称为电子数字计算机,简称电子计算机。

世界上公认的第一台电子计算机——电子数字积分计算机,简称 ENIAC(埃尼阿克)1946 年在美国诞生。至今计算机才经历 40 几个春秋,但计算机系统和计算机应用却已得到飞速发展。计算机的发展是由“硬件”和“软件”的不断变化互相促进的。因此,要了解计算机的发展概况必须从“硬件”和“软件”的变化开始。

计算机的“硬件”是指机器的实体部分,它是由看得见、摸得着的各种电子元器件,各类机械设备的实物组成的,包括主机、外部设备等。

计算机的“软件”是指用来充分发挥“硬件”功能,提高机器工作效率,便于人们使用的各种各样的系统程序和应用程序。

“硬件”和“软件”是不可分割的统一体。前者是后者的物质基础,而后者又能促进前者发挥最大的效能。它们相辅相

成,互相促进,共同构成了一个完整的计算机系统。

1. “硬件”发展概况

在“硬件”发展过程中,电子器件的变更起到了决定性作用,因此,它成了“硬件”发展中换代的主要标志。大体划分如下:

第一代(1946~1958年)是电子管计算机时代。

第二代(1958~1964年)为晶体管计算机时代。第二代机的主流产品是 IBM7000 系列。

第三代(1965~1970年)集成电路计算机时代。第三代机的主流产品是 IBMSystem/360,对计算机发展产生了极大的影响。

第四代(自 1971 开始)是超大规模集成电路计算机时代。IBM4300 系列、3090 系列等均属这一时代的主流产品,它们都继承了 IBM360 系统的体系结构,使功能得到进一步加强,如数据库管理、虚拟存储、网络管理、图像识别及语言处理等。

当前,第四代计算机技术日趋成熟,并开始向第五代过渡。第五代计算机也称为智能计算机,它能在某种程度上模仿人的推理、联想、学习和记忆等思维功能。这些功能将为计算机开拓更加广泛的应用领域。

2. “软件”发展概况

“软件”的发展,始终围绕着如何便于用户使用,如何充分发挥“硬件”的功能和提高机器效率这样的问题。因此,“软件”的发展大致可分为三个阶段。

1946~1955 年为“软件”发展的第一阶段。在此阶段,程序员只能在熟悉机器内部结构的基础上,采用机器语言来编写解题程序。后来,逐渐形成了面向机器的符号语言和汇编语言。同时,为了提高机器的工作效率,又出现了一些标准子程

序,简单输入/输出管理程序和检测程序。

1956~1965年为“软件”发展的第二阶段。在此阶段,出现了面向用户的高级语言,如FORTRAN、ALGOL60等等。这类高级语言使程序员不必过多的了解机器的内部结构,使用方便。

1966年至今为“软件”发展的第三阶段。在此阶段,各种系统程序设计语言的出现,为软件的开发提供了有力的工具,使软件迅速发展。例如:著名的UNIX操作系统就是用C语言编写的;关系数据库管理系统dBASE也是用C编写的。

尽管软件也有了较大的发展,但与硬件相比,软件发展速度还是十分缓慢的。因此,大力开发软件技术,已是迫在眉睫的任务。

二、电子计算机应用

计算机诞生不久就突破了“计算”的狭义范围,在非数值计算方面找到了大有可为的天地。计算机的应用大致可归纳为数值计算、数据处理、过程控制、计算机辅助设计和模式识别五个方面。

(1)数值计算:主要用于科学研究和工程设计,以便高速度、高精度来解决这些部门较复杂的数学问题。

(2)数据处理:又称信息处理,是指对大量的数据,做综合和分析处理,它与数值计算不同,它不涉及大量复杂的数学问题,只是要求处理的数据量极大,时间性很强。例如人口统计处理、情报检索、银行业务、编辑排版等。

(3)过程控制:这是一种实时控制的应用,要求计算机能及时搜集检测信号,通过计算机处理,发出调节信号对控制对象进行自动调节。在工业生产自动化中,应用十分广泛。如高炮自动调节瞄准系统、炼钢过程的自动控制等。

(4)计算机辅助设计(CAD):计算机辅助设计CAD使设计过程走向半自动化或全自动化,可以大大缩短设计周期,提高设计水平,节省人力和时间。在微电子线路设计、飞机设计、建筑工程设计等领域都有计算机辅助设计软件包。工程设计人员借助计算机的技术资料存储、制图等功能,通过体系模拟、逻辑模拟、插件划分、自动布线等技术,人机会话地进行设计方案优化。计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助测试(CAT)相结合的计算机辅助“一条龙”技术,构成计算机辅助工程(CAE),从而实现计算机在生产过程中的全面应用。

(5)模式识别:模式识别是计算机在模拟人的智能方面的一种应用,这是一个崭新的应用领域。目前,世界各国在这方面的应用发展很快。例如,根据频谱分析的原理,利用计算机对人的声音进行分解、合成,使机器能辨别各种声音。又如,利用计算机来识别各类图像,甚至人的指纹等等。随着人工智能计算机研制工作的迅速展开,计算机在模拟人的智能方面的应用将会愈来愈广。

第二节 计算机中的数制

一、计算机中的数制

计算机最基本的功能是对数进行计算和加工处理,数的表示方法是首先要解决的问题。

1. 二进制数

二进制数有两个特点:

(1)它使用 0、1 两个不同的数字符号,即基数为 2。

(2)它的进位原则是“逢二进一”。因此,数码在不同的数

位所代表的值也是不同的。

【例】 $(1001)_2 = (1 \times 2^3 + 1 \times 2^0)_{10}$

一般,任意一个二进制数 B 可表示成

$$(B)_2 = \sum_{i=n-m}^{n-1} b_i 2^i$$

式中: n 为整数部分的位数; m 为小数部分的位数; b_i 的值为 0 或 1, 取决于 B 的第 i 位值。

计算机中的数为什么采用二进制?

(1) 运算简单。

加法表 $0+0=0, 1+0=0+1=1, 1+1=10$ 。

乘法表 $0 \times 0=0, 0 \times 1=1 \times 0=0, 1 \times 1=1$ 。

运算规则简单, 将大大简化硬件结构。

(2) 易实现且可靠。在计算机内部, 一切信息包括数字、字符、指令等的存储、处理等, 均采用二进制数的形式。数在计算机中是以物理器件的状态来表示的, 一个具有两种不同的稳定状态且能相互转换的器件就可以用来表示一位二进制数“0”和“1”, 采用双稳态元件易实现。例如晶体管的导通与截止, 脉冲的有、无, 电平的高、低等, 只要规定其中的一个状态表示“1”, 则另一状态就表示“0”, 就能用来表示二进制数了。由于双稳态元件状态少, 工作稳定、可靠, 从而保证了系统的稳定性。

(3) 为计算机逻辑设计提供了有利的工具。计算机的基本运算是由逻辑电路来完成的, 采用二进制, 计算机中只进行 0 和 1 的运算, 使逻辑代数成为计算机设计的数学基础。

(4) 节省设备。用十进制数表示 0~99 之间的数, 因个位上有 0~9 十个状态, 十位上有 0~9 十个状态, 要用 20 个状态才能表示 0~99 之间的数。

而用二进制表示 $0 \sim 127$ 之间的数, 因 $(127)_{10} = (1111111)_2$ 七个二进制位, 每位两个状态, 共有 $2 \times 7 = 14$ 个状态, 即可表示 $0 \sim 127$ 之间的数, 可见所用状态数少, 而能表示的数反而大, 故用器件实现时就能节省设备, 且增加组合的数位就能增大数的表示范围和精度。

由此可见, 二进制数具有运算简单、容易实现、可靠等优点, 所以在计算机中采用了二进制数。计算机中的数据和指令都是用二进制数表示的。

2. 十六进制数

目前, 大部分微型机的字长是 4 的整数倍, 所以广泛地采用十六进制数来表示。十六进制数的特点如下:

(1) 具有 16 个数字符号, 采用 $0 \sim 9$ 和 $A \sim F$ 。这 16 个数字符号与十进制数和二进制数之间的关系如表 1-1 所示。

(2) 逢 16 进位。由于是逢 16 进位, 所以同一个数字符号, 在不同的数位所代表的值是不同的, 即每一个数位有一个权与之相对应。小数点左边各数值的权是 16 的正次幂, 小数点右边各数值的权是 16 的负次幂。一个 16 进制数的值可以用它的按权展开式来表示, 即

$$(32)_{16} = 3 \times 16^1 + 2 \times 16^0 = (50)_{10}$$

$$(FF)_{16} = 15 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = (255)_{10}$$

$$(3AB.11)_{16} = 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 1$$

$$\times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = (939.0664)_{10}$$

于是, 一个任意的十六进制数 D 可以表示为

$$\begin{aligned} (D)_{16} &= D_{n-1} \times 16^{n-1} + D_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots \\ &\quad + D_1 \times 16^1 + D_0 \times 16^0 + D_{-1} \times 16^{-1} \\ &\quad + D_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + D_{-m} \times 16^{-m} \end{aligned}$$