

供用电工人技师培训教材

孙成宝 主编

# 继电保护

裘愉涛 姚集新 陈一芳 杨新民 编



中国电力出版社  
www.cepp.com.cn

供用电工人技师培训教材

孙成宝 主编

# 继电保护

---

裘愉涛 姚集新 陈一芳 杨新民 编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

《供用电工人技师培训教材》是根据国家标准、电力行业标准、国家职业技能鉴定规范（电力行业）等标准规范中对职业技师（高级技师）人员的要求而编制的岗位技能培训、职业技能鉴定的成套教材，是严格紧扣和结合国家职业技师人员应具备的必备知识、技能要求和鉴定内容进行编写的，同时与《全国供用电工人技能培训教材（初、中、高）》相衔接的，强调以技能为核心，知识为技能服务、满足技能需要的原则，叙述技能要求时多采用范例说明的形式，宗旨在为全国供用电企业生产人员提供一套技师岗位技能培训和职业技能鉴定的教材。

本分册是《供用电工人技师培训教材》之一，共4篇11章，主要内容有：基础篇，介绍了继电保护基础知识和继电器的原理和调试，微机保护装置硬、软件原理知识及调试，电气二次回路和交直流回路；元件保护篇，介绍了电力变压器继电保护、母线保护和断路器失灵保护等；高压线路保护篇，介绍了高压线路零序电流保护、距离保护、纵联保护等；变电所自动化篇，介绍了电力系统自动装置、变电所综合自动化系统和继电保护技术管理等。

本套教材是全国供用电企业生产技师人员岗位技能培训和职业技能鉴定的指定教材，本分册是继电保护技师人员培训教材，也可作为继电保护高级工、高级技师、技术人员和管理干部等参考教材。



### 图书在版编目（CIP）数据

继电保护/孙成宝主编；裘愉涛等编. —北京：中国电力出版社，2005

供用电工人技师培训教材

ISBN 7-5083-3211-3

I. 继… II. ①孙…②裘… 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（2005）第 051691 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>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2005年11月第一版 2005年11月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 20印张 484千字

印数 0001—3000册 定价 32.00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）



《供用电工人技师培训教材》

## 前 言

大力开展职工岗位技能培训和职业技能鉴定，提高供用电人员的岗位能力和生产技能，是当前电力企业教育培训的重点，也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。而岗位培训和技能考核的教材建设，是搞好培训、做好鉴定、提高素质、直接为生产人员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，对供用电人员提出更高要求。为了适应电力生产安全经济运行，提高供用电人员的技术素质和管理水平，由中国电力出版社组织、孙成宝主编的《供用电工人技师培训教材》，是供用电人员培训工作中的一件大事。

《供用电工人技师培训教材》具有的特点是：首先，本套教材的编写依据，是部颁《国家职业技能鉴定规范》、《电力工人技术等级标准》、《关于电力工人培训教材建设意见》以及有关电力生产岗位规范和新颁国家标准、电力行业标准。其二，严格与《全国供用电工人技能培训教材》（初级工、中级工、高级工）相衔接，内容两相呼应。其三，强调以技能为核心，知识为技能服务、满足技能需要的原则，叙述技能要求时多采用范例说明的形式，因此不仅适用于具有高中及以上文化程度的供用电工人高级工、技师或高级技师人员的培训，而且对现场工程技术人员也有参考价值。其四，本套教材编写、出版力量强，组织全国供电企业 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 家全国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，统一指导，精雕细刻，质量一流。

本套教材突出电力行业岗位培训和职业技能考核特点，针对性、适应性强，是全国供用电人员岗位技能培训和职业技能鉴定的理想教材。它的出版发行，必将对我国供用电人员培训与鉴定工作的有效开展和素质提高，产生积极的影响。

由于编写时间紧迫，编写人员水平有限，对本套教材疏误之处，恳请广大读者批评指正。

主 编

2003 年 5 月





《供用电工人技师培训教材》

## 编者的话

目前电力系统继电保护和自动装置已进入了微型计算机时代，其软件大多已采用了反应故障分量的高速保护原理，但是继电保护技师教材尚未跟上技术更新的步伐。在电力职业教材中，如何将经典的继电保护理论与新型保护原理有机结合起来，如何使继电保护技师也能掌握新型保护原理和调试操作技能，适应电力发展新时期对继电保护技师的要求，这的确是摆在电力职业教育面前的艰巨任务。编写此书，可以说也是为了尝试电力发展新时期应如何进行继电保护技师职业教育。

本书是按“中华人民共和国职业技能鉴定规范（电力行业）”对继电保护技师的要求而编写的教材。编写中以技能为红线贯穿在各章节，每一章基本都安插了保护调试、操作技能及故障分析。我们认为技能的掌握必须依托于一定的理论知识，才能使掌握的技能举一反三、灵活应用，所以各章节中仍以掌握基础理论知识为前提，只是这种理论知识是为技能服务，是满足技能需要的，因此舍弃了许多深层理论分析及数学推演等。但为加深理解，对结论都做了许多物理含义的分析。对于有的章节，可能不一定能适应各地区的需求；有的理论可能偏多、偏深；有的技能可能偏僻，我们在这些章节标题上都标以“\*”符号，以示区别。

鉴于目前微机型继电保护和自动装置已在全国普及使用，对继电保护高级技工、技师应提出高一层的要求，即应掌握有关微机保护基本的专业知识和技能。我们认为有必要用一章专门来分析微机保护的基本原理，而且在各章节均以常用的微机保护装置来举例说明。

全书分四篇，共十一章。第一篇基础篇分三章，第一章为继电保护基础知识和常用继电器（包括电磁型、晶体管型、集成电路型）原理和调试；第二章是微机保护装置硬软件的基本工作原理及静态试验方法，但不包含动态试验，动态试验在后面各章节里分别详述；第三章是二次回路，包括电流、电压互感器配置及其回路、操作和闭锁回路、直流及所用电源回路。为了避免系统而全面灌输理论知识，防止职业教育变为一般的学历教育，我们把电力系统对称分量法、不对称故障及暂态过程等基础理论知识分散到各章节去。这样做避免了纯理论、繁琐和重复，有利于提高与技能直接相关的理论知识。

第二、三、四篇分别为元件保护、线路保护及变电所自动化篇（包括第九章的电力系统自动装置和第十章变电所综合自动化系统）。根据变电所综合自动化与继电保护、自动装置的密切关系，继电保护高级技工和技师有必要了解有关变电所综合自动化方面系统的基本知

识，所以将第十章也编入本书。

我们认为继电保护技师与高级工的主要区别之一是组织与管理、技术把关、验收和质量评价等专门技能的区别，所以在最后第十一章安排了“继电保护技术管理”，想借此机会提高继电保护高级技师和技师的技术管理能力，当然这种能力的培养更重要的是通过不断实践来达到的。

本书第五章、第八章、第十一章由浙江省电力调度通信中心继保科裘愉涛高级工程师编著；第四章、第三章分别由浙江省电力教育培训中心姚集新高级讲师、陈一芳高级技师编写，其余章节由浙江省电力教育培训中心的杨新民老师编写并担任本书主编。本书由浙江省电力公司生产部主任张劲高工主审。本书在编写中得到了许多老师及各地区职业教育同仁的支持和帮助，尤其是张劲高工在百忙中抽出很多时间悉心指导并提出许多的宝贵意见，在此一并致以衷心的感谢。

由于作者水平有限，特别是对继电保护的实践还很不够，对继电保护的职业教育特点体会还不深刻，所以本书的错误与缺点在所难免，恳望专家和读者指正，并欢迎使用电子邮件 [ZXDSJ@21CN.com](mailto:ZXDSJ@21CN.com) 通信联系。

编者

2005年5月于杭州

# 常用符号说明

## 一、设备文字符号

C—电容器	HL—光字牌
G—发电机	PF—频率表
L—电抗器、线圈、线路	PV—电压表
K—继电器	QF—断路器
M—电动机	QS—隔离开关
R—电阻器	SA—转换开关
S—开关	SB—按钮开关
T—变压器	SC—切换开关
V—二极管、稳压管、晶闸管	TA—电流互感器
W—母线	TM—电力变压器
ARC—自动重合闸装置	TV—电压互感器
FA—具有瞬时动作的限流保护器件	VT—三极管
FU—熔断器	LC—合闸线圈
HG—绿灯	LT—跳闸线圈
HR—红灯	XB—连接片

## 二、常用继电器文字符号

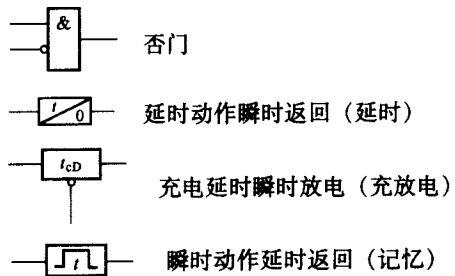
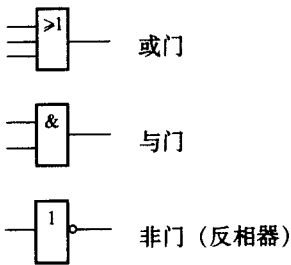
KA—电流继电器	KCH—切换继电器
KC—合闸继电器	KDL—电源监视继电器
KD—差动、密度继电器	KKJ—合后状态继电器
KG—气体继电器	KOF—跳闸继电器
KM—中间继电器	KRC—重合闸继电器
KQ—位置继电器	KST—起动继电器
KS—信号继电器	KPR—保护动作继电器
KT—时间继电器	KSY—同期、同步检查继电器
KV—电压继电器	KTP—跳闸位置继电器
KAA—装置报警继电器	KJS—加速继电器
KAL—检相电流继电器	KYC—遥合继电器
KCF—防跳继电器	KYT—遥跳继电器
KCP—合闸位置继电器（合闸压力）	KVH—过电压继电器
KCK—合闸保持继电器	KVL—低电压继电器
KCO—出口继电器	KVI—绝缘监察继电器
	KLM—闭锁中间继电器

### 三、角 标

a、b、c、A、B、C 三相标记  
 b—衰耗  
 c—特性  
 d—差动  
 e—额定  
 i (in) —输入  
 k—继电器, 短路  
 L—感性, 线圈, 电流, 低的, 线路  
 m—中等的, 最大灵敏  
 N—基准的, 标准的  
 o (out) —输出的  
 R—电阻  
 s—电源的, 系统的  
 t—传输的, 时间  
 w—工作  
 ec—接地

y—电压  
 $\mu$ —励磁  
 ph—相 ( $\varphi$  相相)  
 di—分流  
 er—误差  
 cw—公共绕组  
 op—动作, 工作  
 max—最大  
 min—最小  
 rel—可靠  
 re—返回  
 rf—反射  
 set—整定  
 st—起动  
 sen—灵敏  
 unb—不平衡

### 四、逻辑图例







《供用电工人技师培训教材》

# 目 录

前言	
编者的话	
常用符号说明	

## 第一篇 基础篇

<b>第一章 电力系统继电保护基础知识</b> .....	3
第一节 电力系统对继电保护的基本要求.....	3
第二节 继电保护的发展简史.....	6
第三节 几种常用的继电器.....	6
<b>第二章 微机型继电保护基础知识</b> .....	23
第一节 微机型继电保护装置硬件的基本原理 .....	23
第二节 微机保护软件基本知识 .....	42
第三节 微机保护装置调试 .....	56
<b>第三章 二次回路</b> .....	62
第一节 电流互感器配置、特性及其二次回路 .....	62
第二节 电压互感器极性、配置及二次回路 .....	68
第三节 断路器和隔离开关控制回路 .....	77
第四节 变电所直流系统 .....	89
第五节 变电所所用电系统.....	100

## 第二篇 元件保护篇

<b>第四章 电力变压器的继电保护</b> .....	107
第一节 变压器的故障和正常运行状态及其保护的配置.....	107

第二节	变压器瓦斯保护	108
第三节	变压器纵差保护的基本原理	110
第四节	自耦变压器的差动保护	121
第五节	变压器的后备保护	124
第六节	变压器保护整定原则	130
第七节	变压器保护装置举例	132
第八节	变压器保护的组屏与调试	137

## 第五章 母线保护

第一节	母线保护概述	141
第二节	低阻抗母线差动保护原理及评价	142
第三节	中阻抗母线差动保护	146
第四节	母线复式比率差动保护	152
第五节	断路器失灵保护	156
第六节	母线保护整定原则与调试	160

## 第三篇 高压线路保护篇

## 第六章 高压线路零序电流保护

第一节	中性点直接接地电网零序电流保护原理	167
第二节	零序电流保护的电流元件配置与整定原则	173
第三节	零序电流方向保护的程序逻辑原理	175
第四节	零序电流方向保护的带负荷检验	178

## 第七章 高压线路距离保护

第一节	距离保护的基本概念	180
第二节	阻抗元件的基本概念	182
第三节	几种常用的阻抗元件及其实现方法	185
第四节	比相式阻抗元件在距离保护中的应用	194
第五节	工频变化量阻抗元件	200
第六节	距离保护中选相元件工作原理	206
第七节	电力系统振荡对距离保护的影响及振荡闭锁逻辑	210
第八节	距离保护的整定计算原则	215
第九节	工频变化量距离保护逻辑举例	219
第十节	距离保护调试举例	221

## 第八章 高压线路纵联保护

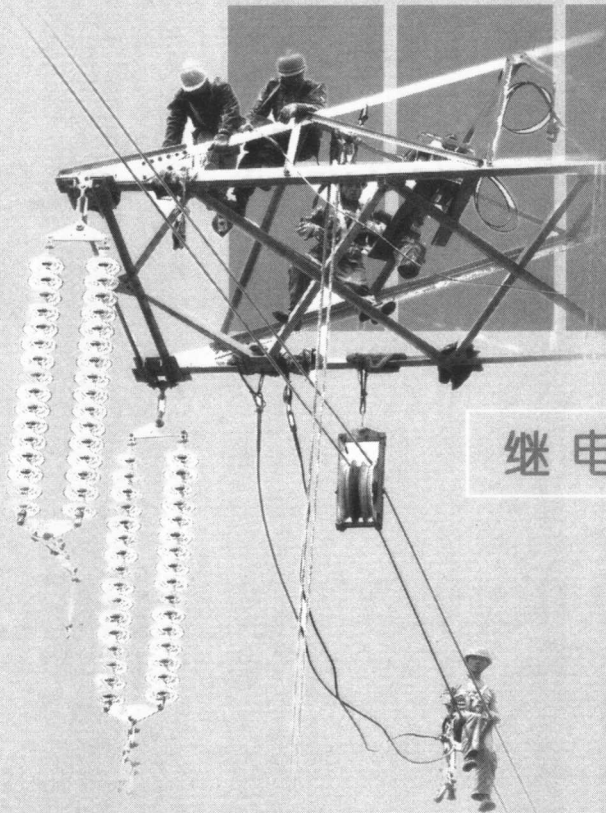
第一节	高压线路纵联保护通道	223
-----	------------	-----

第二节	闭锁式方向纵联保护	229
第三节	纵联方向闭锁保护举例	232
第四节	光纤分相电流差动保护	236
第五节	高压线路保护组屏	239

## 第四篇 变电所自动化篇

<b>第九章</b>	<b>电力系统自动装置</b>	245
第一节	概述	245
第二节	备用电源自动投入装置	245
第三节	输电线路的自动重合闸	254
第四节	微机型故障录波装置	263
第五节	小接地电流系统单相接地选线	270
<b>第十章</b>	<b>变电所综合自动化系统</b>	277
第一节	变电所综合自动化基本概念	277
第二节	变电所综合自动化系统结构	280
第三节	变电所综合自动化系统结构实例分析	282
第四节	后台监控系统	285
第五节	电压与无功功率的自动调节	287
第六节	变电所综合自动化系统的抗干扰措施	291
<b>第十一章</b>	<b>继电保护技术管理</b>	296
第一节	继电保护技术管理内容与实施	296
第二节	继电保护装置试验安全与防范措施	301
第三节	继电保护装置的事故分析	301
	附表	303
	参考文献	305

供用电工人技师  
培训教材



继电保护

第一篇

基础篇







# 电力系统继电保护基础知识

## 第一节 电力系统对继电保护的基本要求

### 一、电力系统继电保护的作用和任务

电力系统运行中可能发生各类故障和不正常运行状态。其中故障是指各类相间短路、接地短路和断线。不正常运行状态是指电力系统中电气元件的正常工作遭到破坏,但没有发生故障。例如,过负荷、电力系统发生振荡、系统中出现功率缺额引起频率降低、发电机突然甩负荷而产生的过电压等,都属于不正常运行状态。

故障和不正常运行状态都可能在电力系统中引起事故。事故是指系统或其中一部分的正常工作状态遭到破坏,并造成对用户少送电或电能质量恶劣到不能容许的地步,甚至造成人身伤亡和电气设备的损坏。

继电保护的作用就是在电力系统发生故障和不正常运行时,迅速而有选择性地切除故障元件,保证非故障部分能继续安全运行并及时发出报警信号。因此,继电保护装置的基本任务就是:

(1) 当被保护的电力系统元件发生故障时,应该由该元件的继电保护装置迅速准确地给距离故障元件最近的断路器发出跳闸命令,使故障元件及时从电力系统中断开,以最大限度地减少对电气元件本身的损坏,降低对电力系统安全供电的影响,并满足电力系统的某些特定要求(如保持电力系统的暂态稳定性等)。

(2) 反应电气设备不正常运行状态,并根据设备运行维护条件不同(如无人值班)发出信号,以便值班人员人工处理或由装置自动调整。

### 二、继电保护的基本原理

电力系统中任何电气设备发生故障时,必然有故障信息出现,而故障信息可分为内部故障信息和外部故障信息两大类。这两类信息是继电保护原理的根本依据。在具体的保护装置中既可单独使用一类信息,也可联合使用两类信息。内部故障信息用于切除故障设备,外部故障信息用于防止切除非故障设备。利用内部故障信息或外部故障信息的特征来区分故障和非故障设备,一直是继电保护的最基本的原理<sup>[1]</sup>。

例如在纵差保护中,将差动电流作为内部故障信息,以此作为动作量,而将穿越性短路电流作为外部故障信息,并以此作为制动量,当动作量与制动量满足纵差保护的动作判据时保护动作。

再如方向保护中,如规定指向被保护对象的功率方向为正方向,当发生故障时,比较被保护对象各侧的功率方向均为正方向时,则可判定为内部故障;当有一侧功率方向为负方向时判为外部故障。

从上述的例子可以看出,保护的故障信息可以是一种故障量(包括故障暂态分量),也



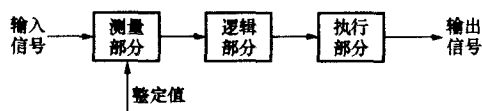
可以是一种方向比较信息，还可以是一种逻辑关系，如时间量等。

在按照上述原理构成各种继电保护装置时，可以使它们的参数反应于工频电气量或者工频电气变化量，还可以使之反应于上述两个量的对称分量（如负序、零序、正序电气量及其变化量）。由于在正常运行时，负序和零序分量很小，而在发生不对称接地短路时，它们都具有较大的数值。在发生不接地的不对称短路（不含断线故障）时，虽然没有零序分量，但负序分量却很大，因此利用这些分量及其变化量构成的保护装置一般都具有良好的选择性和灵敏性。

除上述反应各种电气量（及其变化量）的保护以外，还有根据反应非电气量的保护，如变压器主保护中反应于变压器油分解所产生的气体而构成的瓦斯保护。这里的瓦斯气体的参数就是内部故障信息。

### 三、继电保护装置的构成

从一般情况来讲，整套继电保护装置总是由测量部分、逻辑部分和执行部分组成的，其



原理结构如图 1-1 所示。

#### 1. 测量部分

测量部分是测量被保护对象输入的各类故障信息，并与给定的整定值进行比较，根据比较的结果，给出模拟或数字的输出信号，以供保护逻辑部分判断使用。

图 1-1 继电保护装置的原理结构

逻辑部分判断使用。

#### 2. 逻辑部分

逻辑部分是依据测量部分各输出量的组合，使保护装置按一定的逻辑关系工作，最后确定是否应该使断路器跳闸或发出信号，并将有关命令传给执行部分。继电保护中常用的逻辑元件有“或”、“与”、“否”、“延时”、“记忆”等。

#### 3. 执行部分

执行部分是依据逻辑部分传送的信号，完成保护装置最终的跳闸动作和发告警信号。

应该指出，这三个组成部分对任何继电保护装置都是适用的，对不同的保护装置所不同的仅仅是构成这三个部分的结构及原理不同而已。例如，对微机保护而言，逻辑部分主要是由软件的程序实现的，而常规保护装置的逻辑部分是由硬件组成的逻辑回路。

### 四、电力系统对继电保护的基本要求

电力系统对作用于动作跳闸的继电保护基本性能要求有选择性、快速性、灵敏性和可靠性。这些要求之间，有的相辅相成，有的相互制约，需要针对不同的使用条件分别进行协调。

(1) 选择性。继电保护动作的选择性是指保护装置动作时，仅将故障元件从电力系统中切除，使停电范围尽量缩小，以保证系统中的无故障部分仍能继续安全运行。例如，当电气元件故障时，要求最靠近故障点的断路器跳闸，断开系统供电电源；而对于振荡解列装置，则要求当电力系统失去同步运行稳定性时，在解列后两侧系统可以各自安全地同步运行，将系统一分为二，以中止振荡。

(2) 快速性。继电保护快速性是指继电保护应以允许的可能最快速度动作于断路器跳闸，以断开故障或中止异常状态的发展。继电保护快速动作可以减轻故障元件的损坏程度，提高线路故障后自动重合闸的成功率。快速切除线路与母线的短路故障还是提高电力系统暂





态稳定的最重要手段。

(3) 灵敏性。灵敏性是指保护装置对被保护电气设备可能发生的故障和不正常运行状态的反应能力。通常灵敏性是在被保护的电气设备故障时，用保护装置的故障参数（如短路电流）与保护装置对应的动作参数（如动作电流）之比来表示。它是考核继电保护灵敏性的具体指标。对于反应故障参数上升而动作的过量保护装置，灵敏系数表达式为

$$K_{sen} = \frac{\text{保护区范围内发生金属性短路时故障参数的计算值}}{\text{保护装置的動作参数}} \quad (1-1)$$

对反应故障参数降低而动作的保护装置，其灵敏系数表达式为

$$K_{sen} = \frac{\text{保护装置的動作参数}}{\text{保护范围内发生金属性短路时故障参数的计算值}} \quad (1-2)$$

式中，故障参数的计算值应根据实际情况合理地采用最不利于保护动作的系统运行方式和故障类型来选定。

《继电保护和自动装置规程》中对各类保护灵敏系数的要求都作了具体规定。

(4) 可靠性。保护装置的可靠性是指在该保护装置规定的保护范围内发生了它应该动作的故障时，它不应该拒绝动作；而在任何该保护不应该动作的情况下，则不应该误动作。这是可靠性的两个方面，前者称“可信赖性”，后者称“安全性”。保护装置的拒动率越低，其可信赖性越高；而误动率越低，其安全性越高。可见，可信赖性和安全性是可靠性两个方面的统计概率。

实践表明，提高保护装置的可靠性和安全性的措施常常是相互矛盾的。由于电力系统的结构和负荷性质的不同，拒动和误动的危害程度有所不同，因而提高保护装置可信赖性和安全性的着重点在各种具体情况下也应有所不同。例如，对于传送大功率的骨干输电线路保护，一般宜强调安全性；而对于其他线路保护，则往往宜强调可信赖性。至于大型发电机组的继电保护，无论它的拒动或误动都会引起巨大的经济损失，需要通过精心设计和配置，兼顾这两方面的要求。

提高继电保护的安全性措施，主要是采用元件及工艺质量优良的装置并对其经过全面的分析论证及试验运行以确认其技术性能能满足要求。而提高继电保护的可靠性和安全性，除采用上述措施外，重要的还可以采用装置双重化，实现二中取一的跳闸方式。

(5) 四个基本要求之间的相互关系。上述的四个基本要求是分析研究继电保护性能的基础，也是贯穿继电保护学科的一个基本线索。四个基本要求之间既有在一定条件下统一的一面，又有矛盾的一面。下面就对这四个基本要求的相互关系作一简要分析。

继电保护的可靠性是电力系统对保护装置最基本的性能要求。为了提高可靠性，防止继电保护或断路器拒动的可能性，就需要设置后备保护。因此，保护设备的主保护和后备保护之间及各后备保护之间就存在灵敏系数的相互配合的问题，只有正确地计算保护整定值和校验其灵敏系数，才能使得各继电保护的動作具有选择性。可见，继电保护的可靠性与选择性和灵敏性是相辅相成的。

保护的选择性除了通过故障量参数的整定来获取外，还需要通过保护动作时限的整定来配合。这种保护动作的时限，使得保护装置为了获取选择性而牺牲了保护的速动性。反之，凡是瞬时动作的保护，显然是不具备后备保护功能的。为了提高整套保护装置的可靠性，瞬



动的保护还必须配有后备保护，以构成完整的保护装置。可见，保护的“快速性”与保护的“选择性”、“可靠性”之间是相互制约的。

## 第二节 继电保护的发展简史

继电保护技术是随着电力系统的发展及科学技术的发展而发展起来的。

熔断器是最早的、最简单的过电流保护。这种保护方式至今仍广泛应用于低压线路和用电设备。熔断器的特点是融保护装置与切断电流的装置于一体，因而最为简单。由于电力系统的发展，用电设备的功率、发电机的容量不断增大，电压等级的提高和供电网的接线不断复杂化，熔断器已不能满足选择性和快速性的要求。19世纪末和20世纪初出现了电磁型的过电流继电器、感应型过电流继电器及功率方向继电器。到1920年后又出现电磁型的距离保护装置。这种继电保护装置都是由电磁型、感应型、电动型继电器组成，而这些继电器都具有机械转动部件，统称为机电式继电器。在1927年后又研制了利用高压输电线上高频载波电流传送和比较输电线两端功率方向信号或电流相位信号的高频保护装置。20世纪50年代，微波中继通信开始应用于电力系统，从而出现了利用微波传送和比较输电线两端电气信号的微波保护。又经过20年的努力，诞生了利用故障点产生的行波原理实现的快速行波保护装置。以上是继电保护原理的发展过程。

20世纪50年代，由于半导体技术的发展，促使了继电保护从机电型向电子型静态保护装置过渡。第一代静态继电保护装置是晶体管型继电保护装置。由于晶体管保护易受电力系统中或外界的电磁干扰的影响而误动或损坏，当时工作可靠性低于机电式保护装置。经过长达20余年的研究和实践，抗干扰问题从理论上和实践上都得到满意的解决，20世纪70年代晶体继电保护装置开始在我国大量采用，为后来静态继电器的发展奠定了基础。

第二代静态继电保护装置是集成电路型的继电保护装置，它是由集成度高、功耗小、动作速度快的集成电路替换晶体管电路的保护装置。它的出现使静态继电保护装置的可靠性大大提高，因此在20世纪80年代后期很快就取代了晶体管保护装置。

第三代静态继电保护装置是微机型的继电保护装置。它是由微处理器及超大规模集成电路芯片组成的继电保护装置。由于微型继电保护具有强大的计算能力及存储记忆等主要特性，因此它可完成性能完善、复杂的保护原理。同时由于可连续不断地自检，其工作可靠性很高，所以在20世纪末它就很快地取代了集成电路型继电保护装置。

目前的微机保护装置除了保护功能外，还兼有故障录波、故障测距、事件顺序记录等功能，还能与变电所微机监控系统通信联络，使微机保护具有远方监控的特点，因此微机保护装置已融入电力系统综合自动化系统内，成为电力系统保护、控制、运行调度及事故处理的综合自动化系统中一个重要组成部分。

## 第三节 几种常用的继电器

由于科学技术的迅猛发展，常用继电器的类型也随时代的变迁发生很大变化。本节主要对目前还在使用的电磁型电流继电器和中间继电器及常用的晶体管和集成电路型继电器的结构、原理作简要的分析，对这些继电器的调试及使用注意事项也作了必要的说明。

