

县局电业人员岗位培训教材

主编 孙成宝

继电保护

邵家瑾 杨新民 编

中国电力出版社



华北水利水电学院图书馆



208577538

TM77

S325

县局电业人员岗位培训教材

主编 孙成宝

继电保护

邵家瑾 杨新民 编



中国电力出版社

857753

内 容 提 要

《继电保护》是《县局电业人员岗位培训教材》之一，主要内容包括：原有 35kV 变电所中广泛采用的继电保护和自动装置的基本原理、变电所的控制及操作电源回路、二次回路的安装工艺及故障查找方法、常用继电器的调试及传动试验，也介绍了新近发展无人值班变电所需要的微机保护的结构组成、工作原理和使用方法。本书内容密切结合实际，文字叙述通俗易懂，在讨论基本保护及微机保护原理时，着重物理概念和动作分析。

本书可作为县局电业人员具有初中文化程度的继电保护人员培训用教材，也可供变电运行人员及电气检修人员和电力技工学校学生的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护/孙成宝主编. —北京：中国电力出版社，1998.8

县局电业人员岗位培训教材

ISBN 7-80125-741-3

I. 继… II. 孙… III. 电力系统-继电保护-技术培训-教材 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 12724 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

利森达印务有限公司印刷

各地新华书店经售

1999 年 1 月第 1 版 2002 年 3 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 12.75 印张 282 千字

印数 11001-14000 册 定价 18.00 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)

国家电力公司农电发展局关于征订 《县局电业人员岗位培训教材》 的 通 知

农电〔1998〕17号

各网、省电力局农电局（处）：

为了提高县局电业人员的技术素质和管理水平，根据原电力工业部关于开展电力职工岗位培训工作的部署，按照《电力工人技术等级标准》和《关于电力工人培训教材建设的意见》等有关文件和标准的要求，中国电力出版社编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》丛书。本套教材是针对县电力局各生产岗位的特点编写的，可作为县局电业人员提高管理水平的培训教材。

本套教材将于1998年9月由中国电力出版社出版发行，希望各单位认真做好征订发行工作。

一九九八年八月十二日

序

大力开展职工岗位培训，提高电力生产岗位的工作能力和生产技能，是职工教育培训的重点，也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。而岗位培训教材建设，是搞好培训、提高人员素质、直接为生产服务的一项重要基础工作。

随着电力事业的发展，电力系统容量的增加，高压甚至超高压供电不断增多，新型供用电技术和设备不断涌现，对县局电业人员提出更高要求。为了适应电力生产安全经济运行的需要，提高县局电业人员的技术素质和管理水平，由国家电力公司农电发展局和中国电力出版社共同组织编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》，是县局电力职工培训的一件大事。

《县局电业人员岗位培训教材》具有的特点是：首先，本套教材的编写依据，是部颁《电力工人技术等级标准》、《关于电力工人培训教材建设的意见》以及有关电力生产岗位规范和新颁国家、电力行业标准。其二，以操作技能为主线，强调实用性，从电力生产实际需要和工人实际水平出发，进行设计、编写的，因此不仅适用于具有高中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的县局电业人员，而且对现场工程技术人员也有参考价值。其三，本套教材编写、出版力量强，组织供电企业 30 多位专家和技术人员，他们有相当丰富的工作经验和专业理论水平。另外，作为全国首批认定的 15 家优秀出版社之一的中国电力出版社，领导亲自挂

帅，组织 20 位编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此其质量是高的。

本套教材突出电力行业和岗位培训特点，针对性、适应性强，是全国县局电业人员岗位培训的理想教材。它的出版发行，必将对我国县局电力职工培训工作的有效开展和素质提高，产生积极的影响。

国家电力公司农电发展局局长

杨洪文

1998 年 7 月 4 日

前 言

为配合县局电力系统工人岗位培训工作,提高县局电业人员的理论知识水平和实际操作技能,适应农电事业的发展,编写本书以作全国县局电业继电保护人员的岗位技能培训教材。

本书的内容是由国家电力公司农电发展局和中国电力出版社共同组织和编写,全书约需教学时数 120 学时。

全书共分十一章,内容包括三部分:前六章是常用继电器的结构、原理、参数及农村变电所中输电线路、电力变压器、电力电容器的各种继电保护装置和自动装置的基本原理、接线方式和动作过程,也简要介绍了整定原则;后四章主要介绍二次回路图纸的画法,分析了典型的控制、信号接线图,还讲述了二次回路的施工、控制电缆的敷设、配线等工艺,以及二次回路故障的查找和常用继电器的调试方法等;第十一章微机型继电保护,是为了适应目前中低压变电所的新技术推广而编写的,比较系统地阐述了微机保护的典型结构,硬件的基本原理,软件的逻辑框图原理,并以三段式方向过流和主变压器保护为例综合介绍了微机型继电保护的构成、调试和使用方法。

本书第五、六、十一章由杨新民编写,其余各章由邵家骧编写,在编写工作中得到林虔、孙成宝、陈一芳同志的帮助和支持,在此谨致谢意。全书由钱永强同志审稿。

书中不妥和错误之处,恳请读者指正。

编 者

1998 年 7 月

目 录

序

前 言

第一章 概述	1
第一节 继电保护的任务和作用	1
第二节 继电保护的基本要求	3
复习思考题	7
第二章 继电保护基础知识	9
第一节 继电保护基本原理	9
第二节 继电器的分类	12
第三节 常用电磁型继电器及其表示符号	20
第四节 仪用互感器的极性和接线方式	35
复习思考题	47
第三章 输电线路保护	49
第一节 定时限过电流保护	49
第二节 电流速断保护	58
第三节 反时限过电流保护	65
第四节 电流、电压连锁保护	71
第五节 方向电流保护	79
第六节 小接地电流电网的接地保护	95
复习思考题	109
第四章 电力电容器保护	111
第一节 移相电容器保护原则	111

第二节	熔断器保护	111
第三节	电容器组的电流保护	113
第四节	电容器组的横联差动保护	114
第五节	电容器组的过电压保护	118
复习思考题		119
第五章	电力变压器保护	120
第一节	电力变压器的故障、异常运行方式 及相应的保护装置	120
第二节	变压器瓦斯保护	121
第三节	变压器电流速断保护	125
第四节	变压器差动保护	127
第五节	变压器过流保护	139
第六节	变压器保护接线总图	141
复习思考题		143
第六章	变电所自动装置	145
第一节	自动装置在电力系统中的作用	145
第二节	备用电源的自动投入装置	146
第三节	输电线路的自动重合闸	154
复习思考题		169
第七章	变电所二次回路	170
第一节	二次回路的基本概念	170
第二节	二次回路的图纸	171
第三节	控制电缆及其敷设	184
第四节	二次回路的安装工艺	190
第五节	二次回路故障的查找	194
复习思考题		201

第八章	变电所操作电源及	
	控制、信号回路	203
第一节	操作电源	203
第二节	断路器控制、信号回路	215
第三节	变电所的信号装置	228
第四节	变电所的交流操作	243
	复习思考题	254
第九章	常用继电器调试方法	256
第一节	继电器的检查	256
第二节	DL-10 系列电流继电器和 DJ-100	
	系列电压继电器的检查与调试	257
第三节	中间继电器的调试	265
第四节	时间继电器的调试	270
第五节	LG 型功率继电器的调试	272
第六节	重合闸继电器的调试	281
第七节	差动继电器的调试	285
	复习思考题	294
第十章	继电保护和二次回路的	
	整组检验	296
第一节	竣工后的外部检查	296
第二节	直流传动试验	297
第三节	交流传动试验	300
	复习思考题	304
第十一章	微机继电保护	305
第一节	概述	305
第二节	微机保护的典型结构	306

第三节	微机保护的硬件原理	308
第四节	微机保护的软件原理	331
第五节	中低压线路方向过流保护	345
第六节	主变压器保护	355
第七节	微机保护的使用	367
复习思考题		381
附录一	常用图形符号	384
附录二	常用电气设备文字符号	388
附录三	二次回路标号	392
附录四	ISA-1H 线路及变压器保护定值符号	395

第一章 概 述

第一节 继电保护的的任务和作用

农村变电所担负着把电力系统的电能通过变压器降低电压，再分配给电能用户的任务。图 1-1 为负荷电流输送示意图。在正常运行情况下，流经各电气元件的电流是负荷电流 I_L ，但在任何一个电气元件发生故障时，从系统流至故障点的电流将大大增加。因此，不仅会造成电气元件的损坏，而且要影响变电所的正常供电。

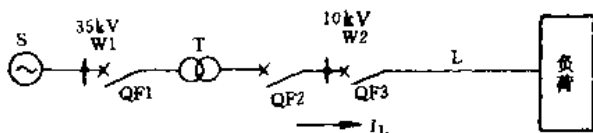


图 1-1 负荷电流输送示意图

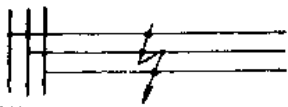
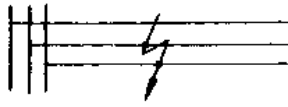
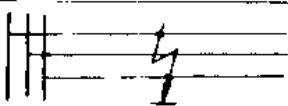
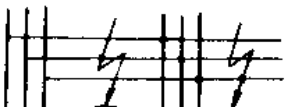
S—系统；T—变压器；W—母线；L—线路；QF—断路器

电网在运行中最常见的故障是各种形式的短路。所谓短路，是指正常运行情况以外的一切相与相之间或相与地之间的短接，如三相短路、两相短路、两相接地短路、不同地点的两相接地短路。中性点直接接地系统中，一相接地就形成单相短路。此外，变压器内部绕组的匝间短路及输电线路的断线也属于故障。表 1-1 列举了各种短路的示意图、示意符号和发生的概率。

短路故障的特点之一是会产生很大的短路电流，凡是有

短路电流流经的电气设备将严重发热和受到很大电动力的作用，从而会引起设备的损坏。设备被损害的程度，与短路电流的大小及其持续的时间有关，即短路电流越大，持续时间越长，损害就越严重。短路故障的另一危害是使电压和频率下降，因而影响用户的正常用电。

表 1 1 各种短路的示意图、符号和概率

短路类型	示 意 图	符 号	概 率 (%)
三相短路		$K^{(3)}$	5
两相短路		$K^{(2)}$	10
两相接地短路		$K^{(1,1)}$	20
不同地点两相接地短路			
单相短路		$K^{(1)}$	65

除各种故障外，电网还会出现各种不正常的运行状态。若电气设备的正常工作遭到破坏，但尚未发展成故障，这种情况称为不正常运行状态。常见的不正常运行状态主要有：过负荷、在中性点不直接接地电网中的单相接地（这在农村变电所是最常见的）、温度过高等。由于不正常运行状态将

引起绝缘损坏，严重时也可能发展成为故障。

在电网中，故障和不正常运行状态都可能引起严重事故。所谓事故就是指电力系统全部或部分的正常运行遭到破坏，以致造成对用户停止送电、少送电、电能质量严重下降，甚至毁坏设备等。

由于变电所中存在着发生故障和不正常运行状态的可能，并将造成严重的后果，因此就必须采取有效措施，减少损失，缩小故障范围并保证无故障设备的正常运行。其具体做法是：一旦发生故障，立即将故障设备从电网上切除。显然这个任务靠值班员直接操作来完成是不可能的，这就需要依靠装在各电气设备上的继电保护装置自动地完成这个任务。

继电保护装置就是能反应被保护设备的故障或不正常运行状态，并使断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。它的基本任务是：

(1)当被保护设备发生故障时，能自动地、迅速地、有选择性地动作于断路器，从而将故障设备从电网中切除，保证无故障设备迅速恢复正常运行，并使故障设备免于继续遭受破坏。

(2)当被保护设备出现不正常运行状态时，保护装置能发出信号，以便值班人员采取有效措施，从而恢复设备正常运行。

可见，继电保护装置的主要作用是通过缩小事故范围或预防事故的发生来提高电力系统运行的可靠性，最大限度地保证向用户安全连续供电，所以它是电力系统安全运行不可缺少的一个重要组成部分。

第二节 继电保护的基本要求

为了使继电保护装置能及时、正确地完成所担负的任

务，对继电保护装置有四个基本要求，即选择性、快速性、灵敏性和可靠性，现阐明如下：

一、选择性

选择性就是指继电保护具有能正确地断开离故障点最近的断路器的性能，即要求保护装置只将故障设备切除，以保证无故障设备继续运行，从而使停电范围最小。保护装置这样动作就叫做有选择性。如图 1-2 中的 k3 点短路时，短路电流经过断路器 QF1～QF6 流至故障点 k3，在此情况下，相应的保护装置都有可能动作，但根据选择性的要求，首先应由保护装置 4 动作，只使断路器 QF6 跳闸，从而保证了无故障设备的继续运行。

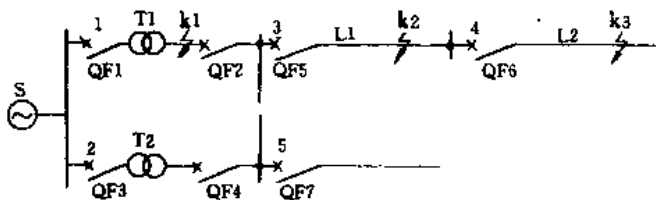


图 1-2 继电保护选择性图例

又如 k1 点发生故障时，故障电流可流经 QF1～QF4，按选择性要求，只应由保护装置 1 动作，从而跳开断路器 QF1、QF2。而变压器 T2 仍可继续供电。此时若保护装置 2 也动作，跳开断路器 QF3、QF4，则整个变电所全所停电，扩大了停电范围，这种情况就叫做非选择性动作。

应该指出，对于某些相邻元件的保护装置来说，相互应有一定的配合，即上一元件的保护装置还应作下一元件的后备保护。如上例，在 k3 点短路时，如果保护装置 4 或断路器 QF6 因某种原因拒绝动作，则应由上一元件保护装置 3

动作跳开断路器 QF5，这种情况也可认为是有选择性的，这时虽然切除了非故障线路 L1，但因为保护装置 4 或断路器 QF6 拒动，所以仍然是尽可能地限制了故障的扩展。在这种情况下，保护装置 3 实际上起着下一段线路保护 4 的后备作用，因此保护装置 3 称为下一段线路的后备保护。这种相邻元件的后备作用称为远后备。后备保护还有另一种方式，即在同一被保护元件上装有两套保护，其中一套能以最短的时间切除全线范围内的故障，这种保护装置叫做主保护。而另一套保护是在主保护拒绝动作时，能以较长时间来切除故障，也即对本线路的主保护起后备作用，称为近后备。凡是因主保护未动作，而由后备保护动作将故障切除，都可认为是有选择性的。

二、快速性

快速切除故障，其作用可以缩短短路电流的持续时间，从而减小短路电流对电气设备所引起的损害；可以加速系统电压的恢复，为电动机自起动创造有利条件；还可以提高发电机并列运行的稳定性。因此，快速切除故障是提高系统稳定性，防止事故进一步扩大的重要措施，故要求继电保护装置应尽可能快速地动作并将故障切除。

故障切除的时间等于保护装置动作时间与断路器跳闸时间之和。为快速切除故障，应采用与断路器相配合的快速保护装置。在农村电网中，断路器的固有分闸时间约为 $0.05 \sim 0.1s$ ，保护装置的最小动作时间约为 $0.1 \sim 0.5s$ ，对于远处的故障，允许以较长的时间切除。

三、灵敏性

保护装置的灵敏性（也叫灵敏度），是指在保护范围内发生故障和不正常运行状态时，保护装置的反应能力。

保护装置灵敏与否,受系统运行方式的影响较大,通常在计算保护的整定值时一般只考虑系统运行方式的两种极端情况,即最大运行方式和最小运行方式。

所谓最大运行方式就是供电系统中的发电机、并联线路、变压器都投入运行的方式,如图 1-3(a)所示。此时系统容量最大,电压较稳定,系统的等值阻抗最小,短路电流最大。

所谓最小运行方式就是供电系统中的发电机、并联线路和变压器投入最少的一种运行方式,如图 1-3(b)所示。此时系统容量最小,电压较不稳定,系统的等值阻抗最大,短路电流最小。

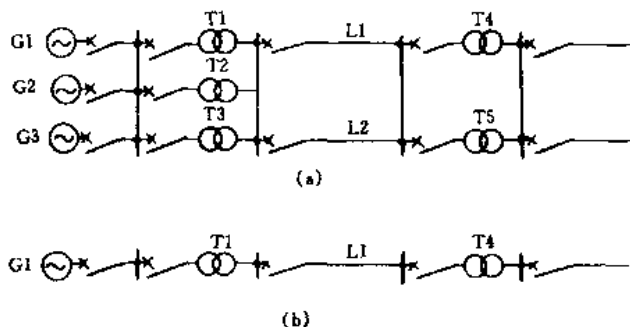


图 1-3 系统运行方式

(a) 最大运行方式; (b) 最小运行方式

保护装置的灵敏度还随故障类型而变化。因三相金属性故障时短路电流最大,两相短路时短路电流较小,为了使保护装置在系统发生任何故障时都能起到保护作用,故要求继电保护装置在各种运行方式下都应具有足够的灵敏度。也就是说,在保护装置的保护范围内发生故障时,对所有系统运行方式、故障点及故障类型,保护装置都应能足够灵敏地动作。