

物资管理专业试用教材

电工产品

下 册

水利电力部物资局

物资管理专业试用教材

电 工 产 品

下 册

水利电力部物资局编

编写说明

为了适应新时期现代化建设物资管理工作的需要，加速培养又红又专的物资管理人才，水利电力部物资局于一九八二年四月召开了物资管理培训教材编写座谈会。在总结建国以来水利电力系统物资供应和管理工作经验的基础上，组织有关方面的专业人员编写了这套培训教材。

这套教材共有十种，分别由下列同志执笔：

1. 《物资计划管理与统计》，周兆年、杨志诚、林敏杰；
2. 《物资定额管理与财务会计》，钟柏林、金运宽；
3. 《仓储管理》，沈志行、秦钟涛；
4. 《金属材料》，陈传文；
5. 《非金属材料》，李大字、施传浩、杨祖年、刘惠初；
6. 《电工产品》，邵磊田、何乃盛、王恩章、周保生；
7. 《机械产品》，李学文、魏润湖等；
8. 《电工热工仪器和仪表》，徐定保、吴金发；
9. 《备品配件》，薛迪文、谢东生、胡家祥等；
10. 《现代化物资管理简介》，刘国英、王友梅。

这套教材力求反映水利电力系统物资管理工作的特点，理论结合实际，说理简明，重点突出，繁简适度，讲求实用，避免繁琐的公式推导；凡引用有关技术标准，都采用了现行的技术规范。为了巩固所学，在每一章后面均附有若干复习思考题和练习题。为此，这套教材可以作为全国水利电力系统中等专业学校物资管理专业和各有关单位举办物资管理人员培训班的试用教材，也可作为在职人员学习物资管理的进修读物和参考用书。

为确保这套教材的编写质量，水利电力部物资局《物资管理专业教材》审查小组委托邓禾生、余清和、滕绍萍、叶立新、邱少岳、张中煌、邱忠良、陈铁民、李东祥等同志，根据审查意见负责修改、编辑成书。

在编写过程中，水利电力部物资局各专业处，配件公司，华北、华东、东北、西北、西南电管局，江苏、浙江、湖北、山东、山西、河北省电力局，水电第一、二、四、七、八、三三〇工程局，电力规划设计院，南京自动化研究所，山东省水利学校等单位许多同志参加了审查工作，对书稿提出了宝贵意见，在此谨致谢意。

物资管理涉及面广，既包括经济，又包括技术知识，是一门边缘科学。由于编者学识水平所限，加之编写时间仓促，缺点和错误在所难免。希望使用本书的读者和从事物资管理工作的同志批评指正。

一九八三年七月

目 录

第七章 继电器及保护装置	1
第一节 概述.....	1
第二节 继电器.....	9
第三节 继电保护装置分类和基本电路.....	29
第四节 发电机转子接地保护装置.....	31
第五节 发电机、变压器保护接线全图举例.....	39
第六节 电网的距离保护.....	47
第七节 电网的高频保护.....	64
第八节 电网继电保护的配置原则.....	75
第九节 电力系统部分保护装置产品介绍.....	81
第十节 自动重合闸装置.....	91
复习题.....	103
第八章 通信设备	104
第一节 概述.....	104
第二节 模拟通信和数字通信.....	106
第三节 传输电平及其单位.....	107
第四节 电话通信的基本原理.....	111
第五节 电力载波机.....	115
第六节 结合加工设备.....	119
第七节 无线电通信设备.....	123
第八节 其他通信设备.....	125
第九节 交换设备.....	126
第十节 通信配套设备.....	127
复习题.....	128
第九章 电工绝缘材料	129
第一节 概述.....	129
第二节 绝缘材料的电性能.....	133
第三节 绝缘材料的物理、化学和机械性能.....	141
第四节 绝缘漆和绝缘胶.....	147
第五节 浸渍纤维制品.....	153
第六节 绝缘层压制品.....	156
第七节 塑料.....	159
第八节 云母及其制品.....	162
第九节 薄膜、复合制品及粘带.....	168

第十节 绝缘材料的使用·····	171
第十一节 绝缘材料的保管·····	173
复习题·····	174
第十章 电线电缆·····	175
第一节 概述·····	175
第二节 裸电线·····	176
第三节 电力电缆·····	185
第四节 控制电缆和信号电缆·····	197
第五节 通信电缆·····	199
第六节 电气装备用电线电缆·····	208
第七节 电磁线·····	215
第八节 电线电缆的验收、保管、保养、订货注意事项·····	221
复习题·····	224
第十一章 电瓷·····	225
第一节 概述·····	225
第二节 高压电站电瓷·····	226
第三节 高压线路电瓷·····	233
第四节 高压电器用电瓷·····	240
第五节 高压电瓷的验收、保管、保养、订货注意事项·····	250
复习题·····	252
第十二章 电力金具·····	253
第一节 概述·····	253
第二节 电站金具·····	257
第三节 变电站金具·····	266
第四节 线路金具·····	271
第五节 线路金具的选用、组装、验收、保管及订货注意事项·····	298
复习题·····	305
电工产品附录·····	306
附录一 电机外壳的防护型式和防护等级·····	306
附录二 电机安装结构型式·····	308
附录三 电机的型号及有关数据说明·····	310

第七章 继电器及保护装置

第一节 概 述

一、继电保护的作用与任务

电力系统在运行中，由于外界（雷击、鸟害）、内部（绝缘损坏、老化等）及误操作等原因，可能引起各种故障或不正常工作状态。最常见同时也最危险的故障是各种形式的短路，其中包括相间短路和接地短路。此外，输电线路还可能发生断线故障，或上述几种故障同时发生成为更复杂的故障，这种故障称为复故障。上述各种形式的故障中，接地短路的机会为最多，三相短路的后果最为严重。

系统发生短路可能引起的后果是：

- （一）短路点通过很大的短路电流，此电流引起的电弧可能烧毁故障设备；
- （二）电力系统中部分地区的电压大幅度下降，用户的正常工作遭到破坏；
- （三）故障设备和某些无故障设备由于通过很大的短路电流而产生热效应和电动力，这将使设备遭到破坏和损伤，从而缩短其使用寿命；
- （四）电力系统中各发电厂之间并列运行的稳定性遭到破坏，使系统产生振荡，甚至引起整个系统瓦解。

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，这种情况称为不正常工作状态。例如，过负荷（负荷电流超过额定值）就是一种最常见的不正常工作状态。但是长时间的过负荷，电气设备的载流部分和绝缘材料过度发热，将使绝缘老化或损坏，严重时就可能发展成故障。此外，由于电力系统发生有功功率缺额而引起的频率降低，水轮发电机突然甩负荷后所引起的过电压等，也都属于不正常工作状态。

在电力系统中，故障和不正常工作状态都可能引起系统事故。所谓事故，是指系统的全部或部分的正常运行遭到破坏，以至对用户停止送电、少送电、电能质量变坏到不能允许程度，甚至毁坏设备等。系统事故的发生，一般都是由于设备制造上的缺陷、设计和安装的错误、检修质量不高以及运行维护不当所造成的。因此，只要提高设计、制造水平，加强设备维修，提高运行质量，严格执行各项规章制度，事故就可以大大减少，防患于未然。

除应采取积极措施尽可能消除系统发生故障的可能性外，如果故障一旦发生，则应尽快地将故障设备切除，保证无故障设备的正常运行，力求缩小事故范围。因为电力系统各设备之间都是通过电或磁相互联系的，某一设备发生故障，瞬间内就会影响整个系统的各个部分。所以切除故障设备的时间必须是很短的，有时甚至要求短到百分之几秒（即几个周波）。显然，在这个短暂的时间内，值班人员将故障设备切除是不可能的，这就要靠装在每个电气设备上具有保护作用的自动装置，即继电保护装置来完成这个任务。

继电保护装置就是能反应电力系统中各电气设备发生故障或不正常工作状态，并作用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：

(一) 能自动地、迅速地、有选择地借助断路器将故障设备从系统中切除, 保证无故障设备迅速恢复正常运行, 并使故障设备免于继续遭受破坏;

(二) 能反应电气设备的不正常工作状态, 并根据运行维护的条件 (例如有无经常值班人员等) 作用于信号, 或将那些继续运行即会造成损坏或发展为故障的设备切除。反应不正常工作状态的继电保护, 通常都不需要立即动作, 即可带一定的延时。

由上述可见, 继电保护装置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系统运行的可靠性, 最大限度地保证向用户安全连续供电。所以, 它是电力系统安全运行不可缺少的一个重要组成部分。

二、继电保护装置的基本要求

根据继电保护在电力系统中所担负的任务, 即选择性、快速性、灵敏性和可靠性。一般情况下, 作用于断路器跳闸的继电保护装置, 应同时满足这四个要求, 而反应不正常工作状态并作用于信号的继电保护装置, 则某一部分的要求 (如快速性), 可以降低一些。

(一) 选择性 系统发生故障时, 要求保护装置只将故障设备切除, 保证无故障设备继续运行, 从而尽量缩小停电范围, 保护装置这样动作就叫做有选择性。

如图 7-1 所示, 当线路 XL-4 的 D_2 点发生短路, 按照选择性的要求, 应只由保护装置 6 动作, 断路器 6 DL 跳闸, 变电站 A、B、C 及其用户则仍照常运行。又如线路 XL-1 的 D_1 点短路, 按照选择性的要求, 应只由保护装置 1 和 2 动作, 断路器

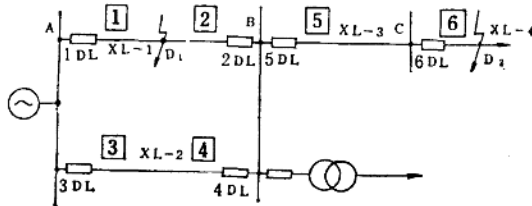


图 7-1 单侧电源电网有选择性地切除故障的举例

1DL、2DL 跳闸, 以切除故障线路, 变电站 A 所接线路 XL-2 和变电站 B 仍照常供电。此时若断路器 3DL 或 4DL 也跳闸, 则整个电网停电, 这种情况称为非选择性动作。

但是, 当线路 XL-4 的 D_2 点发生短路, 如果保护装置 6 或断路器 6DL 由于某种原因拒绝动作, 而由保护装置 5 动作, 断路器 5DL 跳闸, 切除故障线路 XL-4, 这种情况亦可认为是具有选择性的, 这种情况显然切除了一部分非故障线路, 但是因为断路器或保护拒动作, 所以仍然是尽可能地限制了故障的扩展, 尽量缩小了停电范围。保护装置 5 实际上起着下一段线路后备保护的作用, 因此, 又把它称为下一段线路的后备保护。

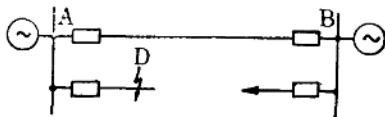


图 7-2 电力系统并列运行示意图

保护装置的选择性, 是由合理地选择保护方案和正确进行整定计算而获得的。

(二) 快速性 在图 7-2 中, 如果发电厂 A 附近的线路上 D 点发生短路, A 厂母线电压降低到接近于零而卸去负荷, 但汽轮机调速系统来不及作相应调整, 发电厂 A 的机组转速必然升高。此时, 发电厂 B 因为母线上还有比较高的残余高压, 卸去的负荷不多, 发电机转速增加较少, 这样 A、B 两厂的发电机就产生转速差。如果短路持续的时间较长, 两厂

的发电机将失去同步，使系统发生振荡甚至瓦解。如果能迅速切除故障，因两厂发电机的转速差尚小，则故障切除后，很容易再拉入同步，恢复系统稳定。因此，快速切除故障是提高系统并列运行的稳定性，防止事故进一步扩大的重要措施。

另外，系统发生短路时，电压大幅度降低，短路点附近用户的电动机受到制动而转速减慢，若迟缓切除短路，电动机将会停止转动，用户的正常生产遭到破坏。若快速切除短路，电压很快恢复正常运行，从而大大减少对用户正常生产的影响。另外，短路时，故障设备本身将通过很大的短路电流，由于电动力和热效应的作用，设备也将遭到严重损坏，短路电流通过的时间愈长，设备损坏程度愈严重，所以快速切除、短路故障，便能减轻电气设备的损坏程度，防止短路故障的进一步扩大。另外，快速切除短路，短路点易于去游离，从而可以提高自动重合闸的成功率。

以上表明，电力系统发生故障后，继电保护装置应尽可能快速地动作并将故障切除。

故障切除时间，是指从发生故障到断路器跳闸灭弧为止的这段时间，它等于继电保护装置动作时间与断路器跳闸时间(包括灭弧时间)之和。所以快速切除故障除去保护装置动作要快外，还要求采用快速断路器。现代高压电网中快速保护装置的最小动作时间约为0.02~0.03秒，断路器的最小动作时间约为0.05~0.06秒，应该指出，如果要求在这样短的时间切除故障，将使保护装置复杂化。因此，在确定保护切除故障的时间时，必须从系统的结构、被保护设备的重要性的工作条件等具体情况出发，进行技术经济比较后予以确定。一般对不同结构和不同电压等级的网络，切除故障的最小时间应有不同的要求。其中保护装置的动作时间对于400~500千伏以上的网络约为0.02~0.04秒，220~330千伏的网络约为0.04~0.1秒，110千伏的网络约为0.1~0.7秒，配电网络故障切除的最小时间还可更长一些，这主要取决于不允许长时间电压降低的用户，一般约为0.5~1.0秒。所有上述情况，对远处的故障允许以较长的时间切除。

(三) 灵敏性 保护装置对在它保护范围内发生故障和不正常工作状态的反应能力称为保护装置的灵敏性(或灵敏度)。为了使保护装置在系统发生故障时起到保护作用，要求保护装置在电力系统各种运行方式下都应具有足够的灵敏度。也就是说，保护装置不但在最大运行方式下三相金属性短路(即短路电流最大)时，能够灵敏地动作，而且在最小运行方式和经过较大过渡电阻的两相短路(即短路电流最小)时，也能有足够的灵敏度而可靠地动作。最大运行方式是指在被保护对象末端短路时，系统的等值阻抗最小，通过保护装置的短路电流为最大的那种运行方式；最小运行方式是指在同样短路情况下，系统等值阻抗最大，通过保护装置的短路电流为最小的那种运行方式。一般说来，一个系统在尽可能小的运行方式下满足保护装置灵敏度的要求是有困难的，因此，通常是根据实际可能出现的最小运行方式进行计算。

保护装置的灵敏度用灵敏系数 K_L 来表示的。

1. 反应故障时参数量增加的保护装置，其灵敏系数为

$$K_L = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护装置动作值}}$$

2. 反应故障时参数量降低的保护装置，其灵敏系数为

$$K_L = \frac{\text{保护装置动作值}}{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最大计算值}}$$

不同作用的保护装置所要求的灵敏系数是不同的，在《继电保护和自动装置设计技术规程》中都有规定。

(四) 可靠性 保护装置的可靠性是指在其保护范围内发生故障时，不应因其本身的缺陷而拒绝动作，在任何不属于它动作的情况下，又不应误动作。一套保护装置工作的可靠性是非常重要的，因为工作不可靠的保护装置本身就成为扩大事故或直接造成事故的根源。

保护装置不能可靠工作的主要原因是安装调试质量不高，运行维护不当、继电器质量差以及设计不合理等。为了提高保护工作的可靠性，必须注意以下几个方面：

1. 保护装置应该采用质量高、动作可靠的继电器和元件；
2. 保护装置的接线应尽可能地简化，尽量减少继电器及串联接点；
3. 提高保护装置的安装和调试质量，并加强经常性的维护管理。

电力工业在不断发展，为了适应系统容量不断增大、电压不断升高的要求，比较复杂的保护(如距离、高频等保护)随之产生，复杂的保护接点多、接线复杂、调试困难，其工作可靠性较由简单原理和元件构成的保护装置要差一些。为了简化保护装置，提高其工作可靠性，设计、配置保护装置应以经常出现的故障形式和运行方式为主，兼顾不常有的故障形式和稀有的运行方式，避免对保护装置的灵敏度和选择性提出过高的要求，造成保护装置过于复杂化而降低其可靠性。

保护装置的选择性、灵敏性、快速性、可靠性这四大基本要求是互相联系而有时又互相矛盾的。在具体考虑保护的四大基本要求时，必须从全局着眼。一般说来，选择性是首先要满足的，非选择性动作是绝不允许的。但是，为了保证选择性，有时可能使故障的切除的时间延长从而要影响到整个系统，这时，就必须保证快速性而暂时牺牲部分选择性，因为此时快速性是照顾全局的措施。应该指出，这暂时牺牲的部分选择性要用自动重合闸等措施予以补足。

一套保护装置，在满足选择性的前提下，应有较高的灵敏度。然而有时为了保证选择性，往往需要适当地降低一些灵敏度(但必须达到规程规定的要求)。例如，有些保护在计算其动作值时，为了保证选择性，就需要考虑保护装置间灵敏度的配合，这往往要适当增加其动作值而降低其灵敏度。总之，要处理好这四大要求之间的关系，必须根据实际情况合理地确定保护方案及正确地选择保护动作值。

此外，在选择保护装置时，还必须考虑到经济性。例如，重要设备装设过于简单的保护，在该设备发生故障时，保护装置不正确的动作或动作时间过长就会造成经济损失，这种经济损失将大大地超过装设一套完善的保护装置所需要的投资，显然，这对整个国民经济是不利的。相反，次要设备不必要地装设复杂而投资昂贵的保护，同样也会给国民经济带来损失。为此，在选择保护装置时，作好技术经济比较，全面合理的进行衡量是非常必要的。

三、继电保护的基本原理

电力系统发生故障时，通常伴有电流增大、电压降低以及电流与电压间相位角改变等现象。因此，利用故障时这些基本参数与正常运行时的差别，就可以构成各种不同原

理的继电保护装置。例如，反应电流增大构成过电流保护；反应电压降低（或升高）构成低电压（或过电压）保护；反应电流与电压间的相位角变化构成方向保护；反应电流与电压的比值的变化的距离保护……。

继电保护装置一般由三大组成部分，其原理结构的方框图如图 7—3 所示。一是测量部分，其作用是测量被保护对象工作状态（正常工作、不正常工作或故障状态）的一个或几个物理量；二是逻辑部分，其作用是根据测量元件输出量的大小、性质、组合方式或出现次序，判断被保护对象的工作状态，以决定保护装置是否应该动作；三是执行部分，其作用是根据逻辑部分所作出的判断，执行保护装置的任务（给出信号、或跳闸、或不动作）。

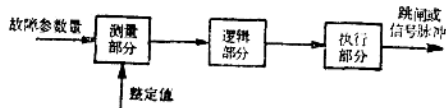


图 7—3 继电保护的原理结构图

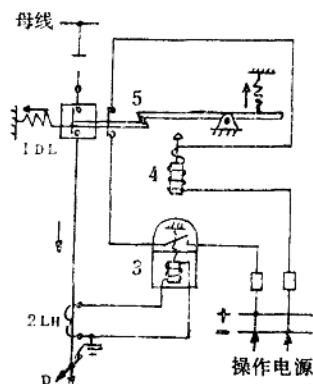


图 7—4 过电流保护的原理示意图

现以过电流保护为例说明继电保护的组成元件及其基本工作原理，其接线见图 7—4。当输电线路 D 点发生短路时，线路上电流突然增大，电流互感器二次电流也按比例上升，如果此电流大于继电器的动作电流，继电器就动作，吸引衔铁，继电器的接点闭合，断路器跳闸线圈 4 的回路接通，其铁芯向上被吸入线圈，撞击操作杠杆而使锁扣 5 脱开，断路器 1DL 跳闸，故障切除。

在图 7—4 中，电流继电器 3 的线圈回路是测量部分，它监视着被保护线路的工作状态，只有当线路发生故障，电流增大到超过预先整定值时才动作。继电器 3 的接点回路是逻辑部分，它接到测量部分送来的动作信号后闭合其接点，向执行部分发出命令。执行部分一般是由中间继电器担任，它接受逻辑部分送来的命令后，发出使断路器跳闸或动作于信号的脉冲，以完成整套保护的動作。在简单的保护装置中（如图 7—4），逻辑部分和执行部分实际上是结合在一起的，所以，一般不单独划分出执行部分。

四、继电器的分类和基本要求

（一）继电器的作用 继电器是组成继电保护装置的基本元件，它是一种能自动动作的电器。当加入继电器的物理量达到一定数值，或对继电器加入某一物理量时，继电器就能够自动动作。

继电器的种类很多，但每个继电器一般都是由感受元件、比较元件和执行元件三个主要部分组成。感受元件是继电器所反应的物理量（如电流、电压等）的变化情况，以某种形式送到比较元件，比较元件将所得到的量与预先给定的量（动作值）进行比较，并将比较结果作用于执行元件，执行元件受到这个作用后，便使由它控制的量发生突然

改变，从而完成继电器所担负的任务。

（二）继电器的分类 按照继电器所反应的物理量的不同，继电器可分为电量的和非电量的两大类，属于非电量的有瓦斯继电器、转速继电器等。本课程将主要讨论反应电量的继电器。

根据反应电量的继电器的不同特征，可以有很多分类方法，现将一般的分类简述如下。

1. 按动作原理可分为：机电型（电磁型、感应型）、整流型、晶体管型等；
2. 按反应物理量的性质可分为：电流继电器、电压继电器、功率方向继电器、阻抗继电器、周波继电器等；
3. 按物资分配类别分为：控制继电器、保护继电器。

此外，继电保护装置的逻辑部分和执行部分，还大量采用反应电量的中间继电器、时间继电器和信号继电器等。

目前，继电保护装置中还比较广泛地采用着电磁型和感应型继电器，但是它将被整流型和晶体管型继电器所逐渐代替。

（三）对继电器的基本要求 为了确保继电保护工作的可靠性，继电器本身必须是高质量的，即继电器的各个分机构应该完好，并处于经常准备动作的状态。机构不完好的原因可能是由于某个部件发生了故障，如轴承和轴的磨损、固定部分的松动或损坏、铁锈脏物引起的卡滞等。为了避免上述故障发生，继电器都有密封防尘式的外壳，运行时要加强维护管理并进行定期检验。

继电器的动作值（如电流、电压等）的误差应尽可能的小，以免引起误动作或降低保护的灵敏度。

继电器的接点应该可靠，并具有一定负荷能力。接点的负荷能力可用下述指标表示：

1. 容许的持续电流；
2. 容许的短时（通常为一秒钟）闭合电流；
3. 容许断开的电流和功率。

接点的极限电压应予标明。如果断开或闭合的电流（功率）超出了容许值，接点就会烧伤、粘住，甚至熔结毁坏。此外，还应注意继电器工作时接点不应受到振动，接点弹簧的位置和压力要适当。

选择继电器时，要根据实际需要注意选用其接点的数量和类型。接点类型通常分为常开接点和常闭接点。继电器线圈不带电时，接点是断开的就称为常开接点；接点是闭合的就称为常闭接点。

继电器动作后返回要迅速而可靠，以免继电保护发生误动作。

继电器消耗的功率要小，以减轻测量互感器的负载。继电器消耗的功率通常由其线圈额定状态（额定电流或电压）的功率消耗表示，电流（电压）继电器则以其最小整定值时的功率消耗表示。以伏安为单位。

继电器的热稳定和电动力稳定要好。继电器中电流线圈的热稳定，可用一定时间内电流线圈能支持而不损坏的电流值来表示，产品说明书上经常给出继电器两个热稳定值：长期容许电流和一秒钟内容许电流。继电器中电压线圈的热稳定，可用该线圈能长

期承受的电压来表示。电动力稳定可用继电器能承受而不致使其线圈或可动部分遭受机械损坏的电流值表示。一般继电器的电动力稳定比热稳定要高。

对继电器的基本要求除上述各项外，还有构造简单、运行维护方便和价格便宜等。

五、继电保护的操作电源

用来供给断路器跳闸、合闸和继电保护装置工作的操作电源有直流和交流两种。无论哪种操作电源，都必须保证在系统发生故障时，保护装置和断路器能可靠工作，操作电源的电压要不受系统事故和运行方式变化的影响，并有足够容量供断路器跳闸、合闸。

一般大、中型发电厂和变电所为了大容量断路器跳、合闸或其它需要，设有蓄电池组，其电压为110伏或220伏。在这种情况下，继电保护装置的操作电源就取自直流蓄电池组，它与被保护的交流系统没有直接联系，是一个独立的电源，蓄电池组储存足够的能量，即使在发电厂和变电所内完全停电的情况下，也能保证继电保护、自动装置和断路器等可靠工作，这是直流操作电源的最大优点。运行经验证明，它的缺点是：

1. 需要专门的蓄电池组和辅助设备，投资大，运行维护麻烦。
2. 直流系统复杂，发生接地故障后，难以寻找故障点，降低了操作回路的可靠性。

近年来，在中、小型变电所及其某些小型发电厂中，比较多的推广采用交流操作电源。交流操作电源有两种供电方式：一种将交流电源整流成直流后，供给继电保护、自动装置和断路器跳、合闸回路作为操作电源，另一种是全交流操作，由电流、电压互感器供电，在短路时动作的保护装置，由电流互感器供给操作电源，发生故障而电网电压变化不大（例如小接地电流电网中的单相接地）以及在不正常工作状态下动作的保护装置，由电压互感器供给操作电源。由于继电保护、自动装置和断路器跳闸、合闸回路都是交流电源的，则应采用交流继电器，为此，继电保护装置的接线和整定计算都需要专门考虑。

交流操作电源与直流操作电源比较，有节省投资，简化运行维护手续，加快建设安装速度，并为无人值班提供条件等优点，其缺点是可靠性差，特别在交流系统故障时，操作电源受到的影响大，所以在实际应用上还不够广泛。

交流操作的保护装置根据跳闸线圈供电方式的不同，有很多种类型。如6—10千伏的线路过电流保护，其接线如图7—5所示。图中1LJ、2LJ为型号GL—15(或GL—16)的电流继电器，它的接点容量较大，电流互感器不仅向保护装置供电，而且也向跳闸线圈TQ供电。

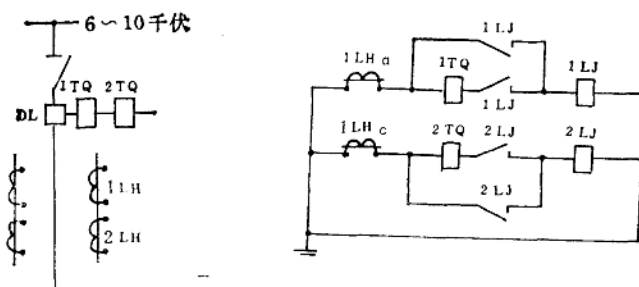


图7—5 交流操作的过电流保护接线图

正常运行时,跳闸线圈被继电器的常闭接点短路,当被保护线路上发生故障后,保护装置就动作,继电器的接点切换,其常开接点闭合,常闭接点断开,将断路器的跳闸线圈接入电流互感器的二次侧,利用短路电流供给的能量跳开断路器。

六、晶体管继电保护装置的特点

电力设备最早的保护装置是熔断器,它在十九世纪末就开始应用了。在二十世纪初,随着电力系统的发展,先后出现了感应型和电磁型的继电器,至本世纪二十年代末用以上原理制成了复杂的差动、距离及高频保护。利用感应原理和电磁原理可制成各种类型的保护装置,特性基本满足了电力系统的要求,此外,它们的使用年限长、机械强度较好,因此,目前还在国内外得到广泛应用。但是这两种原理的保护存在一系列的缺点,如动作速度慢、消耗功率多、灵敏度较低以及尺寸大、带有旋转可动部分和接点容易耗损等。

在继电保护中应用电子技术也早在二十年代就开始了,首先做出的是高频保护,直至五十年代,国外在电子管式继电保护方面做了不少研究和制造工作,尽管这种保护装置具有动作迅速、消耗功率小、没有可动部分和接点等优点,但也有一些重大缺点,如需不间断地加热电子管的阴极和灯丝、电子管寿命短、结构复杂等。自从半导体技术应用继电保护以后,就很快代替了电子管式保护装置的地位。

半导体在四十年代末开始应用到一些技术领域,在电力系统中最早采用晶体管保护约在1959年。

晶体管继电保护装置具有以下的特点:

(一)由静止回路构成,无可动部分晶体管继电保护装置由晶体管、电阻、电容等静止元件组成,无可动部分,因而带来一些长处:

1. 动作速度很快,无触点出口的保护动作时限以微秒计,有触点出口的也只有数十毫秒,较电磁型要快数倍乃至数十倍;
2. 不存在电磁型保护因可动部分如轴承、齿轮、接点的磨损及接触不良等问题。
3. 耐冲击、抗振动,防止了因振动造成接点闭合的误动作。

(二)灵敏度高 由于晶体管电路触发功率很小,并有放大作用,故可制成灵敏度很高的保护装置。

(三)容易构成特性复杂的保护装置 采用电磁型原理构成复杂保护时,往往是很多继电器的组合,由于各继电器存在动作延时,接点的抖动等问题,协调配合比较困难;而晶体管保护因为是无触点逻辑电路构成,较容易得到复杂的特性。

(四)体积尺寸小 晶体管保护装置由于是小型化的电子元件组成,体积一般只有电磁型的几分之一,可大大缩小配电装置的面积。

(五)消耗功率小 大大减轻了电压互感器和电流互感器的负担,可使电压互感器和电流互感器的额定容量减小很多。

(六)便于调试维护 晶体管保护由于没有轴承、弹簧、接点等机械部分,又有自动检测装置,所以调试维护工作比较简单。

七、晶体管保护也存在一些缺点

(一)抗干扰能力差 由于晶体管保护动作速度快、灵敏度高,容易受来自交流和直流系统干扰波的影响而误动作。

(二) 电子元件多, 容易发生特性变化和损坏 由于晶体管保护是很多晶体管和电子元件构成, 任何一个元件的特性变化或损坏都将造成保护装置的不正常工作, 乃至拒动或误动。

(三) 焊接点、接插件多, 易发生制造不良的拒动或误动情况。

从以上分析可以看出, 晶体管保护具有很多优点, 特别是在特性上优于电磁型保护, 但也存在抗干扰性能差、电子元件损坏, 制造工艺不良等严重的不可靠因素。随着制造电子元件水平的不断提高以及采取对电子元件的严格筛选, 加强工艺水平和抗干扰措施, 这些问题正逐步获得解决, 晶体管保护的可靠性正在不断提高。

晶体管保护在国内外得到很大的发展, 目前, 正处于电磁型、晶体管型两种保护原理的并列局面。晶体管型代替电磁型将是发展的必然趋势。

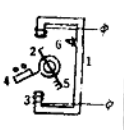
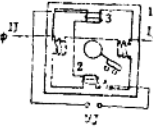
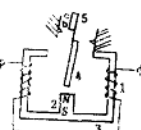
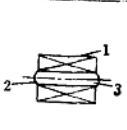
第二节 继电器

一、继电器的结构原理

构成各种继电保护装置的继电器, 按其构成方式可分为机电型、整流型和晶体管型三大类。

机电型继电器包括电磁型、感应型、极化型和干簧型等。常用的机电型继电器的结构原理如表 7—1 所示。

表 7—1 机电型继电器的结构原理

类型	电 磁 型	感 应 型	极 化 型	干 簧 型
结 构				
原 理	(1) 转动舌片式 (2) 吸引衔铁式 (3) 螺管线圈式 1—电磁铁 2—可动衔铁 3—线圈 4—触点 5—反作用弹簧 6—止挡	1—电磁铁 2—转动铝杯 3—线圈 4—触点	1—线圈 2—永久磁铁 3—铁芯 4—衔铁 5—触点	1—线圈 2—玻璃管 3—触点片
简要说明	由载流线圈的磁场和电磁铁之间相互作用, 而使触点闭合 (1) 转动舌片式可组成电流、电压继电器 (2) 吸引衔铁式, 可组成中间继电器 (3) 螺管线圈式, 可组成时间继电器	由载流的两组固定线圈, 产生的旋转磁场, 与在转动的铝杯上所感应的电流之间的相互作用, 而使触点闭合, 构成功率继电器, 阻抗继电器	由载流线圈的磁场和永久磁铁的磁场, 相互作用而动作, 只有一定方向的电流, 加入线圈时才能动作, 构成极化继电器, 所以只能反应直流电极性变化	由载流线圈的磁场, 使两触点金属片磁化而动作, 构成干簧继电器

整流型继电器是利用二极管的整流原理配合其它线路或元件构成的继电器。图7—6为一种整流型阻抗继电器的原理方框图。它的执行元件是一个极化继电器。

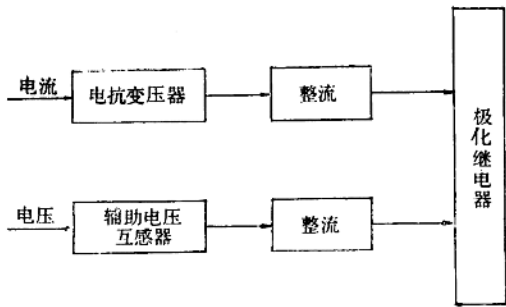


图 7—6 整流型阻抗继电器的原理方框图

图 7—7 晶体管型时间继电器外形

晶体管型继电器是利用晶体三极管的放大和开关作用原理构成的，它是由晶体三极管和二极管、小型变压器及电阻、电容等元件组成。图 7—7 为晶体管型时间继电器的外形图。

机电型（以感应型产品为代表），整流型和晶体管型继电器的主要性能，概括对比如表 7—2。各种性能之间是相对的，有矛盾的，应综合考虑，加以选定。

表 7—2 三种类型继电器主要性能比较

性 能	类 型		
	机电型	整流型	晶体管型
动作速度	慢	中	快
灵 敏 度	低	中	高
功率消耗	大	中	小
抗干扰性	好	好	差
抗温度影响	好	好	差
稳定直流电源	不要	不要	要
机械加工量	大	中	小
成 本	低	中	高

目前晶体管型（包括集成电路）继电器与保护装置已大量投入运行。大规模集成电路和电子计算机等在继电保护技术中的应用，是当前的一个重要发展前途。

二、控制继电器

(一) 控制继电器的用途和分类

1. 用途 在电力拖动系统中, 继电器是控制系统的重要元件, 用以对各种机械执行控制, 要求能频繁动作。

2. 分类 按用途分为: 控制通用继电器、控制电流继电器、控制时间继电器、控制热继电器、控制温度继电器、控制中间继电器、控制电压继电器等。

(二) 控制继电器结构 控制继电器绝大部分采用电磁式原理结构, 如图 7—8 是一种最简单的电磁式继电器原理结构图。它主要由三部分组成: 电磁系统, 包括衔铁、铁芯、轭铁、线圈等组成, 是反应继电器输入量的结构系统; 触头系统包括: 动、静触头及其附件等组成, 是反应输出量的结构系统; 反力系统一般用反力弹簧, 也有依靠衔铁本身重量获得反力。当线圈输入的电流或电压达到继电器动作值时, 磁通产生的吸力足以克服弹簧反力, 使衔铁吸合并带动触头的动作输出信号。

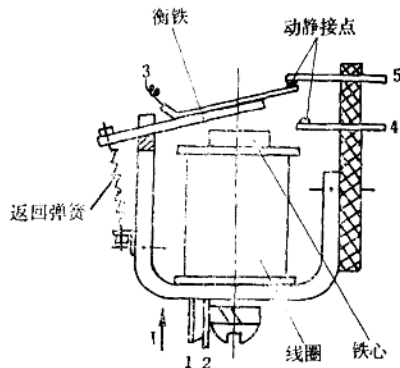


图 7—8 电磁式继电器结构原理图

磁系统的结构常采用: π 型拍合式、山型电磁铁、螺管直动式等。

触头型式有簧式单断点和桥式双断点两种, 其中以桥式双断点在交、直流继电器中广泛使用。

触头电流的要求:

1. 额定电流 以此电流长期通过触头而不使触头温升超过技术条件规定值。
2. 接通和分断能力 根据继电器标准规定的电压, 电流及其负载性质要能可靠地接通与分断20次的电流。
3. 电寿命电流 在产品技术条件中规定, 即在规定的电压和负载条件下能保证电气寿命次数的接通与分断电流值。

(三) 典型产品介绍

1. 通用继电器 JT3型直流电磁继电器的结构如图 7—9 所示。

JT3型磁系统是由U型静铁芯及板状衔铁组成。U型静铁芯用铝的基座浇铸一体, 板状衔铁装在U型铁芯上, 能绕棱型支点转动。在不通电时, 借反作用弹簧反力把衔铁打开, 触头由衔铁带动工作, 触头采用标准的C1—1, C1—2型组件, 其常开式或常闭式可任意组合, 不须更换任何零件。触头对数最多不超过4对。

在JT3型电磁式继电器磁系统结构上, 加上不同的线圈或阻尼圈后能获得电压继电器、中间继电器、时间继电器及欠电流继电器等。因此, 提高了通用性和加强了产品的系列性。所以JT3型继电器称为控制继电器中的通用继电器。

2. 热继电器 热继电器是一种应用比较广泛的电器, 它主要是用来保护电器设备, 如交流感应电动机等的过热和反映被控制设备的发热状态。通常它与交流接触器一起组成磁力起动器, 作为电动机的起动控制设备。

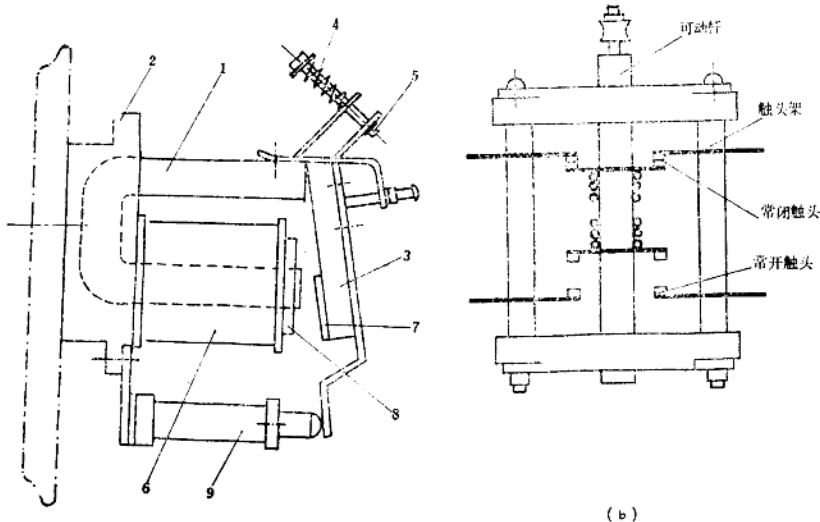


图 7—9 JT3型直流电磁继电器

(a) JT3继电器结构 (b) JT3型继电器触头架

1. 铁芯 2. 底座 3. 衔铁 4. 反力弹簧 5. 调节反力的螺母 6. 线圈
7. 非磁性垫片 8. 钢环 9. 触头架

热继电器按动作方式可分为三种：双金属片式、易熔合金式及利用材料磁导率或电阻值随温度变化的特性原理制成的热继电器。其中以双金属片式热继电器结构简单，体积小，成本低，反时限特性好等优点。因此，本节仅介绍双金属片式热继电器。

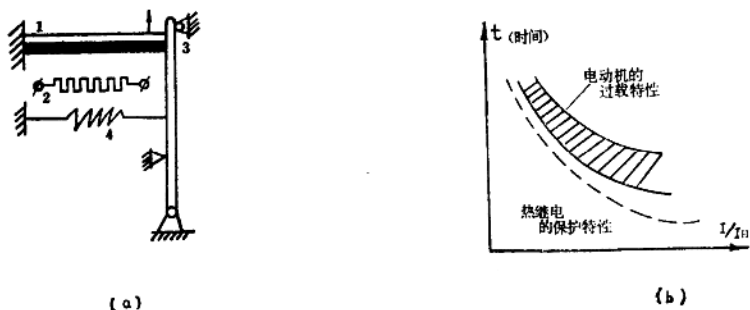


图 7—10 热继电器的工作原理和安秒特性

(a) 工作原理 (b) 安秒特性

双金属片式热继电器是利用双金属片在受热后发生弯曲的特性来断开触点所制成的热继电器。它的工作原理如图 7—10(a)所示。图中 2 为加热元件，它经常通过负载电流，双金属片 1 受热后发生弯曲，但是弯曲的程度比较小，触头仍保持闭合，图中 2 的电流达到一定值时，双金属片因温度升高而弯曲加大，片端离开了触头 3，触头被弹簧 4 拉开，使主电路得到保护。若要触头重新闭合，须经过一定的冷却时间，使双金属片