

发电厂和变电所运行高级工培训教材

变电所继电保护及 自动装置

河南省电力工业局 编



中国电力出版社

发电厂和变电所运行高级工培训教材

变电所继电保护及自动装置

河南省电力工业局 编

中国电力出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

变电所继电保护及自动装置/河南省电力工业局编,
北京:中国电力出版社(1998重印)

发电厂和变电所运行高级工培训教材

ISBN 7-80125-020-6

I. 变… II. 河… III. ①变电所-电力系统-继电保护-技术培训-教材②继电自动装置-变电所-技术培训-教材 N. ①TM63②TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 11540 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)

北京鑫正大印刷厂印刷

各地新华书店经售

1995 年 9 月第一版 1998 年 1 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 13.375 印张 292 千字

印数 10071—13110 册 定价 17.80 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)

努力搞好教材建設
為提高電業職工
素質服務

史大楨

丁巳年春

出版说明

为满足高级工培训工作的需要，根据部颁《电力工人技术等级标准》的要求，我社组织出版了发电厂和变电所运行高级工培训教材。本套教材第一批共9种，是由河南省电力工业局和甘肃省电力工业局在其省内广为使用、多次办培训班所采用的运行高级工培训教材的基础上，根据教学中的经验和使用单位与读者的意见，对内容进行了增、删，结构上进行了调整，经重新修改而成，使之更适应运行高级工培训的要求。其中，火电厂运行高级工培训教材分为4种，即《火电厂电气设备及运行》、《火电厂继电保护及自动装置》、《锅炉设备运行技术》、《汽轮机设备运行技术》；变电所运行高级工培训教材分为2种，即《变电所电气设备及运行》、《变电所继电保护及自动装置》；水电厂运行高级工培训教材分为2种，即《水轮发电机组运行技术》、《水工观测技术》。另外，《电力系统运行及过电压保护（火电厂、水电厂和变电所共用）》为共用教材。本套教材供运行高级工培训及自学用，也可供相关专业的工人及技术人员参考。

中国电力出版社

1995年7月

前 言

为了适应电力生产建设迅速发展的需要，提高工人队伍技术业务素质，并对技术工人晋升进行严格考核，原能源部颁发了《电力工人技术等级标准》。在贯彻执行该标准时，全国电力系统均积极开展了技术工人培训工作。为了使从事发电厂、变电所电气运行的高级技术工人能按等级标准进行正规化和系统化的培训，特组织编写了发电厂和变电所电气运行高级工培训教材，共包括《火电厂电气设备及运行》、《火电厂继电保护及自动装置》、《变电所电气设备及运行》、《变电所继电保护及自动装置》、《电力系统运行及过电压保护（火电厂、水电厂和变电所共用）》五本书，除作为发电厂、变电所电气运行高级工的培训教材，也可供发电厂、变电所电气试验及检修高级工培训时参考。

这五种教材由河南电力工业局组织郑州电力高等专科学校的高级讲师、讲师分工编写。在编写过程中，考虑了发电厂、变电所电气运行高级工的专业需要，并力求在保证教材完整性、系统性的同时，注重职工培训的特点，深入浅出，密切联系生产实际，反映现场新技术。

本书主要阐述了变电所继电保护及自动装置的基本原理、工作特性，对接线图及典型装置进行分析，并介绍了基本的整定计算原则及计算实例，指出了运行中的注意事项并结合现场实际介绍了一些新型继电保护。为了便于教学和学员复习，每章后都有复习题。

本书共分继电保护、自动装置两篇。第一篇的绪论、第

2、3、4、5、8章由王秀英编写；第1、6、7章由杨晓敏编写；第二篇由李全意编写。胡翠荣对本书有关内容进行了上机操作及实验校核，并绘制部分图纸。

由于编写时间仓促，教材中有不足之处，敬请读者指正。

编 者

1995年6月

符 号 说 明

一、设备、元件名词符号

G	发电机	JJ	极化继电器
T	变压器	LJ	电流继电器
QF	断路器	YJ	电压继电器
TA	电流互感器、电流变换器	SJ	时间继电器
TV	电压互感器、电压变换器	XJ	信号继电器
TL	电抗变压器	ZJ	中间继电器
QS	隔离开关	ZKJ	阻抗继电器
M	电动机	CKJ	出口继电器
L	输电线路、电感线圈、励磁机	GJ	功率方向继电器
BG	晶体三极管	HD	红色信号灯
D	二极管	LD	绿色信号灯
WD	稳压管	ZCH	自动重合闸装置
ZL	整流桥	BZT	备用电源自动投入装置
YT	跳闸线圈	ZPJH	按频率自动减负荷装置
YC	合闸线圈	KK	控制开关
KM	合闸接触器	d_1, d_2	短路点
WSJ	瓦斯继电器	Y	与门电路
J	继电器	H	或门电路
		RW	电位器

二、电压、电流、阻抗符号

E_A, E_B, E_C	电源的三相电动势	R	电阻
U_A, U_B, U_C	母线或保护安装处的三相电压	X	电抗
U_{d1}, U_{d2}, U_{d0}	短路点正、负、零序电压	Z_{xt}	系统阻抗
U_e	额定电压	$Z_{xt \cdot \max}$	系统最大运行方式下的阻抗
U_{bp}	不平衡电压	$Z_{xt \cdot \min}$	系统最小运行方式下的阻抗
U_{dA}, U_{dB}, U_{dC}	短路点三相电压	$Z_{fh \cdot \min}$	最小负荷阻抗
I_A, I_B, I_C	三相电流	$I_{d \cdot \text{nor}}$	系统经常运行方式下的短路电流
$I_{d \cdot \max}$	最大短路电流	$I_d^{(3)}$	三相短路电流
$I_{d \cdot \min}$	最小短路电流	$I_d^{(2)}$	两相短路电流
$I_{fh \cdot \max}$	最大负荷电流	$I_d^{(1)}$	单相短路电流
I_e	额定电流	$I_d^{(1,1)}$	两相接地短路电流
I_1, I_2, I_0	正、负、零序电流	I_{fg}	非故障相电流
I_{bp}	不平衡电流		

三、保护及继电器的有关参数

I_{ds}	保护的動作电流	$U_{ds \cdot j}$	继电器的動作电压
I_h	保护的返回电流	$U_{h \cdot j}$	继电器的返回电压
U_{ds}	保护的動作电压	$Z_{ds \cdot j}$	继电器的動作阻抗
U_h	保护的返回电压	$Z_{h \cdot j}$	继电器的返回阻抗
Z_{ds}	保护的動作阻抗	Z_{zd}	继电器的整定阻抗
Z_h	保护的返回阻抗	U_j	加入继电器的电压
$I_{ds \cdot j}$	继电器的動作电流	I_j	加入继电器的电流
$I_{h \cdot j}$	继电器的返回电流	Z_j	继电器的測量阻抗

四、常用的系数

K_k	可靠系数	K_{fs}	分支系数
K_h	返回系数	K_{fsq}	非周期分量系数
K_l	灵敏系数	K_{tx}	同型系数
K_{js}	接线系数	K_{ph}	配合系数
K_{sq}	电动机自启动系数		

目 录

出版说明	
前 言	
符号说明	
绪论	1
复习题	6

第一篇 继 电 保 护

第一章 电网相间短路的电流保护	8
第一节 无时限电流速断保护	8
第二节 带时限电流速断保护	11
第三节 定时限过电流保护	14
第四节 电流保护的接线方式	17
第五节 三段式电流保护装置	21
第六节 集成电路型过流速断保护	26
复习题	31
第二章 电网相间短路的方向电流保护	37
第一节 基本原理	37
第二节 整流型功率方向继电器	39
第三节 功率方向继电器的接线方式	44
第四节 非故障相电流的影响及按相启动	46
第五节 方向过电流保护的整定计算	48
第六节 方向电流速断保护	53
复习题	54
第三章 输电线路的接地保护	58
第一节 中性点直接接地电网中线路的接地保护	58

第二节	中性点不接地电网中线路的单相接地保护	67
复习题		74
第四章	输电线路的距离保护	77
第一节	距离保护的基本构成原理	77
第二节	阻抗继电器	82
第三节	具有插入电压的方向阻抗继电器	88
第四节	阻抗继电器的接线方式	101
第五节	影响距离保护正确工作的因素及采取的相应措施	105
第六节	距离保护的整定计算原则及算例	118
第七节	整流型距离保护装置举例	126
第八节	集成电路型距离保护简介	134
复习题		141
第五章	输电线路的高频保护	145
第一节	高频保护的作用及分类	145
第二节	高频通道	147
第三节	相差动高频保护	149
复习题		156
第六章	输电线路的微机保护	159
第一节	微机保护的硬件原理	159
第二节	微机距离保护软件举例	179
第三节	微机距离保护装置的使用	187
复习题		197
第七章	电力变压器保护	199
第一节	变压器的故障及不正常运行情况	199
第二节	变压器的瓦斯保护	201
第三节	变压器的纵差动保护	204
第四节	变压器的过电流保护和过负荷保护	230
第五节	变压器的接地保护	234

第六节 变压器的过励磁保护	243
第七节 变压器保护全图举例	245
复习题	250
第八章 母线保护	253
第一节 母线的故障及母线保护的装设原则	253
第二节 元件固定连接的母线完全差动保护	256
第三节 电流相位比较式母线差动保护	260
第四节 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线母线保护	275
第五节 断路器失灵保护	280
复习题	286

第二篇 自 动 装 置

第一章 备用电源和备用设备自动投入装置	288
第一节 概述	288
第二节 BZT 装置的设置原则及基本要求	290
第三节 备用电源自动投入装置的二次接线	294
复习题	300
第二章 输电线路三相自动重合闸装置	301
第一节 概述	301
第二节 单电源线路三相一次自动重合闸	304
第三节 双电源线路三相自动重合闸	315
第四节 自动重合闸与继电保护的配合	336
复习题	339
第三章 输电线路综合自动重合闸装置	342
第一节 概述	342
第二节 选相元件	343
第三节 综合自动重合闸接线的基本要求	346
第四节 综合自动重合闸装置的构成	351
第五节 整流型综合自动重合闸的动作过程	367

第六节 综合自动重合闸与继电保护的配合	371
复习题	373
第四章 按频率自动减负荷装置	376
第一节 概述	376
第二节 按频率自动减负荷原理	377
第三节 防止 ZPJH 误动作措施	383
第四节 按频率自动减负荷装置举例	387
复习题	393
第五章 故障录波装置	395
第一节 概述	395
第二节 PGL 型故障录波装置原理	398
第三节 故障录波装置动作说明及试验检查	408
复习题	410
参考文献	412

绪 论

一、继电保护和自动装置的任务

电力系统由发电机、升压变压器、母线、高压输电线路、降压变压器、低压输电线路、配电系统及用电设备等元件组成，从发电到用电形成一个复杂的网络。由于发电、供电、用电在同一时间进行，电能不便于储存，因此，电力系统的运行具有连续性，这就要求电力系统有较高的自动化程度和管理水平。

运行中的电力系统，由于电气设备绝缘老化或损坏、雷击、鸟害、设备缺陷或误操作等原因，可能出现各种故障和不正常运行状态。最常见的而且也是最危险的故障是各种类型的短路。此外，输电线路还可能发生断线故障。在短路故障中，接地故障几率最高，而三相短路后果最为严重。

电力系统中电气设备的正常工作遭到破坏，但未发展成故障，称为不正常运行状态。例如过负荷就是最常出现的不正常运行状态。长时间过负荷会导致载流部分和绝缘材料温升过高，使绝缘老化甚至损坏，严重时就可能发展成为故障。另外，频率过低、电压过高也属于不正常运行状态。

电气设备的故障和不正常运行状态都可能引起系统的事故，使系统全部或部分的正常工作遭到破坏，以致对用户停止送电或减少送电，电能质量不能保证，甚至毁坏电气设备等，后果严重。但是，只要提高设备的制造质量、提高设计水平、加强设备的维护检修、提高运行管理的质量、严格遵

守和执行电业规章制度，事故就可以大大减少。

除应采取积极措施尽可能消除可能导致系统中设备发生故障的因素外，如设备一旦发生故障，应尽快将故障设备切除，保证无故障设备继续供电，以减小对用户的影响而且在电力系统出现不正常运行状态时，要及时发现并进行处理，以免引起设备故障。这就依赖于装在每个电气设备上的继电保护装置来完成。因此，继电保护装置的任务是：①当电力系统发生故障时，自动、迅速、有选择性地切除故障设备，保证无故障设备继续供电；②当电力系统出现不正常运行状态时，发出信号，通知值班人员，以便及时处理。

可见，继电保护装置是电力系统中一种重要的安全自动装置，它对提高系统运行的可靠性，最大限度地保证向用户安全连续供电起着极为重要的作用。因此，它是保证电力系统安全运行不可缺少的重要组成部分。

另外，为了保证发供电安全可靠，提高电能质量，取得最大的经济效益，在故障情况下，要求在极短时间内对全系统进行准确、迅速、灵敏的操作处理和调整，这些显然是非人力所能胜任的，因而在发电厂和变电所中还必须采用各种自动装置。

常规的自动装置包括：备用电源自动投入装置、输电线路自动重合闸装置、发电机自动调节励磁装置、发电机的自动并列装置、自动按频率减负荷装置和频率的自动调节装置等。这些自动装置已经成为现代电力系统的重要组成部分，并一直在生产中发挥着重要作用。

随着计算机的普及应用，电力系统中已广泛采用了以计算机为中心的综合自动化调度系统，即实时调度。实时调度一般需通过运行监视、状态判断、处理对策和自动控制等四

个阶段来完成。开始时,仅采用单机系统实现诸如打印制表、越限报警、屏幕显示等运行监视和状态判断任务。随着电力系统规模的扩大和发电厂、变电所自动化水平的提高,将逐步过渡到多机系统,最终实现安全监视、安全控制、电能质量控制、事故处理、系统经济运行、运行计划和统计完全自动化控制。

二、电力系统对继电保护的基本要求

继电保护装置必须满足以下四个基本要求。

1. 选择性

当电力系统发生故障时,只应切除离故障点最近的断路器,使停电范围尽量减小,这称为有选择性动作。

如图 0-1 所示,当 d_1 点发生故障时,继电保护 3 动作,使断路器 3QF 最先跳开,切除故障,系统恢复正常。又如当 d_2 点发生故障时,则继电保护 4 动作,使断路器 4QF 最先跳开,切除故障,这称为有选择性动作。若 d_1 点故障时,继电保护 2 动作,使断路器 2QF 最先跳开,就会造成变电所 C 全部停电,扩大了停电范围,称为无选择性动作。但是,若 d_1 点故障时,保护 3 或断路器 3QF 拒绝动作,则由保护 2 动作,跳开断路器 2QF,也可以将故障切除。此时虽然变电所 C 全部停电,仍认为其动作是有选择性的,在这种情况下,保护 2 对

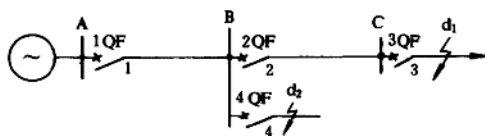


图 0-1 有选择性动作图例