



普通高等教育“十二五”规划教材
示范院校重点建设专业系列教材

继电保护技术

主 编 周宏伟

主 审 余建军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材
示范院校重点建设专业系列教材

继电保护技术

主 编 周宏伟

主 审 余建军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为四川水利职业技术学院电力工程系省级示范建设“电力系统自动化技术”专业的教材建设中《电气二次设备安装与维护》一分支。全书按“项目导向、任务驱动”的体系编写，共分继电保护基本知识和七个项目，分别为继电保护装置的基础元件、电网相间短路的电流电压保护、电网的接地保护、电网的距离保护、电网的微机保护、电力变压器的继电保护、水轮发电机的继电保护。

本书是针对中型以下（即总装机在50MW以下，出线电压等级为110kV及以下）的水力发电厂内的电气设备和出线而编写的，220kV及以上电压等级线路保护只提及概念，以开阔学生视野。每一项目内均包含了常规保护和微机保护，其中微机保护只介绍原理、功能、逻辑框图，具体的原理接线及整定计算方法见各厂家的产品说明书。

本书可作为电类专业的教材，也可供其他学习继电保护和从事继电保护工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护技术 / 周宏伟主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014.9

普通高等教育“十二五”规划教材. 示范院校重点建设专业系列教材

ISBN 978-7-5170-2529-0

I. ①继… II. ①周… III. ①继电保护—高等职业教育—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第218861号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 示范院校重点建设专业系列教材 继电保护技术
作 者	主编 周宏伟 主审 余建军
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开 17.25印张 409千字
版 次	2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	36.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

四川水利职业技术学院电力工程系 “示范院校建设”教材编委会名单

冯黎兵 杨星跃 蒋云怒 杨泽江 袁兴惠 周宏伟
韦志平 郑 静 郑 国 刘一均 陈 荣 刘 凯
易天福 李奎荣 李荣久 黄德建 尹志渊 郑嘉龙
李艳君 罗余庆 谭兴杰

杨中瑞 (四川省双合教学科研电厂)

仲应贵 (四川省送变电建设有限责任公司)

舒 胜 (四川省外江管理处三合堰电站)

何朝伟 (四川兴网电力设计有限公司)

唐昆明 (重庆新世纪电气有限责任公司)

江建明 (国电科学技术研究院)

刘运平 (宜宾富源发电设备有限公司)

肖 明 (岷江水利电力股份有限公司)



前 言

PREFACE

本书是为四川水利职业技术学院电力工程系省级示范“电力系统自动化技术”专业的教材建设所编教材之一，为适应水利电力行业的培养目标和继电保护技术当今的发展水平而编，本书的文字和图形符号采用国家的最新标准，在“必须、够用、适用”的原则指导下，体现了如下特点：

(1) 注重实用性。高职学院培养人才的规格定位在高级技能型，对于这一类人才的培养要注重面向工程实践，培养学生理论联系实际、解决问题的能力。因此，在教材的编写过程中，注重引用工程中的实例，培养学生的工程意识和工程应用能力；对于超越了培养目标的部分知识，用“知识拓展”的形式表示，让学生建立拓展的知识框架，为将来就业向“迁移岗位”、“发展岗位”发展打下基础。

(2) 加强课程内容的整合。本书在编写过程中，将常规保护与微机保护两部分内容进行了有效整合，在介绍继电保护的工作原理时用常规保护的原理接线图进行展示，力求直观、易解，但又弱化常规部分的硬件介绍，用微机保护的原理框图体现保护的動作逻辑，强化微机保护软件的功能。另外不专门介绍线路和母线的纵差保护，有关内容穿插到变压器的纵差保护中。

(3) 体现新颖性。更新教材内容，跟进时代，加入一些新的实用的知识，同时淘汰一些陈旧过时的内容。

本书由四川水利职业技术学院周宏伟组织编写并统稿，由四川水利职业技术学院电力工程示范院校建设教材编委会组织主审，由四川水利职业技术学院双合教学科研电厂余建军执行主审。本书在编写过程中得到了重庆新世纪电气有限公司、长沙华能自控集团湖南华自科技有限公司等的大力支持，他们向编者提供了大量适应于中型以下水电站、体现当今继电保护发展水平的微机保护素材，在此表示感谢。

限于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免存在错误和不妥之处，诚恳希望广大读者批评指正。

编者

2013年6月



目 录

CONTENTS

前言

继电保护基本知识	1
项目一 继电保护装置的基础元件	11
任务一 电流互感器 (TA)	11
任务二 电压互感器 (TV)	14
任务三 测量变换器	16
任务四 对称分量滤过器	17
任务五 常用电磁式继电器	20
任务六 微机继电保护的硬件	28
任务七 微机保护的软件	47
项目二 电网相间短路的电流电压保护	69
任务一 单侧电源网络相间短路的电流保护	69
任务二 双侧电源网络的电流保护	96
项目三 电网的接地保护	113
任务一 大电流接地系统的零序电流保护	113
任务二 小电流接地系统的单相接地保护	122
项目四 电网的距离保护	126
任务一 三段式距离保护	126
任务二 阻抗继电器 (KI)	129
任务三 阻抗继电器的接线方式	139
任务四 影响距离保护正确工作的因素	143
任务五 距离保护的整定计算	151
项目五 电网的微机保护	159
任务一 35kV 及以下线路的微机保护	159
任务二 110kV 线路的微机保护	166
项目六 电力变压器的继电保护	174
任务一 电力变压器保护的配置	174
任务二 变压器的瓦斯保护	176
任务三 变压器的电流速断保护	179
任务四 变压器的纵联差动保护	181

任务五	变压器相间短路的后备保护和过负荷保护	192
任务六	电力变压器接地保护	197
任务七	变压器的微机保护	200
任务八	变压器保护装置的整定计算	212
任务九	电力变压器保护全图举例	217
项目七	水轮发电机的继电保护	221
任务一	水轮发电机保护的配置	221
任务二	水轮发电机的纵联差动保护	224
任务三	水轮发电机定子匝间短路保护	229
任务四	水轮发电机的电流电压保护	230
任务五	发电机定子接地保护	234
任务六	发电机转子绕组的接地保护	237
任务七	水轮发电机的失磁保护	238
任务八	发电机—变压器组的继电保护	239
任务九	发电机的微机保护	244
任务十	发电机保护装置的整定计算	255
任务十一	水轮发电机保护回路接线图举例	262
附录 1	常用文字符号	266
附录 2	短路保护的最小灵敏系数	268
参考文献		270

继电保护基本知识

项目分析：

从电力系统的运行中可能出现的故障和不正常运行状态，到这些现象带来的后果，引出继电保护装置的作用和任务，提出对继电保护的基本要求，说明其组成和发展史。

知识目标：

理解电力系统继电保护的含义、任务；了解继电保护装置基本原理及组成；理解对继电保护的基本要求内涵及相互间关系；理解主保护、后备保护、辅助保护、启动、动作等几个重要名词定义。

技能目标：

- (1) 定义主保护、后备保护。
- (2) 在一次接线图中画出主保护、后备保护的保护区。

任务描述：

电力系统出现故障和不正常运行状态是无法避免的，如何减轻其后果是继电保护装置的任务，本项目从此开始讨论。

任务分析：

从电力系统出现故障和不正常运行状态后其参数和正常运行状态的不同，推出继电保护的构成原理；从尽量减轻故障后果引出继电保护的“四性”；从二次设备的发展介绍继电保护的发展。

任务实施：

一、电力系统的正常工作状态

电力系统是电能生产、变换、输送、分配和使用的各种电力设备按照一定的技术与经济要求有机组成的一个整体。

一般将上述联合系统内电能通过的设备称为电力系统的一次设备，如发电机、变压器、断路器、母线、输电线路、电动机及其他用电设备等。

对一次设备的运行状态进行监视、测量、控制和保护的装置，称为电力系统的二次设备。

当前电能一般还不能大容量、廉价地存储，生产、输送和消费是在同一时间完成的。因此，电能的生产量应每时每刻与电能的消费量保持平衡，并满足质量要求。由于一年内夏、冬季的负荷较春、秋季的大，一星期内工作日的负荷较休息日的大，一天内的负荷也有高峰与低谷之分，电力系统中的某些设备，随时都会因绝缘材料的老化、制造中的缺



陷、自然灾害等原因出现故障而退出运行。为满足时刻变化的负荷用电需求和电力设备安全运行的要求，电力系统的运行状态随时都在变化。

电力系统运行状态是指电力系统在不同运行条件（如负荷水平、出力配置、系统接线、故障等）下的系统与设备的工作状况。根据不同的运行条件，可以将电力系统的运行状态分为正常状态、不正常状态和故障状态。电力系统运行控制的目的是通过自动的和人工的控制，使电力系统尽快摆脱不正常状态和故障状态，能够长时间在正常状态下运行。

在正常状态下运行的电力系统，以足够的电功率满足负荷对电能的需求；电力系统中各发电、输电和用电设备均在规定的长期安全工作限额内运行；电力系统中各母线电压和频率均在允许的偏差范围内，提供合格的电能。一般在正常状态下的电力系统，其发电、输电和变电设备还保持一定的备用容量，能满足负荷随机变化的需要，同时在保证安全的条件下，可以实现经济运行；能承受常见的干扰（如部分设备的正常和故障操作），从一个正常状态和不正常状态、故障状态通过预定的控制连续变化到另一个正常状态，而不至于进一步产生有害的后果。

二、常见的不正常工作状态及其危害

介于正常运行状态与故障状态之间的电力系统工作状态，即运行参数偏离了允许值范围的状态称为不正常运行状态。

例如，因负荷潮流超过电力设备的额定上限造成的电流升高（又称过负荷）；系统中出现功率缺额而引起的频率降低；中性点不接地系统和非有效接地系统中的单相接地引起的非接地相对地电压的升高；以及电力系统发生振荡等，都属于不正常运行状态。

过负荷将使电力设备的载流部分和绝缘材料的温度超过散热条件的允许值而不断升高，造成载流导体的熔断或加速绝缘材料的老化和损坏，可能发展成故障。

电压的升高有可能超过绝缘介质的耐压水平，造成绝缘短路，酿成短路；照明设备的寿命明显缩短；变压器和电动机由于铁芯饱和，损耗和温升都将增加。

频率变化将引起异步电动机转速变化，由此驱动的纺织造纸等机械制造的产品质量受到影响，甚至出现残次品；电动机转速和功率的降低，导致传动机械的出力降低；工业和国防部门使用的测量、控制等电子设备将因频率的波动而影响其准确性和工作性能，甚至无法工作；频率降低还可能导致系统不稳定，甚至出现频率崩溃。

因此必须识别电力系统的不正常工作状态，并通过自动和人工的方式消除这种不正常现象，使系统尽快恢复到正常运行状态。

三、故障状态及其危害

电力系统的所有一次设备在运行过程中由于外力、绝缘老化、过电压、误操作、设计制造缺陷等原因会发生如短路、断线、倒杆等故障。最常见同时也是最危险的故障是发生各种类型的短路。

电力系统中发生短路故障时，可能由于短路回路的电流大大增加和母线电压急剧下降而产生下列严重后果：

- (1) 数值较大的短路电流通过故障点时，引燃电弧，使故障设备损坏或烧毁。



(2) 短路电流通过非故障设备时, 产生发热和电动力, 使其绝缘遭受到破坏或缩短设备使用年限。

(3) 电力系统中部分地区电压值大幅度下降, 将破坏电能用户正常工作或影响产品质量。

(4) 破坏电力系统中各发电之间并联运行的稳定性, 使系统发生振荡, 从而使事故扩大, 甚至使整个电力系统瓦解。

各种类型的短路包括三相短路、两相短路、两相接地短路和单相接地短路, 见表 0-1。不同类型短路发生的概率是不同的, 不同类型短路电流的大小也不同, 一般为额定电流的几倍到几十倍。大量的现场统计数据表明, 在高压电网中, 单相接地短路次数占有短路次数的 85% 以上。

表 0-1 电力系统短路的基本类型

故障类型	示意图	文字符号	故障率
三相短路		$k^{(3)}$	2.0%
两相短路		$k^{(2)}$	1.6%
两相接地短路		$k^{(1,1)}$	6.1%
单相接地短路		$k^{(1)}$	87.0%
其他 (包括断线等)			3.3%

电力系统中发生不正常运行状态和故障时, 都可能引起系统事故。事故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程度, 甚至造成人身伤亡和电气设备损坏。

系统事故的发生, 除自然条件的因素(如遭受雷击等)以外, 一般都是由设备制造上的缺陷、设计和安装的错误、检修质量不高或运行维护不当引起的; 因此, 应提高设计和运行水平, 并提高制造与安装质量, 这样可能大大减少事故发生的几率。但是不可能完全避免系统故障和不正常运行状态的发生, 故障一旦发生, 故障量将以很快速度影响其他非



故障设备，甚至引起新的故障。为防止系统事故扩大，保证非故障部分仍能可靠地供电，并维持电力系统运行的稳定性，要求迅速有选择性地切除故障元件。切除故障的时间有时要求短到十分之几秒到百分之几秒（即分数秒），显然，在这么短的时间内，由运行人员发现故障设备，并将故障设备切除是不可能的。只有借助于安装在每一个电气设备上的自动装置，即继电保护装置，才能实现。

四、继电保护的任務

所谓继电保护装置，是指安装在被保护元件（引接被保护元件电流、电压互感器二次侧参数，安装位置即指电流互感器 TA、电压互感器 TV 在一次回路中的位置）上，反映被保护元件故障或不正常运行状态并作用于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。

继电保护装置最初是以若干单个继电器为主构成的——常规保护，现代继电保护装置则已发展成以微型计算机（单片机或数字信号处理器 DSP）为主构成的微机保护。“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。

继电保护装置的基本任务是：

（1）反应电气元件的故障时，自动、迅速、有选择性地将被故障元件从电力系统中切除（指该设备的断路器跳闸），使故障元件免于继续遭到破坏，并保证其他非故障元件迅速恢复正常运行（简称：故障——跳闸）。

（2）反应电气元件不正常运行情况，并根据不正常运行情况的种类和电气元件维护条件，自动发出信号，由运行人员进行处理或自动地进行调整或将那些继续运行会引起事故的电气元件予以切除。反映不正常运行情况的继电保护装置允许带有一定的延时动作（简称：不正常运行状态——发信号）。

综上所述，继电保护在电力系统中的主要作用是通过预防事故或缩小事故范围来提高运行的可靠性。继电保护装置是电力系统中重要的组成部分，是保证电力系统安全和可靠运行的重要技术措施之一。在现代化的电力系统中，如果没有继电保护装置，就无法维持电力系统的正常运行。

五、对继电保护的基本要求

对于动作于跳闸的继电保护，在技术上一般应满足四条基本要求，即选择性、速动性、灵敏性和可靠性。这“四性”之间紧密联系，既矛盾又统一，必须根据具体电力系统运行的主要矛盾和矛盾的主要方面，配置、配合、整定每个电力元件的继电保护。充分发挥和利用继电保护的科学性、工程技术性，使继电保护为提高电力系统运行的安全性、稳定性和经济性发挥最大效能。

（一）选择性

选择性是指继电保护装置动作时，仅将故障元件从电力系统中切除，保证系统中非故障元件仍然继续运行，尽量缩小停电范围，即判断故障元件的能力。

图 0-1 所示为单侧电源网络，母线 A，B，C，D 代表相应变电站，在各断路器处都装有继电保护装置 1~7。当线路 A—B 上 k_1 点短路时，应由短路点 k_1 最近的保护装置 1，2 跳开断路器 QF1 和 QF2，故障被切除。而在线路 C—D 上 k_3 点短路时，应由短路点 k_3 最近的保护装置 6 跳开断路器 QF6，变电站 D 停电。故障元件上的保护装置如此有选择



性地切除故障，可以使停电的范围最小，甚至不停电。

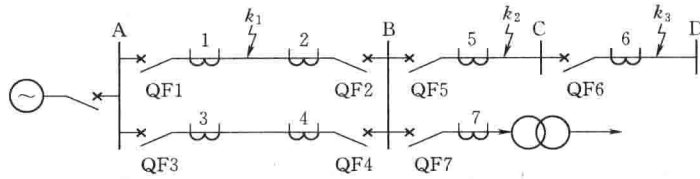


图 0-1 单侧电源网络中有选择性动作的说明图

对继电保护动作有选择性要求时，同时还必须考虑继电保护装置或断路器由于自身故障等原因而拒绝动作（简称拒动）的可能性，因而需要考虑后备保护的问题。如图 0-1 所示，当 k_3 点发生短路时，应由继电保护装置 6 动作跳开 QF6，将故障线路 C—D 切除，但由于某种原因造成断路器 QF6 跳不开，相邻线路 B—C 的保护装置 5 动作跳开断路器 QF5，将故障切除，相对的停电范围也是较小的，保护的動作也是具有选择性的。

(1) 主保护。在电力系统中，满足系统稳定和设备安全要求，能以最快速度有选择性地优先切除故障或结束异常情况的保护装置，只断开距故障点最近的断路器。

(2) 后备保护。当主保护或断路器拒动时起作用的保护，具有相对选择性，分远后备和近后备保护。

(3) 近后备保护。本元件的主保护拒动时，由本元件另一套保护装置切除故障的保护（安装在本元件断路器处）。

(4) 远后备保护。当本元件的保护（含主保护和近后备保护）或断路器拒动时，由相邻元件（靠近电源的上或前一级）的保护来切除故障的保护（安装在上或前一级断路器处）。

(5) 辅助保护。为补充主保护或后备保护的性性能或当主保护或后备保护退出运行而增设的简单保护。

综上所述，当被保护元件故障时，保护按主保护、近后备保护、远后备保护的先后次序动作均称为有选择性。

知识拓展：

对主保护，从动作的时限划分，有全线瞬时动作及按阶梯时间动作两类。对 110kV 重要线路、220kV 及以上线路，要求全线速动，一般由各种性能完善的纵联保护担任；对 110kV 及以下一些不太重要的线路，允许采用阶梯时限特性的电流、距离、零序 I、II 段作主保护。

远后备保护的保护区广，但动作时限较长，在复杂电力网中往往因灵敏度或选择性不足而不能采用，故多用于 110kV 及以下输电线路。

近后备保护有两种实现方式：一种是继电器后备方式，由本元件的另一套保护起后备作用；另一种是断路器后备方式，当故障线路保护动作而断路器拒动时由故障线路的断路器失灵保护经延时切除同一母线上有电源线路的断路器，后者主要用于 220kV 及以上的线路。

故 110kV 及以下电力网一般采用远后备保护，220kV 及以上的复杂电力网，只能实



现近后备保护，即每一个电力元件或线路都配置两套独立的继电保护，其中一套保护因故拒绝动作，由另一套保护动作切除故障。如果断路器拒绝动作，则由“断路器失灵保护”动作，断开同一母线其他所有有电源的支路，以最终断开故障。保护双重化和断路器失灵保护是实现近后备保护的必要条件。

（二）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情况下的工作时间，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。

动作迅速而同时又满足选择性要求的保护装置，一般结构都比较复杂，价格也比较贵。在一些情况下，允许保护装置带有一定时限切除发生故障的元件。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，必须快速切除高压输电线路上发生的故障。
- （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，对通信系统或铁路信号系统有强烈电磁干扰的故障等。

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

（三）灵敏性

继电保护的灵敏性是指对于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发生故障时，不论运行方式大小、短路点的位置远近、短路的类型如何以及短路点是否有过渡电阻等，都能敏锐感觉，正确反应，即要求不但在系统最大运行方式下三相短路时能可靠动作，而且在系统最小运行方式下经过较大的过渡电阻两相或单相短路故障时也能可靠动作。

所谓系统最大运行方式就是指发生短路故障时，系统等效阻抗最小，通过保护装置的短路电流最大的运行方式。

系统最小运行方式是指发生短路故障时，系统等效阻抗最大，通过保护装置的短路电流最小的运行方式。

保护装置的灵敏性，通常用灵敏系数（ K_{sen} ）来衡量，它决定于被保护元件和电力系统的参数和运行方式。在《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T 14285—2006）中，对各类保护的灵敏系数的要求都作了具体规定。

对于增量保护（指反应故障时参数增加而动作的保护），有

$$K_{sen} = \frac{\text{保护区末端金属性短路时保护安装处测量到的故障参数的最小计算值}}{\text{保护整定值}}$$

如电流保护

$$K_{sen} = \frac{I_{k.min}}{I_{op}}$$



对于欠量保护（指反应故障时参数降低而动作的保护），有

$$K_{\text{sen}} = \frac{\text{保护整定值}}{\text{保护区末端金属性短路故障时保护安装处测量到的故障参数的最大计算值}}$$

如低电压保护

$$K_{\text{sen}} = \frac{U_{\text{op}}}{U_{\text{k.max}}}$$

由于多数短路故障是非金属性短路，计算或测量参数有误差，故要求灵敏度至少大于1，对灵敏系数的具体要求，查《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T 14285—2006）。

（四）可靠性

保护装置的可靠性是指在其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情况下，则不应该错误动作。

继电保护装置误动作和拒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重点在不同情况下有所不同。例如，当系统中有充足的旋转备用容量（热备用）、输电线路很多、各系统之间以及电源与负荷之间联系很紧密时，若继电保护装置发生误动作使某发电机、变压器或输电线路切除，给电力系统造成的影响可能不大；但如果发电机、变压器或输电线路故障时继电保护装置拒动，将会导致设备损坏或破坏系统稳定运行，造成巨大损失。在此情况下，提高继电保护装置不拒动的可靠性比提高不误动的可靠性更加重要。反之，系统旋转备用容量较少，以及各系统之间和电源与负荷之间的联系比较薄弱时，继电保护装置发生误动使某发电机、变压器或某输电线路切除，将会引起对负荷供电的中断，甚至造成系统稳定性的破坏，造成巨大损失；而当某一保护装置拒动时，其后备保护仍可以动作，并切除故障。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要根据电力系统和负荷的具体情况采取适当的对策。

可靠性主要针对保护装置本身的质量和运行维护水平而言，一般来说，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，保护装置的可靠性就越高。同时，正确的设计和整定计算，保证安装、调整试验的质量，提高运行维护水平，对于提高保护装置的可靠性也具有重要作用。对于一个确定的保护装置在一个确定的系统中运行而言，在继电保护的整定计算中用可靠系数来校核是否满足可靠性的要求。在国家或行业制定的继电保护运行整定计算规程中，对各类保护的可靠性系数都作了具体规定。

（五）“四性”的关系

以上四条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是围绕着如何处理好这四条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分析方法。

选择继电保护方式时除应满足上述四条基本要求，还应考虑经济条件。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其保护方式，而不能只从保护装置本身投资考虑，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多的电气元件（如小容量



电动机等), 则不应装设过于复杂和昂贵的保护装置。

六、继电保护的原理

为了完成继电保护所担负的任务, 要求它能正确区分电力系统正常运行状态与故障状态或不正常运行状态。因此, 可以电力系统发生故障或不正常状态前后电气物理量变化特征为基础构成继电保护装置。

电力系统发生故障后, 工频电气量变化的主要特征如下:

(1) 电流保护。根据短路时短路回路的电流(短路电流)的增大而构成。

(2) 电压保护。根据短路时母线电压(残压)的降低而构成。系统相间短路或接地短路故障时, 系统各点的相间电压或相电压值均下降, 且越靠近短路点, 电压下降越多, 短路点电压最低可降至零。

(3) 方向保护。根据短路时电压与电流之间的相位角发生改变而构成。正常运行时, 同相的电压与电流之间的相位角即负荷的功率因数角 φ ($\cos\varphi=0.85$ 左右), 一般约为 30° ; 三相金属性短路时, 同相电压与电流之间相位角即阻抗角, 对于架空线路, φ 一般为 $60^\circ\sim 80^\circ$; 而在反方向三相短路时, 电压与电流之间相位角 φ 为 $180^\circ + (60^\circ\sim 80^\circ)$ 。

(4) 距离保护(低阻抗保护)。根据短路时测量阻抗发生变化而构成。测量阻抗即为测量点(保护安装处)电压与电流相量之比值, 即 $Z=\dot{U}/\dot{I}=Z_1L$ 。以线路故障为例, 正常运行时, 测量阻抗为负荷阻抗; 金属性短路时, 测量阻抗为线路阻抗; 故障后测量阻抗模值显著减小, 而阻抗角增大。

(5) 负序分量保护。根据不对称故障时出现的负序分量而构成。

(6) 零序分量保护。根据接地故障时出现的零序分量而构成。

(7) 差动保护。根据基尔霍夫电流定律, 对任一正常运行电气元件, 其流入电流应等于流出电流, 但元件内部发生故障时, 其流入电流不再等于流出电流。即根据流入、流出电流的差值而构成保护。

此外, 除了上述反映各种电气量的保护(电量保护)外, 还有反应非电气量(非电量保护)的保护, 如电力变压器的气体(瓦斯)保护、温度保护、压力保护等。

对于反应电气元件不正常运行情况的继电保护, 主要根据不正常运行情况时电压和电流变化的特征来构成。

七、继电保护装置的构成

一般继电保护装置由测量比较元件、逻辑判断元件和执行输出元件三部分组成。如图 0-2 所示, 现分述如下。

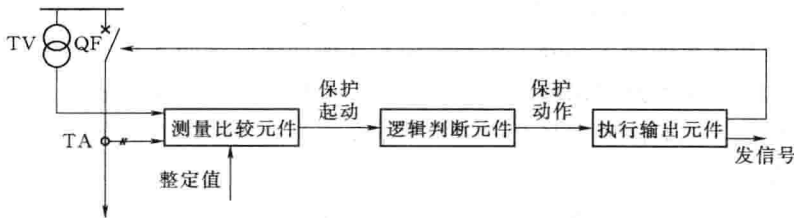


图 0-2 继电保护装置的组成方框图



1. 测量比较元件

测量比较元件通过被保护的电力元件的物理参量，并与给定的值进行比较，根据比较的结果，给出“是”“非”“0”或“1”性质的一组逻辑信号，从而判断保护装置是否应该启动。根据需要继电保护装置往往有一个或多个测量比较元件。常用的测量比较元件有：被测电气量超过给定值动作的过量继电器，如过电流继电器、过电压继电器、高周波继电器等；被测电气量低于给定值动作的欠量继电器，如低电压继电器、阻抗继电器、低周波继电器等；被测电压、电流之间相位角满足一定值而动作的功率方向继电器等。总之，直接与电流、电压互感器有关联的元件。

2. 逻辑判断元件

逻辑判断元件根据测量比较元件输出逻辑信号的性质、先后顺序、持续时间等，使保护装置按一定的逻辑关系判定故障的类型和范围，最后确定是否应该使断路器跳闸、发出信号或不动作，并将对应的指令传给执行输出元件。

3. 执行输出元件

执行输出元件根据逻辑判断部分传来的指令，发出跳开断路器的跳闸脉冲及相应的动作信息、发出警报或不动作。

八、继电保护发展简史

继电保护科学技术是随电力系统的发展而发展起来的。其发展经历了熔断器—机电式（感应式、电磁式、整流式）—静态继电保护装置（晶体管式）—数字式继电保护过程。

20世纪80年代微机保护（数字式）在硬件和软件技术方面已趋于成熟，进入90年代，微机保护已在我国大量应用，主运算器由8位机、16位机，发展到目前的32位机；数据转换与处理期间由模数转换器（A/D）、电压频率转换器（VFC），发展到数字处理器（DSP）。这种由计算机技术构成的继电保护称为数字式继电保护。这种保护可用相同的硬件实现不同原理的保护，使制造大为简化，生产标准化、批量化，硬件可靠性高；具有强大的存储、记忆和运算功能，可以实现复杂原理的保护，为新原理保护的发展提供了实现条件；除了实现保护功能外，还可兼有故障录波、故障测距、事件顺序记录和保护管理中心计算机以及调度自动化系统通信等功能，这对于保护的运行管理、电网事故分析以及事故后的处理等有重要意义。另外，它可以不断地对本身的硬件和软件自检，发现装置的不正常情况并通知运行维护中心，工作的可靠性很高。

20世纪90年代后半期，在数字式继电保护技术和调度自动化技术的支撑下，变电站自动化技术和无人值守运行模式得到迅速发展，融测量、控制、保护和数据通信为一体的变电站综合自动化设备，已成为目前我国绝大部分新建变电站的二次设备，继电保护技术与其他学科的交叉、渗透日益深入。

九、继电保护课程学习特点

(1) 继电保护是一门专门研究电力系统故障及反事故措施的技术学科，学生应特别注重学习和提高对电力系统故障和不正常工作情况的认识加强故障分析计算的能力。

(2) 继电保护是理论与实践并重的课程，学生应在认真学习基本理论的同时，重视独立完成习题、实验、实习和课程设计等实践性教学环节的作业任务。



(3) 学习继电保护的必要理论基础有电工技术、电子技术、电机技术、微型计算机基础等,学习过程中应注意提高对这些基础知识的运用能力和水平。

(4) 与继电保护联系密切的课程有电力系统基础、电气设备运行与维护、电气二次回路等,学好这些课程有助于理解、掌握继电保护的原理。

(5) 继电保护技术课程中涉及大量的图形和文字符号,借助其他专业课程所学和新接触的符号,不断练习,有助于阅读保护接线。

能力检测:

(1) 什么是电力系统的正常运行状态、不正常运行状态和故障?

(2) 什么是继电保护装置?

(3) 继电保护的基本任务是什么?

(4) 什么是主保护?什么是近后备保护?什么是远后备保护?

(5) 对继电保护的基本要求有哪些?各基本要求的内涵是什么?举例说明各基本要求之间的关系?

(6) 举例说明什么是电力系统的最大运行方式、最小运行方式?