



高等学校教材

电力系统继电保护原理

第三版

天津大学 贺家李 宋从矩 合编



高等学校教材



电力系统继电保护原理

第三版

天津大学 贺家李 宋从矩 合编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书着重阐明电力系统继电保护的基本原理、各种基本继电器的分析方法和整定原则。

第一章绪论；第二章至第五章介绍电网的电流保护、距离保护、高频保护及自动重合闸；第六章至第八章为变压器、发电机及母线保护。

本书为高等学校“发电厂及电力系统”、“电力系统及其自动化”和“继电保护及自动运动技术”专业的教材，亦可供有关专业从事继电保护工作的科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统继电保护原理/贺家李, 宋从矩编. -3 版.
-北京: 中国电力出版社, 1994.10 (1998.3 重印)
高等学校教材
ISBN 7-80125-537-2

I. 电… II. ①贺… ②宋… III. 电力系统-继电保护-理论-高等学校-教材 IV. TM771

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 22614 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

实验小学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店经售

*

1980 年 6 月第一版 1985 年 11 月第二版

1994 年 10 月第三版 2000 年 4 月北京第十四次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 17.25 印张 390 千字

印数 188141—193140 册 定价 20.00 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)

第三版前言

本书第三版是根据教学改革中要求进一步拓宽专业面，减少专业课教学时数和内容的精神，在第二版的基础上改写的。考虑到继电保护技术的进步，在改写中改变了第二版中以整流型继电器为基础的写法，而改为以集成电路型继电器为基础。因而在阐述方法和体系方面有一些变化。本版的编写提纲曾在1990年和1991年两次全国继电保护教学指导组会上讨论，并得到各校继电保护任课教师的帮助。全书由陈德树教授审阅。在此一并表示衷心的感谢。本版第一、四、八章和第三章第六节由贺家李改写，其余章节和附录由宋从矩改写。希望改写后的第三版能符合本课程教学的要求。请阅读此书的师生和广大读者继续给以批评指正。

作者

1991年12月

第二版前言

本书是在1980年出版的《电力系统继电保护原理》一书的基础上，根据1982年召开的热能和电力类专业教材编审委员会第一次会议上通过的“电力系统继电保护教学大纲”和1983年召开的继电保护和自动化教材编审小组扩大会议上讨论通过的“继电保护教材编写提纲”修订而成的。由于教学时数和出版字数的限制，对于原书中一些没有时间在课堂上讲授的内容，作了较大的删减，适当加强了一些基本内容的阐述，并按照科学技术的发展对内容作了一些更新，阐述体系作了一些改变。本书第一、二、三、四、六章由贺家李改写，第五、七、八、九章由宋从矩改写，由于作者水平所限和各校教学的具体情况不同，本书恐难完全满足各校继电保护教学的要求，望广大师生和专家们提出意见帮助我们在重印时修改。本书承陈德树教授审阅全文，史世文副教授和王静茹老师对一些章节提出了不少宝贵意见，各兄弟院校的老师们对本书的修改也提出了很多好的建议，在此表示衷心的感谢。

编者

1984年4月

第一版前言

本书是根据1978年原水利电力部制订的水利电力类高等学校、中等专业学校教材编审出版规划（草案），作为高等学校“发电厂及电力系统专业”电力系统继电保护课程的教材而编写的。

本书注意加强电力系统故障的理论分析，着重阐述继电保护的基本原理，反映了继电保护的一些新技术成就。书中附有“*”的内容为本课程的非基本部分，可供学校教学时选用。

全书共分十章，第一章的一至六节、第二章的一至二节以及第十章由贺家李同志编写，第七、第八章由梁统珍同志编写，其余诸章节均由宋从矩同志编写。宋从矩同志任本书的主编，贺家李同志对全书进行了审订。

本书由山东工学院发电教研室主审。山东工学院、山东省电力工业局、上海交通大学、东北电力学院、西安交通大学、合肥工业大学、成都科技大学、华中工学院、华北电力学院、华南工学院、武汉水利电力学院、重庆大学、南京工学院、浙江大学、清华大学、湖南大学、云南工学院等单位的有关同志参加了本书编写大纲的讨论会或审稿会。此外，电力工业部南京自动化研究所、一机部许昌继电器研究所、北京电管局中心调度所、河北省电力设计院、黑龙江省电力设计院以及天津军粮城发电厂等单位，对本书的修改还提出了书面意见。对以上兄弟院校以及各单位的大力支持，在此一并致谢。

诚恳地希望广大读者对本书的缺点和错误提出批评和指正。

编 者

1979年12月

本书使用符号说明

一、设备、元件、名词符号

B	变压器	J	继电器
BH	保护装置	LB	小型中间变流器
T	晶体三极管	LH	电流互感器
BZ	半导体整流桥	M	电动机
C	电容器	MK	发电机灭磁开关
d, d_1, \dots	故障点	TQ	断路器跳闸线圈
D	二极管	W	稳压管
DKB	电抗互感器(又称电抗变压器)	YB	小型中间变压器
DL	断路器	YH	电压互感器
F	发电机	ZCH	自动重合闸装置
		ZLH	中间电流互感器

二、电压类符号

E_A, E_B, E_C	系统等效电源或发电机的三相电势	U_{A1}, U_{B1}, U_{C1}	} 保护安装处各相的正、负、零序电压
U_A, U_B, U_C	系统中任一母线或保护安装处的三相电压	U_{A2}, U_{B2}, U_{C2}	
		U_{A0}, U_{B0}, U_{C0}	
U_{dA}, U_{dB}, U_{dC}	故障点的三相电压	U_e	额定电压
U_{d1}, U_{d2}, U_{d0}	故障点的正、负、零序电压	U_{bp}	不平衡电压

三、电流类符号

I_A, I_B, I_C	三相电流	$I_{d \cdot \max}$	最大短路电流	
I_d	短路电流	$I_{d \cdot \min}$	最小短路电流	
I_1, I_2, I_0	正、负、零序电流	I_f	负荷电流	
I_{dA}, I_{dB}, I_{dC}	故障点的三相短路电流	$I_{f \cdot \max}$	最大负荷电流	
I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}	} 三相中的正、负、零序电流	I_e	额定电流	
I_{A2}, I_{B2}, I_{C2}		} 故障点的正、负、零序电流	$I_{e \cdot b}$	变压器的额定电流
I_{A0}, I_{B0}, I_{C0}			$I_{e \cdot f}$	发电机的额定电流
I_{d1}, I_{d2}, I_{d0}		I_{bp}	不平衡电流	

四、阻抗类符号

R	电阻	Z_b	变压器阻抗
X	电抗	Z_f	发电机阻抗
$Z = R + jX$	阻抗	$Z_{f \cdot \min}$	最小负荷阻抗
Z_l	线路阻抗	Z_s	系统阻抗

Z_L	导线-地阻抗	Z_Σ	总阻抗
Z_M	互感阻抗	$Z_{1\Sigma}, Z_{2\Sigma}, Z_{0\Sigma}$	正、负、零序综合阻抗

五、保护装置及继电器的有关参数

I_{dz}	保护装置的起动电流	$U_{h.j}$	继电器的返回电压
I_h	保护装置的返回电流	$Z_{dz.j}$	继电器的起动阻抗
U_{dz}	保护装置的起动电压	$Z_{h.j}$	继电器的返回阻抗
U_h	保护装置的返回电压	Z_{zd}	继电器的整定阻抗
Z_{dz}	保护装置的起动阻抗	I_j	加入继电器中的电流
Z_h	保护装置的返回阻抗	U_j	加入继电器中的电压
$I_{dz.j}$	继电器的起动电流	$Z_j = \frac{U_j}{I_j}$	继电器的测量阻抗
$I_{h.j}$	继电器的返回电流		
$U_{dz.j}$	继电器的起动电压		

六、常用的系数

K_k	可靠系数	K_{fzq}	非周期分量影响系数
K_{lm}	灵敏系数	K_{lx}	同型系数
K_h	返回系数	K_{ph}	配合系数
K_{jx}	接线系数	K_{zq}	电动机自起动系数
K_{fz}	分支系数	K_1, K_2, K_3	比例常数

目 录

第三版前言	
第二版前言	
第一版前言	
本书使用符号说明	
第一章 绪论	1
第二章 电网的电流保护和方向性电流保护	9
第一节 单侧电源网络相间短路的电流保护	9
第二节 电网相间短路的方向性电流保护	32
第三节 中性点直接接地电网中接地短路的零序电流及方向保护	46
第四节 中性点非直接接地电网中单相接地故障的零序电压、电流及方向保护	56
第三章 电网的距离保护	65
第一节 距离保护的作用原理	65
第二节 阻抗继电器	67
第三节 阻抗继电器的接线方式	89
第四节 集成电路型方向阻抗继电器的接线和特性分析	92
第五节 距离保护的整定计算原则及对距离保护的评价	99
第六节 影响距离保护正确工作的因素及防止方法	102
*第七节 距离保护装置框图举例	125
第四章 输电线纵联保护	129
第一节 输电线纵联差动保护	129
第二节 输电线的高频保护	136
*第三节 微波保护简介	151
第四节 输电线纵联保护的发展趋势	152
第五章 自动重合闸	153
第六章 电力变压器的继电保护	170
第一节 电力变压器的故障类型、不正常运行状态及其相应的保护方式	170
第二节 变压器的纵差动保护	171
第三节 变压器的电流和电压保护	183
*第四节 变压器的瓦斯保护	186
第七章 发电机的继电保护	188
第一节 发电机的故障类型、不正常运行状态及其相应的保护方式	188
第二节 发电机的纵差动保护和横差动保护	189

第三节	发电机的单相接地保护	194
第四节	发电机的负序过电流保护	201
第五节	发电机的失磁保护	205
第六节	发电机-变压器组继电保护的特点和原理接线图举例	213
第八章	母线的继电保护	217
附录一	继电器的分类、型号和表示方法	230
附录二	继电保护的灵敏系数	231
附录三	集成电路继电保护中应用运算放大器的基本电路	233
附录四	按“四统一”设计的整流型相间距离保护装置简介	255
参考文献	266

第一章 绪 论

一、电力系统继电保护的作用

电力系统在运行中，可能发生各种故障和不正常运行状态，最常见同时也是最危险的故障是发生各种型式的短路。在发生短路时可能产生以下的后果：

- (1) 通过故障点的很大的短路电流和所燃起的电弧，使故障元件损坏；
- (2) 短路电流通过非故障元件，由于发热和电动力的作用，引起它们的损坏或缩短它们的使用寿命；
- (3) 电力系统中部分地区的电压大大降低，破坏用户工作的稳定性或影响工厂产品质量；
- (4) 破坏电力系统并列运行的稳定性，引起系统振荡，甚至使整个系统瓦解。

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，这种情况属于不正常运行状态。例如，因负荷超过电气设备的额定值而引起的电流升高（一般又称过负荷），就是一种最常见的不正常运行状态。由于过负荷，使元件载流部分和绝缘材料的温度不断升高，加速绝缘的老化和损坏，就可能发展成故障。此外，系统中出现功率缺额而引起的频率降低，发电机突然甩负荷而产生的过电压，以及电力系统发生振荡等，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，就是指系统或其中一部分的正常工作遭到破坏，并造成对用户少送电或电能质量变坏到不能容许的地步，甚至造成人身伤亡和电气设备的损坏。

系统事故的发生，除了由于自然条件的因素（如遭受雷击等）以外，一般都是由于设备制造上的缺陷、设计和安装的错误、检修质量不高或运行维护不当而引起的。因此，只要充分发挥人的主观能动性，正确地掌握客观规律，加强对设备的维护和检修，就可以大大减少事故发生的机率，把事故消灭在发生之前。

在电力系统中，除应采取各项积极措施消除或减少发生故障的可能性以外，故障一旦发生，必须迅速而有选择性地切除故障元件，这是保证电力系统安全运行的最有效方法之一。切除故障的时间常常要求小到十分之几甚至百分之几秒，实践证明只有装设在每个电气元件上的保护装置才有可能满足这个要求。这种保护装置直到目前为止，大多是由单个继电器或继电器与其附属设备的组合构成的，故称为继电保护装置。在电子式静态保护装置和数字式保护装置出现以后，虽然继电器已被电子元件或计算机所代替，但仍沿用此名称。在电业部门常用继电保护一词泛指继电保护技术或由各种继电保护装置组成的继电保护系统。继电保护装置一词则指各种具体的装置。

继电保护装置，就是指能反应电力系统中电气元件发生故障或不正常运行状态，并动作于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) 自动、迅速、有选择性地将故障元件从电力系统中切除，使故障元件免于继续遭到破坏，保证其它无故障部分迅速恢复正常运行；

(2) 反应电气元件的不正常运行状态，并根据运行维护的条件（例如有无经常值班人员），而动作于发出信号、减负荷或跳闸。此时一般不要求保护迅速动作，而是根据对电力系统及其元件的危害程度规定一定的延时，以免不必要的动作和由于干扰而引起的误动作。

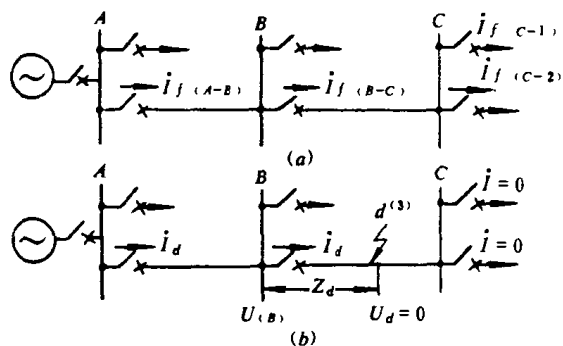


图 1-1 单侧电源网络接线
(a) 正常运行情况；(b) d 点三相短路情况

二、继电保护的基本原理和保护装置的组成

为完成继电保护所担负的任务，显然应该要求它能够正确地地区分系统正常运行与发生故障或不正常运行状态之间的差别，以实现保护。

如图1-1(a)所示的网络接线，在电力系统正常运行时，每条线路上都流过由它供电的负荷电流 I_f ，

越靠近电源端的线路上的负荷电流越大。同时，各变电所母线上的电压，一般都在额定电压 $\pm 5\% \sim 10\%$ 的范围内变化，且靠近于电源端母线上的电压较高。线路始端电压与电流之间的相位角决定于由它供电的负荷的功率因数角和线路的参数。由电压与电流之比值所代表的“测量阻抗”，则是在线路始端所感受到的、由负荷所反应出来的一个等效阻抗，其值一般很大。

当系统发生故障时，其状况如图1-1(b)所示。假定在线路 $B-C$ 上发生了三相短路，则短路点的电压 U_d 降低到零，从电源到短路点之间均将流过很大的短路电流 i_d ，各变电所母线上的电压也将不同程度上有很大的降低，距短路点越近时降低得越多。设以 Z_d 表示短路点到变电所 B 母线之间的阻抗，则母线上的残余电压应为 $\dot{U}_{(B)} = i_d Z_d$ 。此时， $\dot{U}_{(B)}$ 与 i_d 之间的相位角就是 Z_d 的阻抗角，在线路始端的测量阻抗就是 Z_d ，此测量阻抗的大小正比于短路点到变电所 B 母线之间的距离。

在一般的情况下，发生短路之后，总是伴随有电流的增大、电压的降低、线路始端测量阻抗的减小，以及电压与电流之间相位角的变化。因此，利用正常运行与故障时这些基本参数的区别，便可以构成各种不同原理的继电保护，例如：①反应于电流增大而动作的过电流保护；②反应于电压降低而动作的低电压保护；③反应于短路点到保护安装地点之间的距离（或测量阻抗的减小）而动作的距离保护（或低阻抗保护）等。

此外，就电力系统中的任一电气元件来看，如图1-2中的线路 $A-B$ ，在正常运行时，在某一瞬间，负荷电流总是从一侧流入而从另一侧流出，如图1-2(a)所示。如果我们统一规定电流的正方向都是从母线流向线路，那么，按照规定的正方向， $A-B$ 两侧电流的大小相等，而相位相差 180° 。当在线路 $A-B$ 的范围以外 (d_1) 短路时，如图1-2(b)所示，由电源 I 所供给的短路电流 I_{d1} 将流过线路 $A-B$ ，此时 $A-B$ 两侧的电流仍然是大小相等相位相反，其特征与正常运行时一样。如果短路发生在线路 $A-B$ 的范围以内 (d_2)，如图1-2

(c) 所示, 由于两侧电源均分别向短路点 d_2 供给短路电流 i'_{d2} 和 i''_{d2} , 因此, 在线路 $A-B$ 两侧的电流都是由母线流向线路, 此时两个电流的大小一般都不相等, 在理想情况下(两侧电势同相位且全系统的阻抗角相等), 两个电流同相位。

利用每个电气元件在内部故障与外部故障(包括正常运行情况)时, 两侧电流相位或功率方向的差别, 就可以构成各种差动原理的保护, 如纵联差动保护、相差高频保护、方向高频保护等。差动原理的保护只能在被保护元件的内部故障时动作, 而不反应外部故障。因而被认为具有绝对的选择性。

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每相中的电流和电压(如相电流、相或线电压), 也可以使之仅反应于其中的某一个对称分量(如负序、零序或正序)的电流和电压。由于在正常运行情况下, 负序和零序分量不会出现, 而在发生不



图 1-3 继电保护装置的原理结构图

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, 利用这些分量构成的保护装置, 一般都具有良好的选择性和灵敏性, 这正是这种保护装置获得广泛应用的原因。

除上述反应于各种电气量的保护以外, 还有根据电气设备的特点实现反应非电量的保护。例如, 当变压器油箱内部的绕组短路时, 反应于油被分解所产生的气体而构成的瓦斯保护; 反应于电动机绕组的温度升高而构成的过负荷或过热保护等。

以上各种原理的保护, 可以由一个或若干个继电器连接在一起组成保护装置来实现(关于继电器的分类、型号和表示方法参见附录一)。

就一般情况而言, 整套继电保护装置是由测量部分、逻辑部分和执行部分组成的, 其原理结构如图1-3所示, 现分述如下。

1. 测量部分

测量部分是测量从被保护对象输入的有关电气量, 并与已给定的整定值进行比较, 根据比较的结果, 给出“是”、“非”; “大于”、“不大于”等于“0”或“1”性质的一组逻辑信号, 从而判断保护是否应该起动。

2. 逻辑部分

逻辑部分是依据测量部分各输出量的大小、性质、输出的逻辑状态、出现的顺序或它们的组合, 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回路有“或”、“与”、“否”、“延时起动”、“延时返回”以及“记忆”等回路。

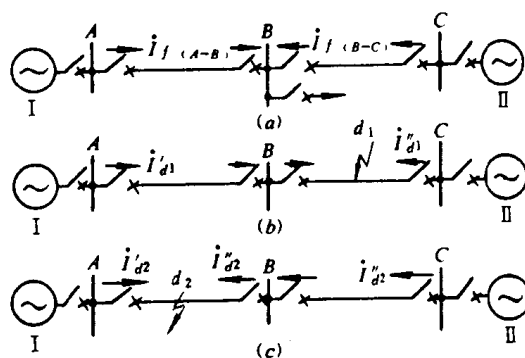


图 1-2 双侧电源网络接线
(a) 正常运行情况; (b) d_1 点短路时的电流分布; (c) d_2 点短路时的电流分布

电压(如相电流、相或线电压), 也可以使之仅反应于其中的某一个对称分量(如负序、零序或正序)的电流和电压。由于在正常运行情况下, 负序和零序分量不会出现, 而在发生不

3. 执行部分

执行部分是根据逻辑部分传送的信号，最后完成保护装置所担负的任务。如故障时，动作于跳闸；不正常运行时，发出信号；正常运行时，不动作等。

三、对电力系统继电保护的基本要求

动作于跳闸的继电保护，在技术上一般应满足四个基本要求，即选择性、速动性、灵敏性和可靠性，现分别讨论如下。

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。

在图1-4所示的网络接线中，当 d_1 点短路时，应由距短路点最近的保护1和2动作跳闸，将故障线路切除，变电所B则仍可由另一条无故障的线路继续供电。而当 d_3 点短路时，保护6动作跳闸，切除线路C-D，此时只有变电所D停电。由此可见，继电保护有选择性的动作可将停电范围限制到最小，甚至可以作到不中断向用户供电。

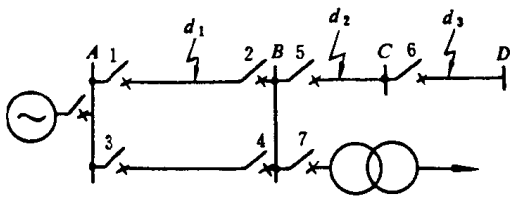


图 1-4 单侧电源网络中，有选择性动作的说明

作跳闸，将故障线路切除，变电所B则仍可由另一条无故障的线路继续供电。而当 d_3 点短路时，保护6动作跳闸，切除线路C-D，此时只有变电所D停电。由此可见，继电保护有选择性的动作可将停电范围限制到最小，甚至可以作到不中断向用户供电。

在要求继电保护动作有选择性的同时，还必须考虑继电保护或断路器有拒绝动作的可能性，因而就需要考虑后备保护的问题。如图1-4所示，当 d_3 点短路时，距短路点最近的保护6本应动作切除故障，但由于某种原因，该处的继电保护或断路器拒绝动作，故障便不能消除，此时如其前面一条线路（靠近电源侧）的保护5能动作，故障也可消除。能起保护5这种作用的保护称为相邻元件的后备保护。同理，保护1和3又应该作为保护5和7的后备保护。按以上方式构成的后备保护是在远处实现的，因此又称为远后备保护。

在复杂的高压电网中，当实现远后备保护在技术上有困难时，也可以采用近后备保护的方式。即当本元件的主保护拒绝动作时，由本元件的另一套保护作为后备保护；当断路器拒绝动作时，由同一发电厂或变电所内的有关断路器动作，实现后备。为此，在每一元件上应装设单独的主保护和后备保护，并装设必要的断路器失灵保护。由于这种后备作用是在主保护安装处实现，因此，称它为近后备保护。

应当指出，远后备的性能是比较完善的，它对相邻元件的保护装置、断路器、二次回路和直流电源所引起的拒绝动作，均能起到后备作用，同时它的实现简单、经济，因此，应优先采用，只当远后备不能满足要求时，才考虑采用近后备的方式。

2. 速动性

快速地切除故障可以提高电力系统并列运行的稳定性，减少用户在电压降低的情况下工作的时间，以及缩小故障元件的损坏程度。因此，在发生故障时，应力求保护装置能迅速动作切除故障。

动作迅速而同时又能满足选择性要求的保护装置，一般都结构比较复杂，价格比较昂贵。电力系统在一些情况下，允许保护装置带有一定的延时切除故障。因此，对继电保护

速动性的具体要求，应根据电力系统的接线以及被保护元件的具体情况来确定。下面列举一些必须快速切除的故障：

- (1) 根据维持系统稳定的要求，必须快速切除的高压输电电路上发生的故障；
- (2) 使发电厂或重要用户的母线电压低于允许值（一般为0.7倍额定电压）的故障；
- (3) 大容量的发电机、变压器以及电动机内部发生的故障；
- (4) 1~10kV线路导线截面过小，为避免过热不允许延时切除的故障等；
- (5) 可能危及人身安全、对通讯系统或铁道号志系统有强烈干扰的故障等。

故障切除的总时间等于保护装置和断路器动作时间之和。一般的快速保护的动作为0.06~0.12 s，最快的可达0.01~0.04 s，一般的断路器的动作为0.06~0.15 s，最快的可达0.02~0.06 s。

3. 灵敏性

继电保护的灵敏性，是指对于其保护范围内发生故障或不正常运行状态的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应该是在事先规定的保护范围内部故障时，不论短路点的位置、短路的类型如何，以及短路点是否有过渡电阻，都能敏锐感觉，正确反应。保护装置的灵敏性，通常用灵敏系数来衡量，它主要决定于被保护元件和电力系统的参数和运行方式。在原水利电力部颁发的《继电保护和安全自动装置技术规程》SDJ6-83中，对各类保护灵敏系数的要求都作了具体规定（参见附录二）。关于这个问题在以后各章中还将分别予以讨论。

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，而在任何其他该保护不应该动作的情况下，则不应该误动作。

可靠性主要指保护装置本身的质量和运行维护水平而言。一般说来，保护装置的组成元件的质量越高、接线越简单、回路中继电器的触点数量越少，保护装置的工作就越可靠。同时，精细的制造工艺、正确地调整试验、良好的运行维护以及丰富的运行经验，对于提高保护的可靠性也具有重要的作用。

继电保护装置的误动作和拒绝动作都会给电力系统造成严重的危害。但提高其不误动的可靠性和不拒动的可靠性的措施常常是互相矛盾的。由于电力系统的结构和负荷性质的不同，误动和拒动的危害程度有所不同，因而提高保护装置可靠性的着重点在各种具体情况下也应有所不同。例如当系统中有充足的旋转备用容量、输电线路很多、各系统之间和电源与负荷之间联系很紧密时，由于继电保护装置的误动作，使发电机变压器或输电线切除而给电力系统造成的影响可能很小。但如果发电机变压器或输电线故障时继电保护装置拒绝动作，将会造成设备的损坏或系统稳定的破坏，损失是巨大的。在此情况下，提高继电保护不拒动的可靠性比提高不误动的可靠性更为重要。但在系统中旋转备用容量很少及各系统之间和电源与负荷之间的联系比较薄弱的情况下，由于继电保护装置的误动作使发电机、变压器或输电线切除时，将会引起对负荷供电的中断，甚至造成系统稳定的破坏，损失是巨大的。而当某一保护装置拒动时，其后备保护仍可以动作而切除故障。因此，在这种情况下，提高保护装置不误动的可靠性比提高其不拒动的可靠性更为重要。由此可见，

提高保护装置的可靠性应根据电力系统和负荷的具体情况采取适当的措施。

为了便于分析继电保护装置的可靠性，在有些文献中将继电保护不误动的可靠性称为“安全性”，而将其不拒动和不会非选择性动作的可靠性称为“可信赖性”，意指保护装置的动作行为完全依附于电力系统的故障情况。安全性和可信赖性基本上都属于可靠性的范畴，因此本书仍沿用我国传统的四个基本要求（或称“四性”）的提法。

以上四个基本要求是分析研究继电保护性能的基础，也是贯穿全课程的一个基本线索。在它们之间，既有矛盾的一面，又有在一定条件下统一的一面。继电保护的科学研究、设计、制造和运行的绝大部分工作也是围绕着如何处理好这四个基本要求之间的辩证统一关系而进行的，在学习这门课程时应注意学习和运用这样的思考和分析方法。

选择继电保护方式除应满足上述的基本要求外，还应该考虑经济条件。首先应从国民经济的整体利益出发，按被保护元件在电力系统中的作用和地位来确定保护方式，而不能只从保护装置本身的投资来考虑，这是因为保护不完善或不可靠而给国民经济造成的损失，一般都远远超过即使是最复杂的保护装置的投资。但要注意对较为次要的数量很多的电气元件（如小容量电动机等），也不应该装设过于复杂和昂贵的保护装置。

四、电力系统继电保护工作的特点

继电保护在电力系统中的作用及其对电力系统安全连续供电的重要性，要求继电保护必须具有一定的性能、特点，因而对继电保护工作者也应提出相应的要求。继电保护的主要的特点及对保护工作者的要求如下。

（1）电力系统是由很多复杂的一次主设备和二次保护、控制、调节、讯号等辅助设备组成的一个有机的整体。每个设备都有其特有的运行特性和故障时的工作行为。任一设备的故障都将立即引起系统正常运行状态的改变或破坏，给其他设备以及整个系统造成不同程度的影响。因此，继电保护的工作牵涉到每个电气主设备和二次辅助设备。这就要求继电保护工作者对所有这些设备的工作原理、性能、参数计算和故障状态的分析等有深刻地理解，还要有广泛的生产运行知识。此外对于整个电力系统的规划设计原则、运行方式制订的依据、电压及频率调节的理论、潮流及稳定计算的方法以及经济调度、安全控制原理和方法等都要有清楚的概念。对于初学这门课程的学生，要求首先熟悉掌握电工原理、电机学及先行的各专业课程中讲授的主要内容。

（2）电力系统继电保护是一门综合性的科学，它奠基于理论电工，电机学和电力系统等基础理论，还与电子技术、通讯技术、计算机技术和信息科学等新理论新技术有着密切的关系。纵观继电保护技术的发展史，可以看到电力系统通讯技术上的每一个重大进展都导致了一种新保护原理的出现，例如高频保护和微波保护等；每一种新电子元件的出现也都引起了继电保护装置的革命。由机电式继电器发展到晶体管保护装置、集成电路式保护装置并向计算机保护的方向过渡，就充分说明了这个问题。可以预见，微处理机的迅速发展和实用化与计算机在电力系统调度控制自动化方面的应用，以及光导纤维通讯和信息网络的实现都将使继电保护技术的面貌发生根本的变化。在继电保护的设计、制造和运行方面都将出现一些新的理论、新的概念和新的方法。由此可见，继电保护工作者应密切注意相邻学科中新理论、新技术、新材料的发展情况，积极而慎重地运用各种新技术成果，

不断发展继电保护的理论和提高其技术水平和可靠性指标，改善保护装置的性能，以保证电力系统的安全运行。

(3) 继电保护是一门理论和实践并重的学科。为掌握继电保护装置的性能及其在电力系统故障时的动作行为，既需运用所学课程的理论知识对系统故障情况和保护装置动作行为进行分析，还需对继电保护装置进行实验室试验、在电力系统动态模型上试验、现场人工故障试验以及在现场条件下的试运行。仅有理论分析不能认为对保护性能的了解是充分的。只有经过各种严格的试验，试验结果和理论分析基本一致，并满足预定的要求，才能在实践中采用。因此，要搞好继电保护工作不仅要善于对复杂的系统运行和保护性能问题进行理论分析，还必须掌握科学的实验技术，尤其是在现场条件下进行调试和实验的技术。

(4) 继电保护的工作稍有差错，就可能对电力系统的运行造成严重的影响，给国民经济和人民生活带来不可估量的损失。国内、外几次电力系统瓦解，进而导致广大地区工、农业生产瘫痪和社会秩序混乱的严重事故，常常是一个继电保护装置不正确动作引起的。因此继电保护工作者对电力系统的安全运行肩负着重大的责任。这就要求继电保护工作者具有高度的责任感，严谨细致的工作作风，在工作中树立可靠性第一的思想。此外，还要求他们有合作精神，主动配合各规划、设计和运行部门分析研究电力系统发展和运行情况，了解对继电保护的要求，以便及时采取应有的措施，确保继电保护满足电力系统安全运行的要求。

五、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而发展起来的。电力系统中的短路是不可避免的。短路必然伴随着电流的增大，因而为了保护发电机免受短路电流的破坏，首先出现了反应电流超过一预定值的过电流保护。熔断器就是最早的、最简单的过电流保护。这种保护方式时至今日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，发电厂、变电站和供电网的结线不断复杂化，电力系统中正常工作电流和短路电流都不断增大，熔断器已不能满足选择性和快速性的要求，于是出现了作用于专门的断流装置（断路器）的过电流继电器。上个世纪90年代出现了装于断路器上并直接作用于断路器的一次式（直接反应于一次短路电流）的电磁型过电流继电器。本世纪初随着电力系统的发展，继电器才开始广泛应用于电力系统的保护。这个时期可认为是继电保护技术发展的开端。

1901年出现了感应型过电流继电器。1908年提出了比较被保护元件两端电流的电流差动保护原理。1910年方向性电流保护开始得到应用，在此时期也出现了将电流与电压相比较的保护原理，并导致了本世纪20年代初距离保护装置的出现。随着电力系统载波通讯的发展，在1927年前后，出现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或电流相位的高频保护装置。在50年代，微波中继通讯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故障电气量的微波保护。早在50年代就出现了利用故障点产生的行波实现快速继电保护的设想，经过20余年的研究，终于诞生了行波保护装