

DIANLI GONGCHENGSHI PEIXUN JIAOCAI



电力工程师培训教材

电气二次设备 分册

河南省电机工程学会 编著
河南省电力公司焦作供电公司



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANLI GONGCHENOSI

电力工程师培训



电气二次设备 分册

河南省电机工程学会 编著
河南省电力公司焦作供电公司



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为《电力工程师培训教材 电气二次设备分册》。分为继电保护、电力系统通信自动化设备、智能电网与电能计量、通信与信息技术4篇。

本书主要介绍电网的继电保护与安全自动装置，书中也介绍了特高压电网的继电保护与安全自动装置；电力系统通信主要介绍了电网中光纤与微波通信装置；电力系统自动化设备从远动设备、变电站综合自动化系统、调度自动化系统直到传输通道和数据网络等内容都作了全面详细的介绍。本书对配网自动化、信息技术也有一定篇幅的介绍。

本书可供从事电气二次设备运行的电力工程师使用，也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力工程师培训教材. 电气二次设备分册 / 河南省电机工程学会, 河南省电力公司焦作供电公司编著. —北京: 中国电力出版社, 2011. 8

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2050 - 5

I. ①电… II. ①河…②河… III. ①二次系统 - 技术培训 - 教材 IV. ①TM7②TM645.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 172194 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 9 月第一版 2011 年 9 月北京第一次印刷

710 毫米 × 980 毫米 16 开本 13.75 印张 237 千字

印数 0001—5000 册 定价 39.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

电力工程师培训教材

编 委 会

主 编 杨成兴 赵建宾

副主编 赵建保 周凤珍

编 委 (按姓氏笔画排序)

丁文彦	丁恒春	弋苗钦	王 圈	王 琦
王 璟	王忠强	石 光	卢 明	付海金
白明久	冯业忠	华盘勇	刘 忠	刘建军
刘遵义	闫 东	孙永亮	孙永阁	孙守信
孙新良	李 岩	李光伟	李国钧	李耿河
李德志	吴多华	何南强	宋晓凯	张 林
张 静	张可恩	张伟剑	张欲晓	陈 强
陈玉斌	陈守聚	陈劲游	林 烽	尚金成
周志平	赵载祥	姚德贵	郭子仁	郭耀珠
黄兴泉	韩金华	智海燕	熊世泽	熊浩清

前 言

随着我国经济的飞速发展，电力需求也在迅猛增长，电网的发展日新月异，特高压输电、数字化变电站等新设备和新装置应运而生。电网的规划需要适应新形势的变化，电网的调度运行也必须加速自动化水平，相应的电网二次设备、通信及自动化系统都要与电网的发展相适应。

为了适应电网发展的需要和提高电力系统企业管理人员、专业技术人员的业务水平，我们编写了这套“电力工程师培训教材”，包括“发变电设备运行分册”、“电力调度及运行分册”、“电气二次设备分册”三个分册。本套教材内容通俗易懂，且有一定的理论深度，适合从事电网运行、检测、检修的工程师培训使用，同时可供电网企业管理人员和工程技术人员参考学习。

“发变电设备运行分册”从变电站设备开始介绍，内容包括输电设备，配网设备，过电压技术与检测技术，220、500kV 输变电设备，特高压的输变电设备，常规变电站设备，数字变电站设备，高压电网设备。其内容丰富、全面，尽可能包含最新技术的介绍。

“电力调度及运行分册”不但介绍了通常的电网规划方法，而且把电网运行新技术也放入了规划的内容中，如在规划时考虑无功电压优化系统的建设等；调度运行部分详细、全面阐述了调度运行技术的基本内容，并特别对大电网出现的低频振荡作了较详细的论述；还从电力市场的基本理论开始，阐述了电力市场的模式分析，努力使读者较全面地了解电力市场。

“电气二次设备分册”主要介绍电网的继电保护与安全自动装置，书中也介绍了特高压电网的继电保护与安全自动装置；电力系统通信主要介绍了电网中的光纤与微波通信装置；电力系统自动化设备从远动设备、变电站综合自动化系统、调度自动化系统直到传输通道和数据网络等内容都作了全面详细的介绍。该

分册对配网自动化、信息技术也有一定篇幅的介绍。

本套丛书由一批长期从事电网工作、有丰富实践经验的高级工程技术人员编著，内容切合实际，贴近实际工作，希望读者能在自己的工作中得到帮助，这就是我们编著本书的最大愿望。

编 者

2011. 8. 18

目 录

前言

第1篇 继电保护

第1章 继电保护发展概述	3
第2章 继电保护的基本要求及整定原则	5
第1节 继电保护的基本概念及要求	5
第2节 零序电流保护的整定原则	7
第3节 距离保护的整定原则	9
第4节 高频保护的整定原则	12
第5节 自动重合闸	13
第6节 母线保护和断路器失灵保护	18
第3章 500kV 继电保护简介	22
第1节 500kV 线路和断路器保护	22
第2节 500kV 变压器保护	26
第3节 500kV 母线保护	29
第4章 1000kV 继电保护简介	32
第1节 线路保护的基本配置	33
第2节 稳态过电压保护	33
第3节 特高压变压器保护	34

第2篇 电力系统通信自动化设备

第1章 电力调度自动化系统的发展与建立	39
第1节 电力生产的特点和系统的分层控制	39

第2节	电力系统的状态和电网调度自动化	39
第3节	电力调度自动化系统的发展	40
第2章	厂站自动化设备	42
第1节	远动终端设备的基本功能	42
第2节	变电站自动化系统	44
第3节	远动通信规约	44
第3章	变电站综合自动化系统	47
第1节	变电站综合自动化系统概述	47
第2节	变电站综合自动化系统的内容及主要功能	48
第3节	变电站综合自动化系统的结构形式	57
第4节	变电站综合自动化系统的技术关键	60
第5节	典型的变电站综合自动化系统介绍	64
第4章	传输通道和数据网络	70
第1节	传输通道	70
第2节	电力调度数据网络	71
第3节	二次系统安全防护	73
第5章	电力调度自动化系统主站系统	74
第1节	主站系统的结构和硬件配置	74
第2节	主站系统的基本功能	75
第3节	发电控制和计划	77
第4节	高级应用软件	79
第5节	调度员培训仿真	81
第6章	系统运行维护	84
第1节	设备的运行维护	84
第2节	自动化系统设备运行考核指标	85
第3节	自动化系统事故评价规定	86
第7章	配网自动化及其实现方式	87
第1节	配网自动化的现状与发展	87
第2节	配网自动化的概念	89
第3节	配网自动化的基本功能	92

第8章 配网自动化的应用	98
第1节 配网系统的接线方式和自动化方案	98
第2节 配网自动化系统实施中应注意的问题	99

第3篇 智能电网与电能计量

第1章 智能电网	105
第1节 智能电网概述及国外进展情况	105
第2节 智能电网的基本性能特征	106
第3节 实现智能电网的基础技术	109
第4节 我国建设坚强智能电网的方略	112
第5节 抓好六个应用环节、建设我国一流坚强智能电网	114
第2章 电能计量及抄表收费系统	117
第1节 量值溯源	117
第2节 电能表及检定装置	121
第3节 互感器及其校验	128
第4节 电能计量装置综合误差	142
第3章 电能计量计费系统	146
第1节 概述	146
第2节 系统组成	146
第3节 系统主要功能	148
第4章 低压电力用户集中抄表系统	150
第1节 概述	150
第2节 系统组成	150
第3节 系统拓扑结构	151

第4篇 通信与信息技术

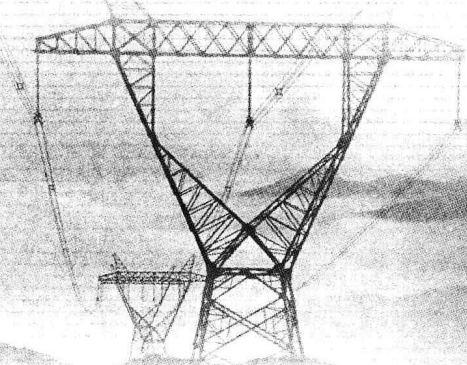
第1章 电网通信技术	155
第1节 电网通信概述	155
第2节 微波通信	162

第 3 节 光纤通信	166
第 2 章 信息技术在电力系统中的应用	178
第 1 节 GIS	178
第 2 节 网络技术	179
第 3 节 软硬件优化整合	198
第 4 节 企业资源计划 (ERP)	204
第 5 节 网络视频会议系统	207

电力工程师培训教材

第 1 篇

继电保护



第 1 章

继电保护发展概述

电力系统继电保护技术，是近百年来随着工业化生产和其他新兴技术的发展而迅速发展起来的一门学科。到目前，继电保护装置已经生产了四代，即电磁型、整流型、静态型模拟式（晶体管、集成电路保护）、静态型数字式（微机保护）。

不算 19 世纪末期的熔断器，第一台机电型继电器是 1901 年问世的感应式过电流继电器，1908 年出现差动继电器，1910 年有了电流方向保护，1920 年初研制成了距离保护，1927 年开始了高频保护研究。

随着半导体器件的生产，人们将其应用于保护装置，构成了整流型继电保护继电器，使维修工作大为减轻，这是 20 世纪 60 年代的新产品。

随着微电子学的飞速发展，大规模集成电路的生产，分立元件的晶体管保护逐渐被集成电路保护取代，成为第二代静态型保护，是目前世界上应用最多的模拟式保护装置。

微型计算机和微处理器的出现，为继电保护数字化开辟了美好前景。在 20 世纪 70 年代初、中期，计算机本身出现了重大突破，大规模集成电路技术飞速发展，微处理器和微型计算机进入了实用阶段，不仅价格大幅下降，而且可靠性大为提高，这就促使计算机保护的研究出现热潮。20 世纪 70 年代中、后期，国外已有少数样机在电力系统中试运行。20 世纪 80 年代初，计算机保护逐渐在电力系统中开始实际应用。由于微机保护与模拟式保护相比有许多优点，因此，它一出现就很快受到电力系统使用单位的欢迎。迄今为止，世界上很多国家已生产出多种微机保护，它以比人们预料的更快的速度向传统式保护提出了强有力的挑战。

我国 1955 年开始大量生产机电型继电器。1970 年初在我国形成晶体管保护生产的高潮，但由于元器件质量问题和生产工艺问题，严重影响了晶体管继电保护的可靠性。经 1972 年的整顿，它的质量逐渐趋于稳定，成为与机电型、整流型并列的一种产品。

我国对计算机保护的研究从 20 世纪 70 年代后半期开始, 70 年代末 80 年代初广泛地开展各种算法以至样机的研制, 1984 年 4 月, 由华北电力学院杨奇逊教授主研的我国第一套微机线路保护投入运行。之后, 国内各学校、科研、生产单位陆续研制和生产出适于线路和元件的各种微机保护装置。近十年, 微机保护装置在我国广泛应用。现在, 它们完全能取代传统的模拟式保护装置。目前, 我国高压电网中 95% 以上的线路保护是微机保护, 河南省 220kV 及以上高压线路, 已全部是微机保护装置, 正确动作率已超过传统的模拟式保护装置; 微机元件保护也开始在高压电网中普及应用。可以毫不夸张地说, 在国内广大科研工作者、制造厂和运行单位相关人员的共同努力下, 目前我国微机保护已居于国际先进水平。

第 2 章

继电保护的基本要求
及整定原则

第 1 节 继电保护的基本概念及要求

1.1 继电保护的基本构成

继电保护的构成方式虽然很多，但一般均由测量元件、逻辑元件和执行元件三部分组成，其框图如图 1-2-1 所示。

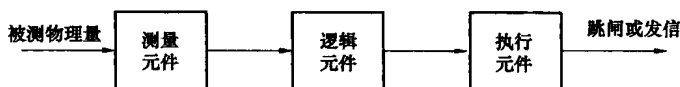


图 1-2-1 继电保护装置框图

测量元件的作用是测量被保护设备的物理量，如电流、电压、阻抗、电压电流间的相位差等，以确定电力系统是否发生故障或出现异常情况，而后输出相应的信号至逻辑元件；逻辑元件的作用是根据测量元件送来的信号进行逻辑判断，以决定保护是否动作、瞬时动作还是延时动作；执行元件的作用是根据逻辑元件的判断执行保护的任務，去跳闸或发信号。

1.2 对电力系统继电保护的基本要求

为了提高电力系统运行的可靠性，在系统发生故障时保护装置必须能有选择地、快速地、灵敏地、可靠地将故障设备切除，以保证非故障部分继续运行。因此，动作于跳闸的继电保护装置一般应满足选择性、速动性、灵敏性、可靠性的四个基本要求。

(1) 选择性是指当电力系统发生故障时，保护装置只将故障设备切除，保证系统中的非故障部分继续运行，以尽量缩小停电范围。满足选择性的基本原则是本级保护与下级保护之间对所有故障都必须在灵敏度与动作时间上取得配合，即本级保护装置相应保护段的保护范围要短于下级的保护范围，同时相应的本级

保护段的动作时间必须大于下一级相应保护段的动作时间，两者缺一不可。在检查灵敏度配合时，应当选取当下一级保护区内发生故障时，对下一级保护灵敏度与动作时间最不利的一种运行方式、故障形态以及保护本身动作条件的综合因素作为选择性配合的条件。

(2) 速动性就是要求继电保护以尽可能最短的时限把故障或异常情况从电网中切除或消除。在超高压电网中，由于一次系统时间常数很大，较容易出现电流互感器的暂态饱和问题。但由故障开始到电流互感器开始饱和需一定时间，只要保护装置的动作速度足够快，能够在其饱和前正确判断故障，就可以大大减小对电流互感器的要求。一些线路保护和母线保护装置就是按照这样的原则来设计的。在一定条件下，保护装置的快速动作提高了本身动作的可靠性，同时对电网的稳定运行极为有利。

(3) 灵敏性表现了保护装置反映故障的能力，习惯用灵敏系数来表示，所以又称为灵敏度。当在规定的保护区间内出现故障时，任何保护装置都必须具有一定的灵敏度，以保证在考虑了故障计算、整定试验等与故障时的实际情况的差别后，使保护装置在预期的不利条件下仍能可靠动作。提高了灵敏度，增大了保护装置动作的可靠性，但有时却与安全性相矛盾，这都与具体情况有关。例如，对于过负荷情况可能误动作的相间保护最灵敏段（最末段），一般不宜过于强调灵敏性，而以满足实际需要为宜，一定要注意防止过负荷误动作；而对于零序电流的最末段，则宜适当强调灵敏性。从灵敏度的角度来说，一套保护装置中的所有交流辅助元件（方向元件、闭锁元件等）的灵敏度，都必须高于起主要作用的测量元件的灵敏度，这样，交流辅助元件和测量元件才能取得配合。

(4) 可靠性要求保护装置在不需要它动作时可靠不动作即不发生误动作，在需要它动作时可靠动作即不发生拒动。在低压电网中，因电网结构和选用保护都比较简单、保护动作影响的范围有限，保护在满足安全性与可靠性方面的困难不是很突出。在高压电网中，由于所采用的保护装置和安全自动装置较复杂，且它们的正确动作与否对保证电网的安全运行往往有举足轻重的作用，可靠性的重要性显得更为突出。

1.3 整定配合的基本原则

电力系统中继电保护是按断路器配置装设的，因此继电保护必须按断路器分级进行整定。继电保护的分级是按保护的正方向来划分的，要求保护的各正方向各相邻的上、下级保护之间实现配合协调，以达到选择性的目的。当保护装置随着

电力系统运行情况的变化（基本建设发展及运行方式变化）而超出其预定的适应范围时，就需要对全部或部分装置保护定值重新进行整定，以满足新的运行需要。

220kV 及以上电网的继电保护，必须满足可靠性、速动性、选择性、灵敏性的基本要求。对 330 ~ 500kV 电网和联系不强的 220kV 电网，在保证继电保护可靠动作的前提下，重点应防止继电保护装置的非选择性动作；而对于联系紧密的 220kV 电网，重点应保证继电保护装置的可靠快速动作。如果由于电网运行方式、装置性能等原因不能兼顾选择性、灵敏性和速动性要求，则应在整定时按如下原则合理取舍：

- (1) 局部电网服从整个电网。
- (2) 下一级电网服从上一级电网。
- (3) 局部问题自行消化。
- (4) 尽量照顾局部电网和下级电网的需要。
- (5) 保重要用户供电。

对继电保护整定方案的评价，是以整体保护效果的优劣来衡量的，并不着眼于某一套保护的效果。有时以降低某个保护的保护效果来改善整体保护的保护效果也是可取的。一套保护方案由于整定配合方法的不同，其保护效果也不同。因此，如何获得一个最佳的整定方案，是一个整定技巧问题。

第2节 零序电流保护的整定原则

2.1 零序电流 I 段的整定

- (1) 按躲本线路末端接地短路的最大零序电流整定。

当计算射过被保护线路末端接地短路的最大零序电流时，应对各种运行方式及不同故障类型进行比较，选择对保护最不利的运行方式及故障类型进行计算。

- (2) 按躲开线路断路器三相不同时合闸的最大零序电流整定。

当计算线路断路器三相不同时合闸的最大零序电流时，应选择与被保护线路相并联的联络线为最少、系统联系为最薄弱的运行方式。

2.2 零序电流 II 段的整定

- (1) 与相邻线路纵联保护配合，躲相邻线路末端故障。