

## 项目三 输电线路阶段式电流及电压保护装置运行与调试

### 【学习目标】

- (1) 掌握阶段式电流保护的工作原理、整定计算与正确接线。
- (2) 理解方向电流保护的基本原理和方向元件动作方向。
- (3) 掌握方向电流保护的整定计算与正确接线。
- (4) 掌握零序分量的概念和零序保护的基本原理。
- (5) 理解零序滤过器的工作原理。
- (6) 掌握大接地系统中零序分量的特点。
- (7) 了解小电流接地保护的工作原理。

电网输电线路发生短路故障时，其主要特征是电流增大、电压降低。利用电流增大、电压降低的特性可以构成线路的电流保护、电压保护。

### 任务一 三段式电流保护构成与运行

#### 【任务描述】

某 35 kV/10 kV 变电所中，35 kV 母线有两路进线、两路出线，10 kV 母线有两路进线、多路出线。在其中一路输电线路设置三相短路故障点，故障点的位置可设置在线路首端、20% 处、50% 处、80% 处、末端等，试为该 10 kV 输电线路配置电流保护方案。

#### 【知识链接】

电流保护就是利用电力系统在短路或异常工况下电流增大的特征所构成的继电保护。最原始形态的继电保护——熔断器就是一种电流保护。最简单的电流保护是反应相电流的三段式，即电流速断保护、限时电流速断保护和定时限过电流保护。

#### 一、瞬时电流速断保护

根据对保护装置速动性的要求，在满足可靠性和保证选择性的前提下，保护装置的动作时间，原则上越短越好。因此，各种电气元件应力求装设快速动作的继电保护。仅反应电流增大而瞬时动作切除故障的电流保护，称为（无时限或瞬时）电流速断保护。

##### 1. 定义

电流速断保护是指动作电流按躲开保护范围末端最大三相短路电流整定，不带动作时限

的电流保护。

## 2. 几个基本概念

### 1) 最大运行方式和最小运行方式

最大运行方式就是在选定的短路计算点短路时，系统等值阻抗最小，而通过所研究的设备的短路电流最大的运行方式。最小运行方式就是在选定的短路计算点短路时，系统等值阻抗最大，而通过所研究的设备的短路电流最小的运行方式。

### 2) 最小短路电流与最大短路电流

在最大运行方式下三相短路时，通过保护装置的短路电流为最大，称之为最大短路电流。在最小运行方式下两相短路时，通过保护装置的短路电流为最小，称之为最小短路电流。

### 3) 保护装置的整定

所谓整定，就是根据对继电保护的基本要求，确定保护装置动作值、灵敏系数、动作时限等的过程。

## 3. 保护的建立

如图 3-1-1 所示，假定在每条线路上均装有电流速断保护，则当线路 A~B 段上发生故障时，希望保护 2 能瞬时动作，而当线路 B~C 段上故障时，希望保护 1 能瞬时动作，它们的保护范围最好能达到本线路全长的 100%。

图 3-1-1 中，以保护 2 为例，当本线路末端  $k_1$  点短路时，希望电流速断保护 2 能够瞬时动作切除故障，而当相邻线路 B~C 的始端（又称为出口处） $k_2$  点短路时，按照选择性的要求，速断保护 2 不应该动作，因为此处的故障应由速断保护 1 动作切除。但是实际上， $k_1$  点和  $k_2$  点短路时，从保护 2 安装处所流过的短路电流在数值上几乎一样的。因此，希望速断保

保护 2 在  $k_1$  点短路时能动作，而  $k_2$  点短路时不动作的要求就不能同时满足。同样的，保护 1 也无法区别  $k_3$  点和  $k_4$  点的短路。

为解决这个矛盾，并优先保证动作的选择性，即从保护装置启动参数的整定上保证下一条线路出口处短路时不启动，在继电保护技术中，这又称为按躲开下一条线路出口处短路的条件整定。

对反应于电流升高而动作的电流速断保护而言，能使该保护装置启动的最小电流值称为保护装置的启动电流，以  $I_{act}$  (动作电流) 表示，当实际的短路电流  $I_k > I_{act}$  时，保护装置才能启动。保护装置的启动值  $I_{act}$  是用电力系统一次侧的参数表示，它所表示的意义是当被保护线路的一次侧电流达到这个数值时，安装在该处的这套保护装置就能够启动。

根据电力系统短路的分析，当电源电势一定时，短路电流的大小决定于故障类型及短路点和电源之间的总阻抗。相同的故障类型，短路点离电源越远，则线路中的短路电流就越小。因此，根据计算可绘制出短路电流随故障点不同的变化曲线  $I_k = f(l)$ 。图 3-1-1 中，曲线 I 为系统最大运行方式下的三相短路电流特性，曲线 II 为系统最小运行方式下的两相短路电流特性。当系统运行方式或故障类型改变时， $I_k$  都将随之变化。图 3-1-1 中，按启动电流的整定值大小作平行于横轴的水平直线，该直线和曲线 I 交于  $M$  点，和曲线 II 交于  $N$  点，则  $M$  点到保护 2 安装处的距离为速断保护 2 的最大保护范围  $L_{max}$ ， $N$  点到保护 2 安装处的距离为保护 2 的最小保护范围  $L_{min}$ 。

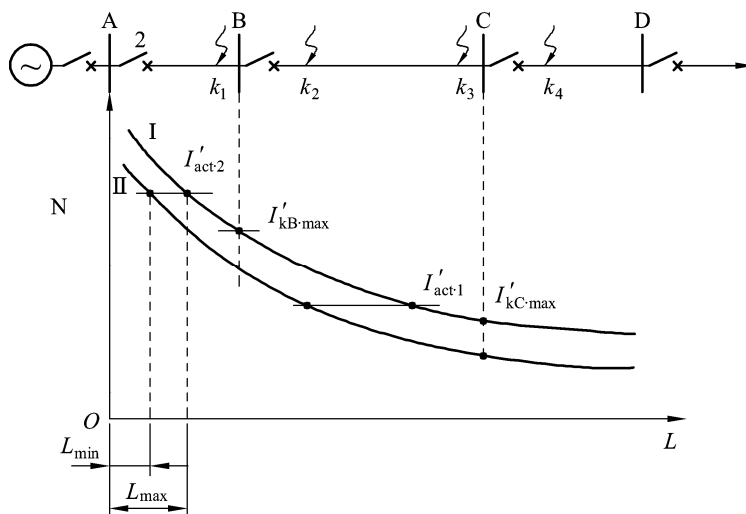


图 3-1-1 电流速断保护动作特性的分析

#### 4. 保护范围

电流速断保护对被保护线路内部故障的反应能力（灵敏性）只能用保护范围的大小来衡量。保护范围通常用线路全长的百分数表示。由图 3-1-1 可知，电流速断保护不能保护线路的全长，并且保护范围直接受系统运行方式的影响。最大运行方式下三相短路时保护范围最大，最小运行方式下两相短路时保护范围最小。一般要求最大保护范围大于 50%，最小保护范围大于（15%~20%）。

#### 5. 动作时限

电流速断保护是仅反应于电流增大而瞬时动作的电流保护，因此又被称为无时限电流速断保护或瞬时电流速断保护。它没有人为延时，只考虑继电保护固有的动作时间，在时间上不需要与下一段线路配合。

#### 6. 整定计算

为了保证电流速断保护动作的选择性，动作电流按躲开下一条线路出口处的最大短路电流  $I_{k\text{-max}}^{(3)}$  计算，因此，对于保护 1，其启动电流不需大于  $k_4$  点短路时可能出现的最大短路电流。考虑实际存在的各种误差影响和必要的裕度，引入大于 1 的可靠系数  $K'_{\text{rel}}$ ，一般取 1.2~1.3。

$$I'_{\text{act}} = K'_{\text{rel}} I_{\text{k-max}}^{(3)} \quad (3-1-1)$$

## 7. 组成与接线

电流速断保护的单相原理接线如图 3-1-2 所示，保护由检测启动元件（电流继电器 KA）、中间元件（中间继电器 KM）和信号元件（信号继电器 KS）组成。电流互感器 TA 的二次侧连接电流继电器 KA 线圈，KA 常开触点闭合后启动中间继电器 KM，经串联的信号继电器 KS 接通跳闸线圈 YR，从而使断路器跳闸。

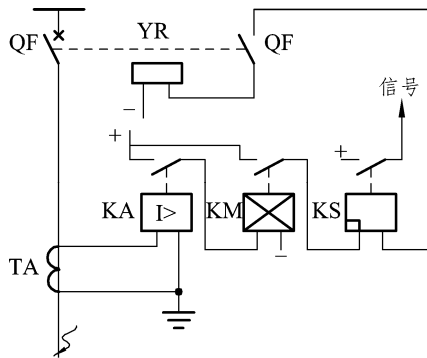


图 3-1-2 电流速断保护的单相原理接线图

接线中采用中间继电器 KM 的原因如下：

(1) 电流继电器的接点容量比较小，不能直接接通跳闸线圈，因此先启动中间继电器，然后再由中间继电器的大容量接点接通跳闸回路。

(2) 当线路上装有管型避雷器时，利用中间继电器来增大保护装置的固有动作时间，以防止管型避雷器放电时引起电流速断保护误动作。

## 8. 电流速断保护的优缺点

电流速断保护的主要优点是接线简单可靠、动作迅速，因而得到了广泛应用。它的缺点是不能保护线路的全长，并且保护范围直接受系统运行方式变化的影响。当系统运行方式变化很大时，电流速断保护就可能没有保护范围；在最大运行方式下整定后，在最小运行方式

下无保护范围；被保护线路的长度很短时，电流速断保护也可能没有保护范围。

## 二、限时电流速断保护

由于有选择性的电流速断保护不能保护线路的全长，因此可考虑增加一套新的保护来切除线路上电流速断保护范围以外的故障，同时也能作为速断保护的后备，这就是限时电流速断保护。

对这个新保护的要求，首先是在任何情况下都能保护线路的全长，并且具备足够的灵敏度；其次是在满足上述要求的前提下，力求具有最小的动作时限。正是因为它能以较小的动作时限较快地切除全线范围以内的故障，因此称之为限时电流速断保护。

### 1. 定 义

限时电流速断保护是指带较短动作时限，动作电流按躲开下一段线路的电流速断保护的整定电流整定的电流保护。

### 2. 整定原则

限时电流速断保护与下一条线路的电流速断保护配合，不仅动作时限上要配合，而且保护范围、整定计算上也要配合。

(1) 为了保护本线路全长，限时电流速断保护的整定范围必须延伸到下一条线路中去，这样当下一条线路出口处短路时，它就能切除故障。

(2) 为了保证选择性，必须使限时电流速断保护动作带有一定的时限。

(3) 为了保证速动性，时限应尽量缩短。时限的大小与延伸的范围有关。为使动作时限小，限时电流速断保护的整定范围不能超出下一条线路电流速断保护的整定范围末端。

### 3. 动作时限

为了保证选择性，限时电流速断保护比下一条线路无时限电流速断保护的動作时限高出一个时间级差  $\Delta t$ 。因此，在图 3-1-1 所示的线路上，线路 A ~ B 上的保护装置 2 的限时速断保护的動作时限  $t_2''$  应比下一条线路 B ~ C 上保护装置 1 的电流速断保护的動作时限  $t_1'$  高出一个时间级差  $\Delta t$ ，即

$$t_2'' = t_1' + \Delta t \quad (3-1-2)$$

$\Delta t$  的大小要保证在重叠保护区内发生故障时保护动作的选择性，若过大则速动性差，过小则不能保证选择性。在工程上考虑各种因素， $\Delta t$  一般取 0.35 ~ 0.6 s，通常取 0.5 s。对于采用数字电路构成的静态型时间继电器，由于其精度极高，可以将  $\Delta t$  压缩到 0.35 s 左右。

### 4. 保护范围

限时电流速断保护能保护线路全长，并延伸到下一段线路去，但不能超过下一段线路的电流速断保护的保護范围末端。因此，限时电流速断保护不能保护下一段线路全长，也不能作为下一段线路的后备保护。

### 5. 整定计算

動作电流按躲开下一条线路电流速断保护的動作电流进行整定，引入可靠系数  $K_{\text{rel}}''$ 。

$$I_{\text{act-2}}'' = K_{\text{rel}}'' I_{\text{act-1}}' \quad (3-1-3)$$

对可靠系数  $K_{\text{rel}}''$ ，考虑到短路电流中的非周期分量已经衰减，故可选取得比电流速断保护可靠系数  $K_{\text{rel}}'$  小一些，一般取 1.1 ~ 1.2。

### 6. 灵敏度校验

灵敏度应以本线路末端短路时的最小两相短路电流来校验。

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k}\cdot\text{min}}^{(2)}}{I_{\text{act}\cdot 2}''} \geq 1.5 \quad (3-1-4)$$

## 7. 组成与接线

限时电流速断保护的单相原理接线如图 3-1-3 所示，保护由检测启动元件（电流继电器 KA）、时间元件（时间继电器 KT）和信号元件（信号继电器 KS）组成。它和电流速断保护接线的主要区别是用时间继电器 KT 代替了原来的中间继电器 KM，这样当电流继电器 KA 动作后还必须经过时间继电器 KT 的延时才能动作跳闸。而如果在延时之前故障已经被切除，则电流继电器 KA 立即返回，保护随即复归原状，不会形成误动作。

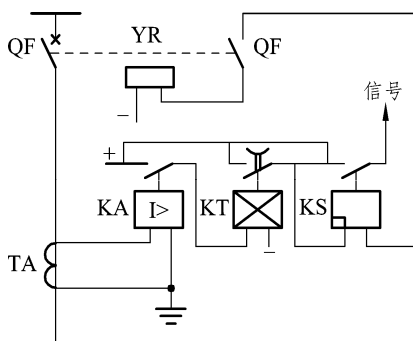


图 3-1-3 限时电流速断保护的单相原理接线图

## 8. 限时电流速断保护的优缺点

限时电流速断保护的优点是结构简单，动作可靠，能保护本条线路全长；缺点是不能作为下一条线路的后备保护（有时只能对相邻元件的一部分起后备保护作用）。

## 三、定时限过电流保护

### 1. 定义

定时限过电流保护是指其动作电流按躲开最大负荷电流整定，用适当的延时保证动作选



择性的电流保护。

## 2. 整定原则

动作电流按躲开被保护线路的最大负荷电流，且在自启动电流下继电器能可靠返回进行整定。

(1) 在正常运行情况下过电流保护不应动作，保护装置的动作电流  $I_{act}$  必须大于最大负荷电流  $I_{L-max}$ 。

(2) 外部短路故障被切除后，保护装置应能返回。因此，返回电流  $I_r$  大于自启动电流  $I_{ss}$ 。

(3) 保护范围内发生短路时，保护装置应灵敏动作。

## 3. 保护范围

定时限过电流保护不仅能够保护本线路的全长，而且能保护下一条线路的全长；不仅可以作为本线路的近后备保护，而且可以作为下一条线路的远后备保护。

## 4. 整定计算

$K_r$  越小，保护装置的动作电流越大，其灵敏性就越差，这是不利的。这就是要求过电流继电器应有较高的返回系数的原因。

$$I_{act}''' = \frac{K_{rel}''' K_{ss}}{K_r} \times I_{L-max} \quad (3-1-5)$$

式中  $K_{rel}'''$  ——可靠系数，一般取 1.1 ~ 1.2；

$K_{ss}$  ——自启动系数，一般取 1.5 ~ 3；

$K_r$  ——返回系数，应为 0.85 ~ 0.95；

$I_{L-max}$  ——被保护设备最大负荷电流。

## 5. 动作时限

如图 3-1-4 所示，假定在线路上的母线 A、B、C 处装设过电流保护 1、2、3，各保护装置的启动电流均按照躲开被保护线路上各自的最大负荷电流来整定。这样当  $k_1$  点短路时，保护 1~3 在短路电流的作用下都有可能启动。但要满足选择性的要求，应该由离故障点  $k_1$  最近的保护 3 动作切除故障，而保护 1、2 在保护 3 动作将故障切除后立即返回。这个要求只能依靠各保护装置设置不同的时限来满足。

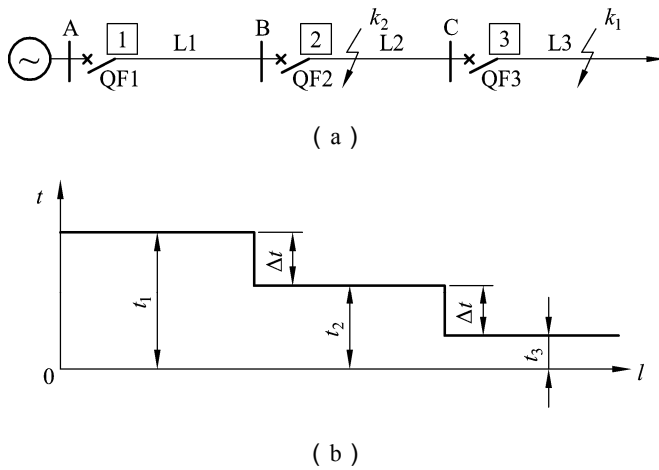


图 3-1-4 过电流保护的阶梯形时限特性

保护 3 位于电网的最末端，只要  $k_1$  点发生短路故障，它就可以瞬时动作切除故障， $t_3$  即为保护 3 的固有动作时间。对于保护 2 来说，为了保证  $k_1$  点短路时动作的选择性，其动作时限  $t_2 > t_3$ 。引入时限极差  $\Delta t$  后，保护 2 的动作时限为  $t_2 = t_3 + \Delta t$ 。

保护 2 的动作时限确定以后，当  $k_1$  点短路而保护 3 拒动时，保护 2 将以  $t_2$  的时限切除故障，此时为了保证保护 1 动作的选择性，必须整定  $t_1 > t_2$ 。引入时限极差  $\Delta t$  后，保护 1 的动作时限为  $t_1 = t_2 + \Delta t$ 。

一般来说，任一过电流保护的動作时限应选择比相邻下一级各元件保护的動作时限高出

至少一个  $\Delta t$ ，只有这样才能充分保证保护动作的选择性。这种保护动作时限的配合形状像一个阶梯，故称为阶梯形时限特性。

过电流保护的動作时限是从系统的末端（负荷侧）向电源端逐级递增的，每一级递增一个时限级差  $\Delta t$ ，即  $t_1 = t_2 + \Delta t = t_3 + 2\Delta t$ 。时限级差  $\Delta t$  一般取  $0.3 \sim 0.5$  s。过电流保护的时限特性在整定好之后是固定的，由专门的时间继电器予以保证，其动作时限与短路电流无关，因此称为定时限过电流保护。

当故障越靠近电源端时，短路电流越大。而根据以上分析，按照选择性的要求，越靠近负荷侧，过电流保护的動作时限越短；越靠近电源端，过电流保护的動作时限越长。此时过电流保护动作切除故障的时限反而越长，因此这是一个很大的缺点。正是由于这个原因，在电网中广泛采用电流速断保护和限时电流速断保护来作为线路的主保护，以快速切除故障，而利用过电流保护来作为线路和相邻元件的后备保护。任一线路过电流保护的動作时限必须与该线路末端变电所母线所有出线保护中的動作时限最长者配合。

## 6. 灵敏度校验

为了保证在保护范围末端短路时，过电流保护能动作，对动作电流必须按其保护范围末端可能的最小短路电流进行灵敏度校验。

当过电流保护作为本线路主保护或近后备保护时，应选择本线路末端短路时出现的最小短路电流进行灵敏度校验，并要求灵敏度应不小于 1.5。

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k-min.本末}}^{(2)}}{I_{\text{act}}'''} \geq 1.5 \quad (3-1-6)$$

当过电流保护作为下一条线路后备保护（远后备）时，其保护范围延伸至下一条线路末

端，此时应选择下一条线路末端短路时出现的最小短路电流进行灵敏度校验，并要求灵敏度不小于 1.2。

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k}\cdot\text{min}\cdot\text{下一末}}^{(2)}}{I_{\text{act}}^m} \geq 1.2 \quad (3-1-7)$$

#### 7. 定时限过电流保护的优缺点

定时限过电流保护的优点是结构简单，工作可靠，保护范围广，能够保护被保护线路的全长，也能保护相邻线路全长及相邻元件的全部，具有远后备保护的优势。其缺点是在具有多级保护的线路中，越靠近电源端其动作时限越大，速动性差，对靠近电源端的故障不能快速切除。而且在重负荷线路中，其灵敏度较低，因此一般作为主保护的近后备保护及相邻线路的远后备保护使用。

### 四、阶段式电流保护

#### 1. 概念

电流速断保护、限时电流速断保护和定时限过电流保护都是反应电流升高而动作的保护。无时限电流速断保护是靠选择动作电流来保证选择性。限时电流速断保护是靠选择动作电流和动作时限来保证选择性。定时限过电流保护是靠选择动作时限来保证选择性。

电流速断保护动作迅速，但只能保护线路的一部分。限时电流速断保护能保护线路全长，却不能作为下一段线路的后备保护，因此必须采用定时限过电流保护作为本条线路和下一段线路的后备保护。由电流速断保护、限时电流速断保护及过电流保护相配合共同构成的保护，叫做三段电流保护。其中瞬时电流速断保护（电流I段）和限时电流速断保护（电流II段）为主保护，定时限过电流保护（电流III段）为后备保护。

实际上，供配电线路并不一定都要装设三段式电流保护，应当根据电网具体情况确定。如线路-变压器组接线，电流速断保护按保护线路全长考虑后，可不装设限时电流速断保护，只需装设电流I段和电流III段即可。又如，在较短线路上，电流速断保护的保护区很短，甚至可能没有保护区，此时只需装设电流II段和电流III段。因此，对于不同的线路，应根据具体情况，装设相应的阶段式电流保护。

## 2. 保护的配合

每个保护都有预先划分的保护区，划分保护区的基本原则是任一个元件的故障都能被可靠地切除并且造成的停电范围最小。

保护区相互重叠，保证任意点的故障都置于保护区内。各种保护之间配合的总原则是：

① 保护区重合，则动作时限不能相同。② 动作时限相同的，保护区不能重合。

### 1) 保护装置的灵敏度配合

保护装置的灵敏度配合就是保护区的配合。也就是在各种可能出现的运行方式下，某设备的带时限动作的保护装置的保护区末端，应在下一级相邻设备的要求同它相配合的保护装置的保护区末端以内。这样，当供电系统任意一点发生故障时，离故障点最近的保护装置灵敏度最高，离故障点越远的保护装置灵敏度最低。

### 2) 保护装置的时限特性配合

保护装置的时限特性配合是指某设备的保护装置的动作时限，应大于下一级相邻设备的要求同它相配合的保护装置的动作时限。这样，当供电系统任意一点发生故障时，离故障点最近的保护装置动作时限最短，离故障点越远的保护装置动作时限越长。

### 3) 三段式电流保护的时限特性分析

三段式电流保护的时限特性如图 3-1-5 所示，保护 1 的电流 I 段保护的保护区只是本线路 WL1 中的一部分，其动作时限为继电器固有动作时间  $t_1^I$ ，无人为延时。

电流 II 段保护的保护区延伸到下一级线路 WL2 中，但不能保护 WL2 的全长，而且为了保证选择性，其保护区末端不超过保护 2 电流 I 段的保护区末端。其动作时限为  $t_1^{II} = t_2^I + \Delta t$ 。电流 I 段、II 段保护构成线路的主保护。

电流 III 段保护作为电流 I 段、II 段保护的近后备保护和下一级线路的远后备保护。其保护区为线路 WL1 和 WL2 的全部，其动作时限为  $t_1^{III}$ 。根据阶梯形原则， $t_1^{III} = t_2^{III} + \Delta t$ ，其中  $t_2^{III}$  为线路 WL2 上保护 2 的电流 III 段保护。

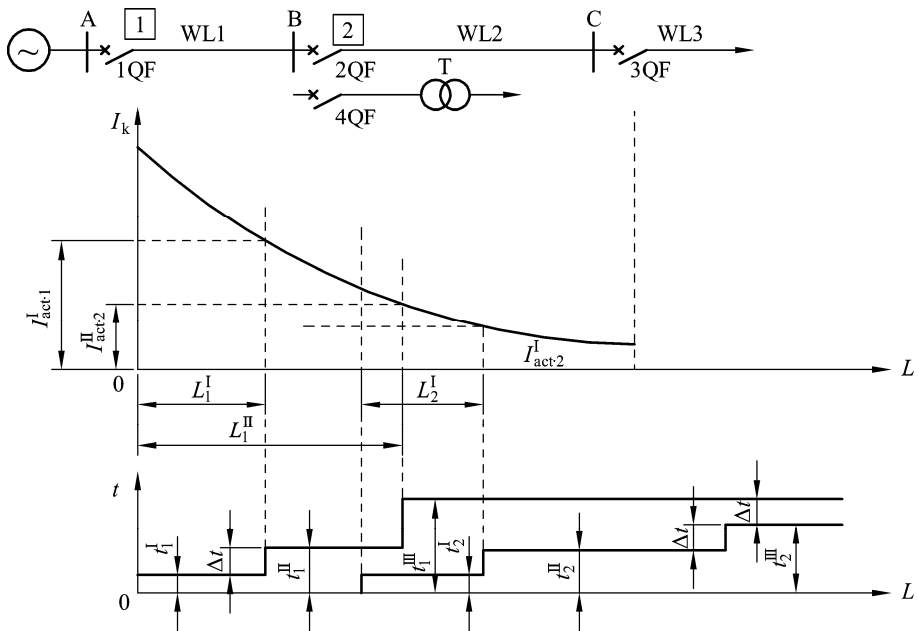


图 3-1-5 三段式电流保护的时限特性分析

### 3. 原理接线图

继电保护的原理接线图一般可以用归总式原理接线图和展开式原理接线图两种形式来表示。

#### 1) 归总式原理接线图

归总式原理接线图是用来表示保护装置的工作原理的，它以二次元件整体形式表示各二次元件之间的电气联系，并与一次接线有关部分画在一起。其相互联系的电流回路、电压回路以及直流回路综合在一起，二次元件之间连线按实际工作顺序画出，不考虑实际位置。这

样对继电保护整个装置形成一个清楚的整体概念。归总式原理接线图对分析继电保护装置二次回路的工作原理，了解动作过程都很方便。但由于电路中各元件之间的联系是以整体形式连接，当元件较多时，接线相互交叉，显得凌乱，加之没有画出元件内部接线、元件端子及连接线无符号标注，实际接线及查线很困难。

在图 3-1-6 所示的三段式电流保护的归总式原理接线图中，KA1、KA2、KS1、KCO 组成电流I段保护，KA3、KA4、KT1、KS2 组成电流II段保护，KA5、KA6、KA7、KT2、KS3 组成电流III段保护。出口中间继电器 KCO 触点带 0.1 s 延时，为的是躲过避雷器的放电时间。电流继电器 KA7 线圈中流过的电流为 A、C 两相电流之和，是为了在 Yd 联结变压器后发生两相短路时提高过电流保护的灵敏性。任一段保护动作均有相应的信号继电器 KS 的掉牌指示，可以知道哪段保护动作，从而分析故障的大致范围。

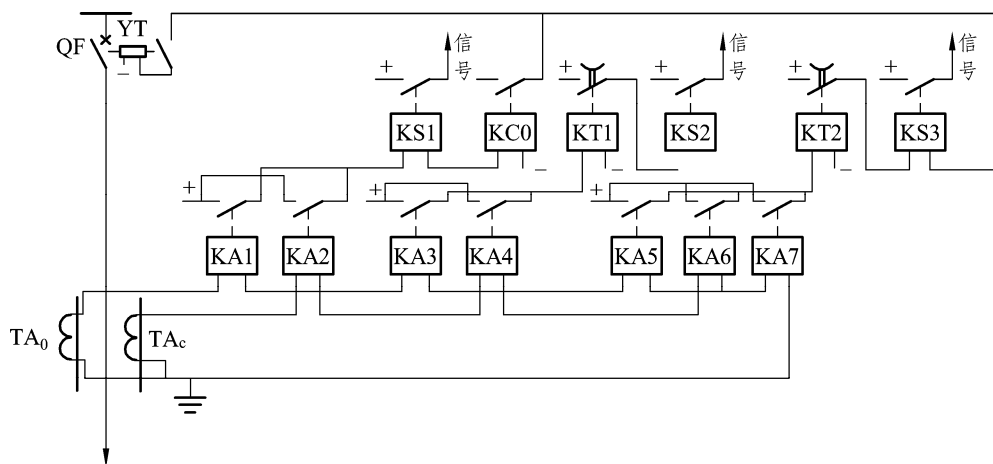


图 3-1-6 三段式电流保护的归总式原理接线图

## 2) 展开式原理接线图

继电保护展开式原理接线图是按供电给二次回路的每个独立电源来划分的，即将二次回路按交流回路、直流操作回路、信号回路及保护出口回路等划分为几个主要部分。每一部分

又分为许多行。交流回路按 A、B、C 相序排列。直流回路按元件先后动作顺序从上到下或从左到右排列，其中同一个继电器元件的线圈及触点要分开表示在各相回路里。各回路中，属于同一元件的线圈和触点采用相同的文字符号。各行或列中各元件的线圈、触点按实际连线方式，即按电流通过方向，依次连接成回路。在各行右边一般有文字说明，说明回路名称和各个回路的主要元件的作用。

图 3-1-7 为根据图 3-1-6 所示的三段式电流保护归总式原理接线图绘制的展开式原理接线图，它由交流电流回路、直流回路和信号回路三部分组成。交流电流回路由电流互感器  $TA_a$ 、 $TA_c$  构成两相星形联结，二次绕组接电流继电器  $KA1 \sim KA7$  的线圈。直流回路由直流屏引出的直流操作电源正控制小母线 (+WC) 和负控制电源小母线 (-WC) 供电。信号回路由直流屏引出直流操作电源正信号小母线和负信号小母线供电。

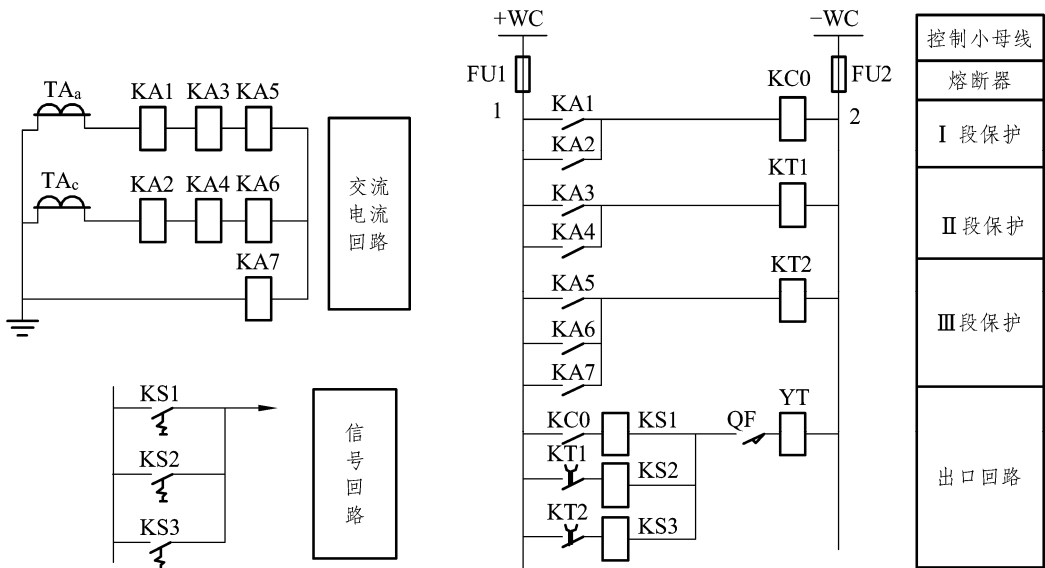


图 3-1-7 三段式电流保护的展开式原理接线图

从展开图中看，属于同一继电器的各个组成部分（如线圈、触点）被画在不同的回路中，



属于同一个继电器的全部部件均标注同一符号。在绘制展开图时，尽量按保护动作顺序从左到右、从上到下依次排列。展开图右侧有文字说明，以帮助了解各回路作用。

展开图虽然不如归总式原理图那样形象，但它能清楚地表达保护装置动作过程，易于查找错误，对于复杂回路的设计、研究、安装和调试来说非常方便。因此，展开图在生产上得到广泛应用。

#### 4. 三段式电流保护的优缺点

三段式电流保护的主要优点是接线简单可靠，并且一般情况下都能较快切除故障。它一般应用于 35 kV 及以下电压等级的单侧电源电网中。其缺点是灵敏度和保护范围直接受系统运行方式和短路类型的影响。此外，它只在单侧电源供电网络中才有选择性。

### 五、电流保护的接线方式

所谓电流保护的接线方式，是指电流保护中电流继电器线圈与电流互感器二次绕组之间的连接方式。对保护接线方式的要求是能反应各种类型故障，且灵敏度尽量一致。电流保护接线方式主要有：三相三继电器式完全星形接线、两相三继电器式完全星形接线、两相两继电器式不完全星形接线和两相一继电器式电流差接线。

#### 1. 三相星形接线（完全星形接线）

这种接线方式如图 3-1-8 所示，三相的电流互感器二次线圈接成星形，三相的电流继电器线圈也接成星形，电流互感器星形中性点与电流继电器星形中性点连接，每相电流互感器二次线圈的另一端与每相电流继电器线圈的另一端对应连接。三相的电流继电器触点并联。

任何一个电流继电器动作，都可以使后面的时间继电器或中间继电器动作，引起断路器

跳闸，信号继电器发出保护动作的信号。

当发生任何形式的相间短路时，最少有两相流过短路电流，有两个继电器同时动作。可见，三相星形接线方式作为相间短路保护是可靠的。在中性点直接接地系统中，它还可以兼作接地保护。

这种接线方式比较复杂，主要用于重要设备的保护中。

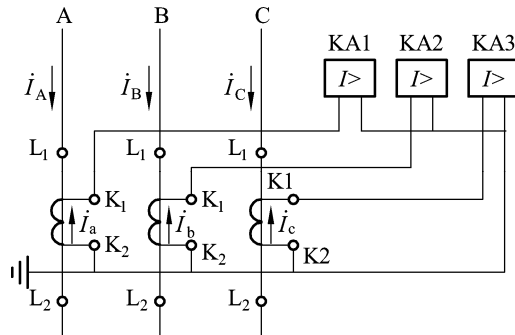
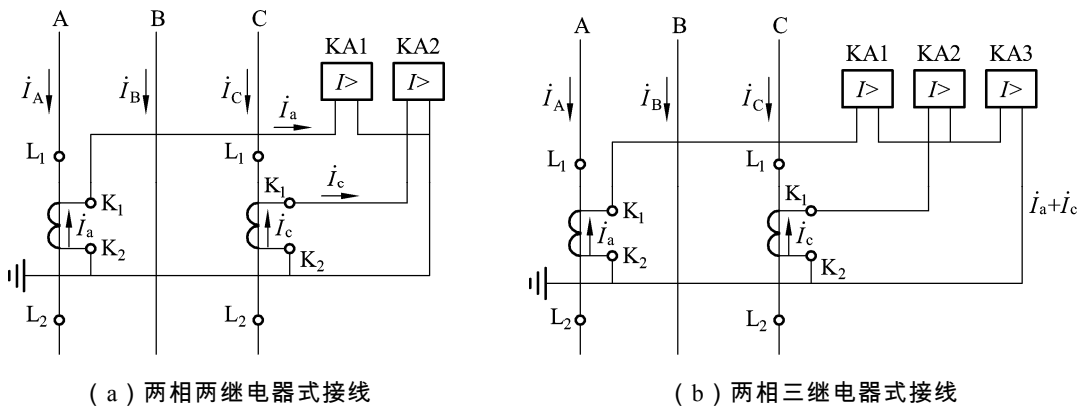


图 3-1-8 三相星形接线

## 2. 两相星形接线 (不完全星形接线)

这种接线方式如图 3-1-9 所示，通常电流互感器和电流继电器都装在 A、C 两相，B 相无保护。在两相或三相短路时，最少有一相流过短路电流，因此最少有一个继电器动作。



(a) 两相两继电器式接线

(b) 两相三继电器式接线

图 3-1-9 两相星形接线

这种接线方式能满足相间短路保护的要求，接线简单，在 10 kV 及以下电压等级的电网