

中等专业学校教学用书

工业企业
变电与配电

下册

(工业企业电气化专业适用)

鞍山冶金专科学校 合编
吉林冶金电气化专科学校



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



工业企业变电与配电

下 册

(工业企业电气化专业适用)

鞍山冶金专科学校 合編
吉林冶金电气化专科学校

中国工业出版社

本書內容分为四大部分，上册包括第一、二两部分，下册包括第三、四两部分。

在第一部分中，除了簡單介紹電力系統和我国電力事业发展概况外，着重对工业企业供电系統、高低压綫路、变电所和主要电器设备的构造原理作全面而系統的論述；在第二部分中，討論了負荷計算、短路电流計算以及导綫和主要电器的选择原理和方法；在第三部分中，集中敘述变电所的二次系統，包括繼电保护装置、操作綫路、信号綫路和变电所的自动与运动等問題；在第四部分中，敘述了整流所、电气照明、节约用电和防雷接地等問題。

本書由冶金工业部教育司推荐作为中等专业学校“工业企业电气化”专业教学用書。此外也可作高等学校“工业企业供电”課程的参考書。

工业企业变电与配电

下 册

(工业企业电气化专业适用)

鞍山冶金专科学校
吉林冶金电气化专科学校 合編

*

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)
(北京市書刊出版事业許可証出字第110号)

地质印刷厂印刷

新华書店科技发行所发行·各地新华書店經售

★ 1961年9月

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 1·字数240,000

1961年9月北京第一版 1961年9月北京第一次印刷

印数0001—2,737·定价(9-4)1.05元

統一書号: 15165 703 (冶金-150)

目 录

第九章 线路继电保护	5
9-1 概說	5
9-2 定时限过电流保护装置	11
9-3 有限反时限过电流保护装置	15
9-4 电流速断装置	19
9-5 功率方向保护装置	21
9-6 线路縱联差动保护装置	27
9-7 两条并联平行线路的电流橫联差动保护装置	29
9-8 两条并联平行线路的方向橫联差动保护装置	30
9-9 距离保护	33
9-10 接地保护装置与交流电网的絕緣監察	33
第十章 电力变压器保护和大型电动机保护	37
10-1 变压器的故障, 保护方式与灵敏度	37
10-2 变压器的过电流保护装置	39
10-3 变压器的电流速断装置	40
10-4 变压器的瓦斯保护	42
10-5 变压器的差动保护装置	43
10-6 电动机保护	49
第十一章 变电所的测量和控制系统	53
11-1 电气和温度测量	53
11-2 断路器的远方分閘和合閘	56
11-3 信号装置	59
11-4 自动合閘装置	63
11-5 线路自动重合閘装置	67
11-6 遙控的意义作用 and 电碼	70
11-7 遙控的基本环节	74
第十二章 变电所的操作电源	80
12-1 概說	80
12-2 直流操作电源	80
12-3 直流回路的絕緣監察	86
12-4 交流操作电源	88
第十三章 水銀整流所	95
13-1 概說	95
13-2 整流所主回路的設備	96
13-3 单阳极整流器的控制	107
13-4 单阳极整流器的抽真空	110
13-5 单阳极整流器的冷却	113
第十四章 工厂电气照明	115
14-1 光源和灯具	115
14-2 照度标准和灯具布置	123

14—3	照明計算	126
第十五章	節約电能	132
15—1	概說	132
15—2	提高綫路电压和变压器的經濟运行	133
15—3	改善功率因数	135
15—4	提高自然功率因数	138
15—5	无功功率的补偿	138
15—6	电容器接綫图和裝置地点	140
第十六章	接地与防雷	142
16—1	接地的种类	142
16—2	接地裝置的电阻与电压	142
16—3	接地电阻的計算	144
16—4	保护接零	146
16—5	过电压的发生	149
16—6	防雷設備	150
附录		156

第九章 綫路繼电保护

9-1 概 說

1. 繼电保护装置的功用和任务

在电力系统中，可能发生故障或不正常工作状态。如綫路断綫，短路或过载等。从第七章的討論中，我們知道短路故障的后果是相当严重的。过载是电气設備的不正常工作状态，可能引起载流部分过热，甚至絕緣损坏，在小接地电流系統中，单相接地时，未接地相对地电压增大 $\sqrt{3}$ 倍，也是一种不正常工作状态，它們往往是导致短路故障的原因。为此，必須尽快地断开故障元件和及时的发现不正常工作状态，繼电保护装置就是在这种要求下出現的一种自动装置。

所謂繼电保护装置，就是由一个或几个繼电器組成的自动装置。它的任务是：

(1) 当发生故障时，断开被保护元件（即保护装置动作于跳閘），并发出事故信号；

(2) 当发生不正常工作状态时，发出警告信号，以便值班人員采取措施；

(3) 构成自动化装置，如綫路和变压器故障断开时，自动地把备用綫路和变压器投入运行，或輸配电綫路的自动重合閘等。

2. 繼电器

繼电器可分为反应电量和非电量的两种。属于后一种的有保护变压器的瓦斯繼电器等。

按照工作原理的不同，反应电量的繼电器又可分为电磁式、感应式、电动式和热力式等等。

根据繼电器所反应的参数的不同，繼电器又分为：电流繼电器、电压繼电器、功率繼电器、温度繼电器等。

繼电器也可根据所反应的量的变化性质分为过量繼电器和欠量繼电器。过量繼电器反应电量（如电流或电压）向增加方向的偏差。而欠量繼电器則反应向减少方向的偏差。

此外，繼电器还可根据接入被保护回路的方法而分为一次式和二次式繼电器；也可根据作用于断路器的方法不同，而分为直接作用和間接作用的繼电器。对工业企业的变电所来講一般都采用間接作用的二次式繼电器，图9-1就表示間接作用的二次式过电流繼电器的原則接綫图。当繼电器綫圈中的电流增大到某一值时，繼电器1的接点闭合，接通传动机构的跳閘綫圈2的操

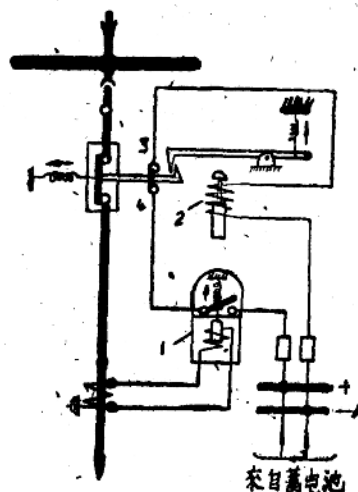


图 9-1 間接作用的二次式过电流繼电器的原則接綫图

作电流回路（直流电路），使断路器跳闸。

能使继电器动作的最小电流称为继电器的启动电流，用 $I_{c.s}$ 表示。

必须指出，当继电器通过电流互感器联接时（图9—1），继电器的启动电流（ $I_{c.s}$ ）与保护装置的启动电流（ $I_{c.s}$ ）是有区别的。后者是指某一元件的保护装置启动时的电流互感器的最小一次侧电流。

表9—1是供电上常用的几种继电器，它们与电力传动装置上所用的继电器在原理上大体相同，只是对供电继电器的灵敏性要求高，功率小，动作更要迅速等。方案1为国际符号，方案2为苏联方案。本书采用国际符号。

表 9—1 继电器的形象表示符号

编号	继电器型式	表示符号		编号	继电器型式	表示符号	
		方案1	方案2			方案1	方案2
1	瞬时电流继电器			7	信号继电器		
2	有限反时限电流继电器			8	功率方向继电器		
3	有速断的有限反时限电流继电器			9	阻抗继电器		
4	瞬时电压继电器			10	差动继电器		
5	时间继电器			11	瓦斯继电器		
6	中间继电器						

3. 对继电保护装置的基本要求

继电保护装置一般应具有下列五项基本要求：

1) 选择性。故障时保护装置只切除网路中故障元件，称保护装置的选择性。

图9—2表示有选择性切除故障的例子。

当K—1点发生短路时应该由断路器 B_1 将故障切除，也就是离故障点最近的断路器动作，除故障线路外，其它用户仍应正常供电。当K—5点发生短路时，应由 B_5 切除故障线路。

因此选择性的要求是保证对用户可靠供电的基本条件。若切除故障无选择性，就会扩大停电事故的范围，使用户遭到不必要的损失。只有在不得已和不影响用户供电的情况下，才允许保护装置无选择的动作。

2) 动作迅速。短路电流存在的时间越长, 电气设备的绝缘越容易损坏; 用户处在电压降低的时间越长; 工作的电动机有可能受到影响。所以要求继电保护装置快速动作, 迅速地切除故障, 以防止上述危害。

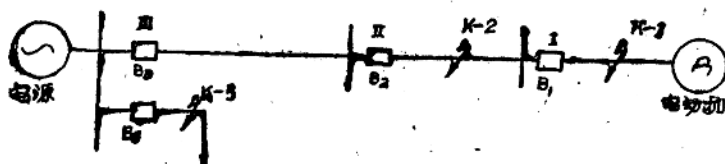


图 9-2 分析继电保护装置性能参考图

在某些情况下, 动作迅速与选择性的要求相抵触。若不可能同时满足两个要求时, 按损失最小的原则, 容许只满足其中一个要求。在大多数情况下, 特别是考虑到系统稳定时, 要求保护装置快速动作无选择性的切除故障。这时可以利用自动重合闸再度投入, 以补救保护装置的选择性。

3) 灵敏度。灵敏度表示保护装置反应故障的能力。各种类型的保护装置的灵敏度可以用灵敏系数 K_s 来衡量。

对于当故障时反应参数增加的过量保护装置来讲, 灵敏系数定为在被保护区末端直接短路时的参数 (如电流) 对保护装置所整定的启动值之比。例如对过电流保护 (§ 9-2)。

$$K_s = \frac{I_k}{I_{c.s.}} \quad (9-1)$$

其中 I_k ——保护区末端直接短路时的一次侧短路电流, 安;

$I_{c.s.}$ ——保护装置一次侧启动电流, 安。

对于当故障时反应参数减少的欠量保护装置来讲, 灵敏系数定为保护装置所整定的启动值对被保护区末端直接短路时的参数值 (电压或阻抗) 之比。例如对于欠电压保护。

$$K_s = \frac{U_{c.s.}}{U_k} \quad (9-2)$$

其中 $U_{c.s.}$ ——保护装置一次侧启动电压, 伏或千伏;

U_k ——当被保护区末端短路时, 供给保护装置中的继电器的电压互感器所在的母线电压, 伏或千伏。

在保护区内任意一点发生故障时, 保护装置必须准确的动作, 因此灵敏系数 $K_s > 1$, 一般的保护装置 $K \geq 1.5$, 在特殊情况下 $K \geq 2$ 。

4) 备用性。根据保护装置所担当的任务不同, 保护装置分为: 基本保护 (或主保护), 后备保护和辅助保护 (或附加保护) 三类。

在整个被保护范围内发生故障时, 其动作时间尽可能地保证系统中无故障部分连续运转的保护装置, 称为基本保护。因此, 基本保护一般都力求做成快动作的。

当系统中前面元件 (指离负载较近的元件) 的保护装置或断路器拒绝动作时, 给前面元件的保护作后备的保护装置, 叫做后备保护。后备保护在基本保护拒绝动作或检修时, 可代替基本保护。

为了断开位于基本保护死区 (在这一区内发生故障时, 基本保护拒绝动作) 内的故障, 以及在被保护元件的某一部分发生故障时, 加速基本保护动作的叫做辅助保护。

如图 9-2, 当 K-1 点发生故障时, 作为基本保护的装置 I 应该动作。假如它发生

故障而拒絕動作時，保護裝置Ⅱ應該動作而且應該具有足夠靈敏度。所以保護裝置Ⅱ是Ⅰ的後備保護，它比Ⅰ應該有相應的延時，以保證有選擇性的動作。在K-1點短路時，不要求保護裝置Ⅱ有後備作用，因為保護裝置Ⅱ和Ⅰ同時拒絕動作的可能性很小。

5) 可靠性。繼電保護裝置必須動作可靠，保護範圍內發生故障時應該準確的動作，而在不屬於它動作的情況下就不應該動作。因此要求：繼電器動作可靠；保護裝置結線圖尽可能簡單；尽可能減少繼電器接點；保護裝置的安裝應該可靠，避免保護裝置的接線斷線、短路、接地和錯誤接線等；採用的所有輔助元件，如連接端子、連接導線等，都應該是可靠的。

保護裝置既要考慮保證用戶的供電，同時又要考慮保護裝置的購置費用和檢驗、調整等所需要的運轉維護費用。因此，只有對供電系統中最主要的元件（發電機、大容量的主變壓器和主要高壓供電綫上）才考慮採用最完善而昂貴的繼電保護裝置，以求最大限度地滿足技術要求。在配電網路中，大多數採用較便宜的、簡單的、需要維護費較少的保護裝置，它們的靈敏度和迅速動作性能都較差。

4. 繼電保護裝置動作的基本原理

現有的工業企業供電範圍內的綫路保護裝置，按其構成的原理可以分成下列三種：

(1) 電流（電壓）保護裝置：它反應電流（電壓）的升高或降低的程度。當這些電氣量達到預先給定的數值時，保護裝置便啟動（無時限或帶時限）。在環狀供電或兩端供電的網路中還帶有方向元件。

(2) 差動保護裝置：它反應兩個相比較的電氣量差值的程度。當差值達到預先給定的值時，保護裝置便瞬時動作。

(3) 距離保護裝置：距離保護是指保護裝置的動作時間能隨故障點與保護安裝處的距離自動變化的一種繼電保護裝置。當故障點越遠，其動作時限就越長。這種保護裝置也可作成帶方向的和無方向的。

除電壓保護裝置外，這些保護裝置的啟動機構，都是靠電流繼電器動作的，而電流繼電器的綫圈和電流互感器二次相接，它們間的接線方式一般有：三相式結線（完全星形結線）；二相式結線（不完全星形結線）和兩相電流差結線。由於結線方式不同流入繼電器

中的電流也不同，下面逐一分析：

三相式結線：採用三個電流互感器，在二次側將三個繼電器結成星形。

在正常情況和在三相短路時（圖9-3a和b）由於三個電流互感器磁化電流可能有某些差異，因此通過繼電器綫圈的二次側電流向量和並不等於零，這個電流稱為不平衡電流 I_{n0} ，在正常情況下不平衡電流是很小的，即：

$$I_{n0} = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c \approx 0 \quad (9-3)$$

如電流互感器足夠準確，則當一次電流為額定值時， I_{n0} 的值約為0.05—0.1安。

當兩相短路，例如A相和B相短路時，故障電流只在有故障的兩相中流过，且相差為

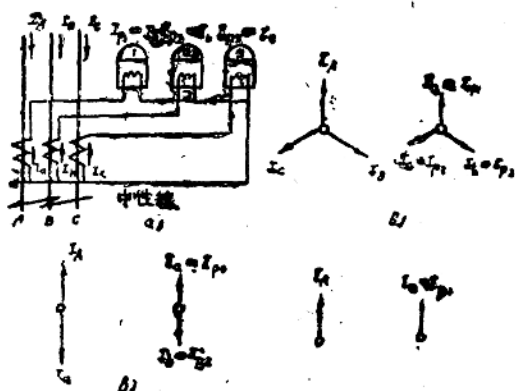


圖 9-3 三繼電器三相式接綫

180° (图9-3B)，因此故障相二次电流向量和等于零：

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b = \dot{I}_{nc} \approx 0 \quad (9-4)$$

单相短路时，故障相二次电流只流过故障相继电器线圈和中性线 (图9-3I)。

从单相短路中，可以看出三相式接线必须有中性线。否则单相短路时，故障相电流将在其它两相电流互感器的二次线圈流通，使故障相电流互感器大大过载，二次电流变化不与一次电流成正比。所以保护装置不能正确地切除单相短路故障。

三相式接线可以保护各种形式的相间短路和单相接地短路。

两相式接线：如图9-4，用两个电流互感器和两个继电器结成不完全星形。

在正常情况和三相短路时，两个继电器内均流过电流，公共线内电流等于两个电流互感器二次电流向量和，即：

$$\dot{I}_{oo} = -(\dot{I}_a + \dot{I}_c) = \dot{I}_b \quad (9-5)$$

两相短路时：1) 有电流互感器的A, C, 两相短路时，故障电流流过两个继电器线圈，公共线内电流等于不平衡电流；2) 当发生A, B两相或A, C两相短路时，故障电流仅流过一个继电器线圈。

当未装设电流互感器相发生单相短路时，故障电流并不经过继电器线圈，所以保护装置不动作。

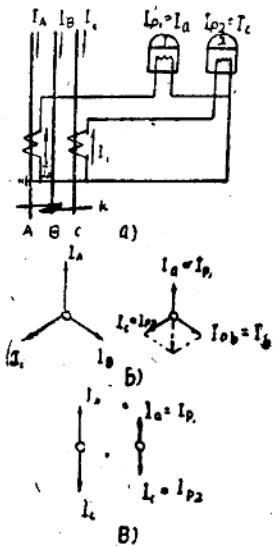


图 9-4 两相式接线

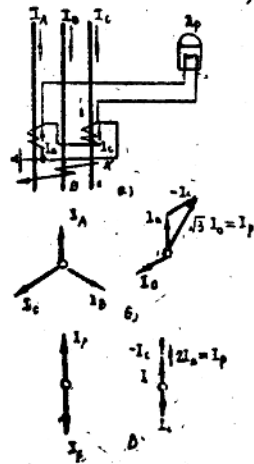


图 9-5 两相电流差接线

两相电流差接线：如图9-5，采用两个电流互感器和一个接在两相电流差上的继电器。

正常情况和三相短路时，流经继电器线圈的电流是两相电流向量差：

$$\dot{I}_{ac} = \dot{I}_a - \dot{I}_c \quad (9-6)$$

$$I_p = I_{ac} = \sqrt{3} I_a \quad (9-7)$$

装设电流互感器两相短路时，流经继电器线圈的电流等于：

$$I_b = I_{ac} = 2I_a \quad (9-8)$$

若两相短路，其中只有一相有电流互感器，则流经继电器电流是故障相电流。

当装设电流互感器相发生单相短路时，流经继电器电流也是故障相电流。

未装设电流互感器相发生单相短路时，保护装置不动作。

几种接线方式的比较：三相式接线主要缺点是应用的电流互感器和继电器的数目多。优点是能保护各种形式的故障，包括单相短路。因此，用它来保护中点直接接地电网没有接地保护的线路。

两相式接线与三相式接线比较，它的优点是：1) 电流互感器的数目少；2) 作法简单。所以广泛用来保护小电流接地电网的相间故障。此外，还广泛用在有接地保护的大电流接地电网中，作为相间短路保护。

两相电流差接线的优点是只用一个继电器，所以它简单便宜。缺点是对不同的故障形式，灵敏度也不同（见后）。它广泛地用在10千伏以下的配电网中，保护相间短路。

接线系数：继电器线圈中流过的电流 I_1 与电流互感器二次侧电流 I_2 之比 K_{cx} 称为接线系数，即：

$$K_{cx} = \frac{I_1}{I_2} \quad (9-9)$$

在三相式接线和两相式接线中，继电器线圈中电流即电流互感器二次侧电流。所以 $K_{cx}=1$ 。

在两相电流差接线中，三相短路时 $K_{cx}=\sqrt{3}$ ，装电流互感器的两相故障时 $K_{cx}=2$ ，只一相有电流互感器的两相故障时 $K_{cx}=1$ 。

保护装置的灵敏度：带时限的过电流保护装置作为主要保护时，如前所述，灵敏系数为1.5；作为后备保护时，灵敏系数为1.2。

各种接线方式三相短路时，灵敏系数 K_q 为：

$$K_q = \frac{I_{k\cdot 3}^{(3)}}{I_{c\cdot 3}^{(3)}} \quad (9-10)$$

其中 $I_{k\cdot 3}^{(3)}$ ——保护区末端最小三相短路电流； $I_{c\cdot 3}^{(3)}$ ——保护装置在平衡情况下的启动电流。

三相式接线和二相式接线方式在两相短路时

$$K_q = \frac{I_{k\cdot 3}^{(2)}}{I_{c\cdot 3}^{(2)}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} I_{k\cdot 3}^{(3)}}{\frac{\sqrt{3}}{2} I_{c\cdot 3}^{(3)}} = \frac{I_{k\cdot 3}^{(3)}}{I_{c\cdot 3}^{(3)}} \quad (9-11)$$

其中 $I_{k\cdot 3}^{(2)}$ ——保护区末端最小两相短路电流，根据第七章，我们已知：

$$I_{k\cdot 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{k\cdot 3}^{(3)}$$

其中 $I_{c\cdot 3}^{(2)}$ ——二相工作时保护装置的启动电流，与 $I_{c\cdot 3}^{(3)}$ 相等。

两相电流差接线方式，在有电流互感器的A、C两相短路时：

$$K_q = \frac{I_{k\cdot 3}^{(2)}}{I_{c\cdot 3}^{(2)}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} I_{k\cdot 3}^{(3)}}{\frac{\sqrt{3}}{2} I_{c\cdot 3}^{(3)}} = \frac{I_{k\cdot 3}^{(3)}}{I_{c\cdot 3}^{(3)}} \quad (9-12)$$

其中
$$I_{c.s}^{(2)} = \frac{K_{\tau, \tau}}{K_{c, x}} I_{c, p} = \frac{K_{\tau, \tau}}{2} I_{c, p}, I_{c.s}^{(3)} = \frac{K}{\sqrt{3}} I_{c, p},$$

故
$$I_{c.s}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{c.s}^{(3)}.$$

在仅有一只电流互感器的两相故障时，如A，B或B，C两相故障，则，

$$K_q = \frac{I_{c.s}^{(2)}}{I_{c.s}^{(3)}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} I_{c.s}^{(3)}}{\frac{1}{\sqrt{3}} I_{c.s}^{(3)}} = \frac{1}{2} \frac{I_{c.s}^{(3)}}{I_{c.s}^{(3)}} \quad (9-13)$$

其中
$$I_{c.s}^{(2)} = \frac{K_{\tau, \tau}}{K_{c, x}} I_{c, p} = K_{\tau, \tau} I_{c, p}, I_{c.s}^{(3)} = \sqrt{3} I_{c.s}^{(3)}$$

所以两相电流差接线最大缺点是，不同故障时灵敏度不同，即，

$$K_q^{(3)} : K_{q, A-C}^{(2)} : K_{q, A-B}^{(2)} = 2 : 2 : 1$$

本章讨论的内容是工业企业的受电线路和厂区内供电线路的继电保护装置。重点研究其工作原理，应用范围和继电器的整定（整定启动电流，动作时限和校验灵敏度）问题。

9-2 定时限过电流保护装置

在电力系统中，发生短路特征之一是线路中的电流增大。过电流保护就是当电流超过规定值时引起动作的一种保护装置。如果故障电流超过规定值，保护装置动作时间不变，则这种继电保护称为定时限过电流保护装置。定时限过电流保护装置基本上由过电流继电器和时间继电器（如图9-6）组成。前者是反应短路电流的启动机构，后者是保证固定动作时间的时限机构。

图9-7是DL-10（仿苏3T-500）系列过电流继电器。在磁导体1上有线圈2，在轴上有钢片3、可动接点5和弹簧4，弹簧另一端固定在调整杆7上。此外有固定接点6和标度盘8。

当线圈中有电流通过时，钢片3有向磁导体1的磁极靠近的趋势，而弹簧4却反抗钢片趋向磁极。舌片所受吸力 F 与磁通 ϕ 的平方成正比，即在未饱和时与电流 I 平方成正比。

$$F_1 = K_1 \phi^2 \approx KI^2$$

当继电器线圈中电流增大，钢片吸力引起的电磁转矩能克服轴的摩擦转矩和弹簧反抗转矩时，钢片3被吸向磁极，于是接点6与5接触，继电器动作。

继电器能动作的最小电流称继电器的启动电流 $I_{c.p.}$ 。

继电器动作后，如果电流中断或减小很多，钢片3因弹簧转矩作用返回到原来位置，接点接着打开。继电器返回到起始位置的最大电流称为继电器的返回电流 I_B 。

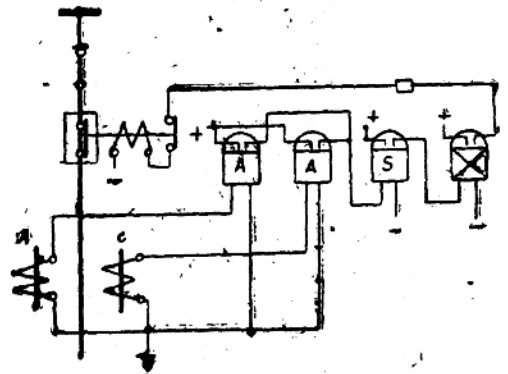


图 9-6 具有两个过电流继电器的两相式定时限过电流保护装置接线图

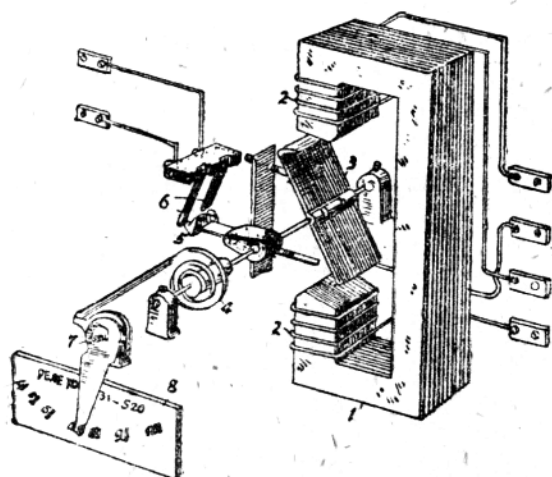


图 9-7 DL-10 系列的电磁式过电流继电器的结构图

图 9-8 所示为 3B-180 系列时间继电器的结构图，这种继电器在构造上应注意以下几点：（1）齿轮 2 的轴和可动机构的轴 5 在机械上不相联结，前者只是顶在后者的轴头上；（2）钟表机构上面部分的轴 18 是空心的，它套在下面的轴 19 上，而齿轮 21 装在轴 18 上，齿轮 20 装在轴 19 上。

当电流通过电磁铁 1 的线圈时，它的铁心被吸入线圈内（从左向右）。这时连在铁心上的蜗轮 2'，推动齿轮 2，齿轮 2 下面弹簧的把柄 3 随着绕轴转动，把螺旋形弹簧 4 旋紧；弹簧 4 带动轴 5 转动（以上各元件都是反时钟方向转动），并由传动齿轮 6 的作用带动钟表机构顺时针方向转动。钟表机构中有棘轮 22，它随着齿轮 20 的转动而摆动，使继电器的整个可动机构的转动速度减低，而使触点的闭合有一定的时限。

当轴 5 转过某一个角度后，固定在轴 5 上的铜片 11 被挡板 10 挡住，整个可动机构停止转动；同时在这个位置上，挡板 10 上的接触销钉 9（固定触点）和铜片 11 上的接触销钉 8（可动触点）相碰触，闭合继电器的直流操作回路。

返回电流与启动电流的比值称返回系数 K_B 。

$$K_B = \frac{I_{B.P}}{I_{C.P}} \quad (9-14)$$

返回系数恒小于 1。继电器的质量高；结构好，则返回系数就越接近于 1。DL-10 系列继电器返回系数为 0.85。动作时间为百分之一秒。

借调整杆 7 改变弹簧 4 的拉力，以及改变线圈串联或并联，可以改变继电器的启动电流。前者是均匀调节；后者是级进的。当线圈由串联改成并联时，启动电流增加一倍。

时间继电器：

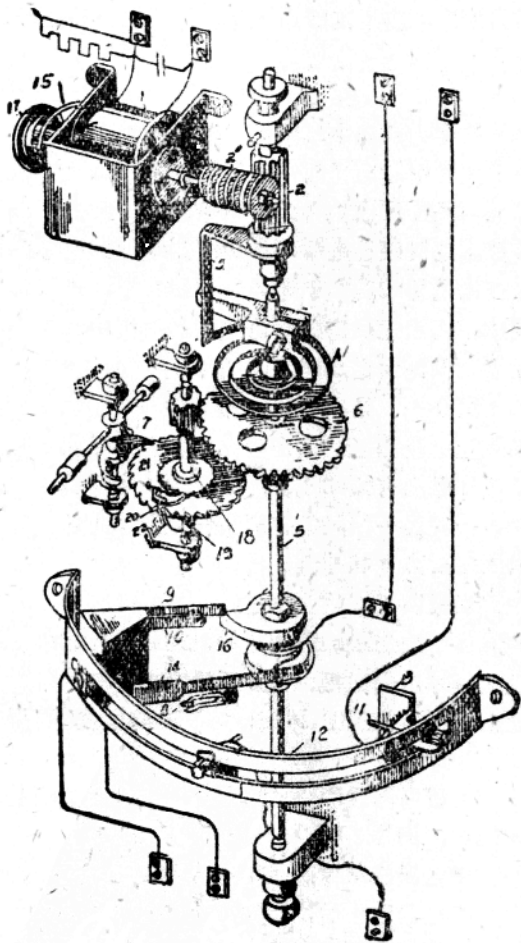


图 9-8 3B-180 系列的时间继电器的结构图

在电磁铁线圈1内停止流通电流时，它的铁心由于弹簧15的作用，返回到原来的位置，间接的带动轴5顺时针方向转动。这时棘轮22解脱钟表机构中齿轴20和21间的联系，齿轴静止不动，钟摆也不起作用，所以整个可动机构在瞬时内恢复原状（偏突轮13被薄片14抵住），把触点8—9打开。

继电器的动作时间可以调整。只要用手改移挡板10在标尺12上的位置（也就是改变固定接触销钉9和可动触点8之间的距离），动作时间就可以在一定范围内随着增大或减小。在标尺上刻着继电器动作时间的秒数。

必须指出，这种时间继电器的电磁铁线圈，是按在短时间內流通电流（不超过30秒）设计的。如果通电流的时间过长，就会被烧毁。

象这样结构的时间继电器，有直流额定电压为110、220和380伏的ЭВ-200系列。我国制造新型时间继电器，体积较小，型号为DS-110，DS-123等。

信号继电器：

信号继电器接在继电保护回路中，用以在继电器保护装置动作后发出信号，警告工作人员在电气装置中发生了不正常工作状态，或者发生了故障，通知某一个断路器已经跳闸。

图9—9所示为电磁式DX-11型（仿苏ЭС-21型）信号继电器的结构图。

在正常情况下，继电器线圈2内没有电流，衔铁3被螺管形弹簧拉开。这时信号旗6挂在衔铁的边缘上，保持着水平的位置。

当继电器线圈2内出现电流时，衔铁被吸引，信号旗失去支持，在重力的作用下，掉落到垂直的位置。这时通过继电器箱壳上小玻璃窗7，可以看到它涂着鲜明颜色的部分。

另外又有三个连着引出线的固定触点和可动的金属触条4，它和信号旗装在同一个轴上，并和轴绝缘。当信号旗掉落时，拉动轴转过一个角度，触点5和触条4就闭合，接通另外的音响信号或灯光信号。如果要使信号旗回复到原来位置并使触点分断，可以转动装在继电器箱壳外的小柄8，它带动装在箱壳内壁的钩子，把信号旗钩起来，搁在衔铁3的

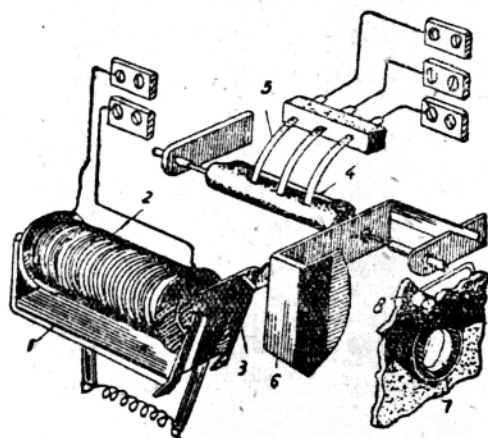


图 9-9 DX-11型(仿苏ЭС-21型)
信号继电器结构图

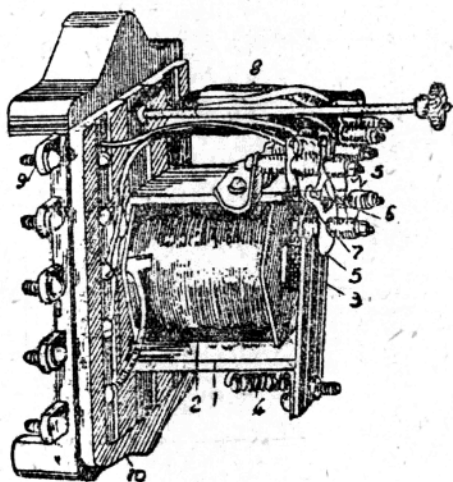


图 9-10 DZ型中间继电器(仿苏ЭВ-100系列)
1—磁轭；2—线圈；3—衔铁；4—弹簧；5—铜片；6—可动触点；7—固定触点；8—连接导线；9—固定螺絲

边缘上。

信号继电器的线圈制成电流线圈（匝数比较少）和电压线圈（匝数比较多）两类。带电流线圈的信号继电器和断路器传动机构的开闭线圈或者中间继电器的线圈串联，带电压线圈的信号继电器和中间继电器或时间继电器的线圈并联。

中间继电器：

中间继电器是一种辅助继电器，主要用在下列情形中：

- 1) 主继电器的触点负载能力太小，不能用以直接闭合保护回路；
- 2) 为了要闭合几个开闭线圈回路，需要用多触点的继电器。

根据它的使用目的，中间继电器都具有大容量的触点，可以容许闭合或开断相当大的电流值；而且常常具有两对、三对、四对以及更多的正常闭合触点、正常分断触点或切换触点。

中间继电器的构造大多是电磁型的。图9—10表示中间继电器的一种型式，它具有两对常闭触点和两对常开触点。这一系列的中间继电器是瞬时动作的。另外又有DZS型（仿苏ЭПБ型）中间继电器，它在动作后返回原位时，有不大的延时。

在放射式网路中，时限过电流继电器保护装置的时限是按阶段原则来选定的，以保证保护动作的选择性和备用性。

在图9—11a中，当K—2处发生短路时，保护装置I和保护装置II同时启动，但是保护装置I应首先切断故障，如果它拒绝动作，则保护装置II再把线路切断，以保证动作的选择性和备用性。

图9—11b表示出各继电器保护装置的时限：

$$t_1 = t_0 + \Delta t; \quad t_2 = t_1 + \Delta t;$$

$$\text{时间阶段: } \Delta t = t_2 - t_1 = t_1 - t_0$$

为了保证动作的选择性 Δt 值必须：

$$\Delta t = t_0 + t_n + t_{n'} + t_3$$

式中 t_0 ——故障段开关动作时间，从故障开始到电弧熄灭为止的时间；

t_n ——故障段保护装置的“正”时间误差，即比规定时限迟动作的误差；

$t_{n'}$ ——上一级后备保护装置的“负”时间误差，即比规定时限提前动作的误差；

t_3 ——储备时间。

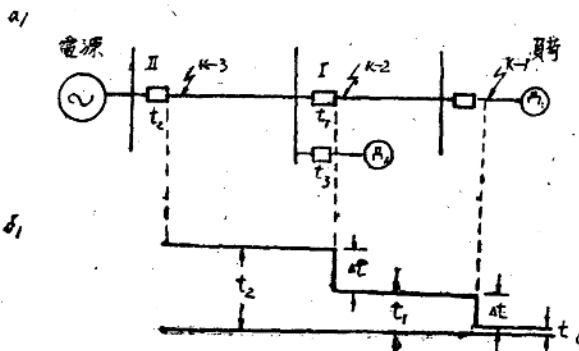


图9—11 定时限继电器保护装置时限图

一般采用 $\Delta t = 0.5 - 0.6$ 秒。

Δt 值过大，则靠近电源的继电器保护装置时限过大，不能迅速切断故障电流。

如果 $t_0 = 0.1$ 秒（可认为是瞬时动作）， $\Delta t = 0.5$ 秒，则：

$$t_1 = 0.1 + 0.5 = 0.6 \text{ 秒}; \quad t_2 = 0.6 + 0.5 = 1.1 \text{ 秒}.$$

在放射式网路中，过电流继电器保护装置的，启动电流应满足下列两个条件：

1. 为了具有后备保护作用, 启动电流必须小于下一段线段(离负载近的)的最小短路电流, 并具有足够的灵敏度, 例如, 继电器保护装置 I 的启动电流 $I_{c.s.1}$ 必须小于 K-2 点的最小短路电流 I_{K2} :

$$K_v = \frac{I_{K2}}{I_{c.s.1}} \geq 1.2$$

2. 继电器保护装置的返回电流 $I_{n.r.}$ 必须大于线路上最大工作电流(即最大负载电流) $I_{n.maks}$, 才能保证继电器保护装置在正常工作状态下保持在原状而避免误动作。例如在 K-2 处发生短路, 保护装置 I 和 II 同时开始启动, 保护装置 I 将故障切除。由于故障时电压降低, 电动机 M_2 转速降低甚至可能停转, 当故障切除后, 电压恢复, 电动机 M_2 重新自动启动, 这时流过保护装置的电流是包括电动机 M_2 的启动电流在内的负载电流 $I_{n.maks}$, 上述电流在开始时数值较大, 假如这个电流大于保护装置的返回电流 $I_{n.r.}$, 则保护装置 I 当 K-2 点短路后一直动作, 甚至在保护装置 I 已将故障点 K-2 断开后, 仍不能回到起始位置, 这样就会使保护装置 I 发生误动作。

为了防止这种误动作的产生, 因此保护装置 I 的返回电流 $I_{n.r.}$ 必须大于考虑电动机自启动因素在内的最大负载电流 $I_{n.maks}$,

$$I_{n.r.} = K_n I_{n.maks} \quad (9-15)$$

其中 K_n ——可靠系数, 一般取 1.10—1.25。

根据返回系数的定义, 求得保护装置的启动电流 $I_{c.s.} = \frac{I_{n.r.}}{K_n}$, 以此代入上式, 求得继电器保护装置的启动电流 $I_{c.s.}$ 为:

$$I_{c.s.} = \frac{K_n}{K_n} I_{n.maks} \quad (9-16)$$

保护装置二次侧启动电流 $I_{c.s.}$:

$$I_{c.s.} = \frac{K_n}{K_n} K_{cx} \frac{I_{n.maks}}{K_{t.r.}} \quad (9-17)$$

其中: $K_{t.r.}$ ——电流互感器的变比;

K_{cx} ——结线系数。

定时限过电流保护装置的优点是: 构造简单, 动作可靠, 价廉。缺点是: 只能用在一端供电的放射式电网。时限与电网顺序级数有关, 当级数较多时, 靠近电源的保护装置的时限, 可能达到不能允许的数值。为了减少时间阶段的数目, 通常只在线路的供电侧装设保护。

定时限过电流保护装置广泛的用作 35 千伏以下配电网的主保护, 或作快速动作保护的后备保护。

9-3 有限反时限过电流保护装置

有限反时限过电流保护装置是用感应式过电流继电器来实现的。

GL-10 系列感应式过电流继电器, 如图 9-12 所示, 在磁铁间有一个可以转动的铝盘。磁铁的上磁极和下磁极分为两部分, 并在其中之一嵌上短路环。当电流流经继电器线圈时, 则在有短路环磁路和没有短路环磁路中产生磁通 Φ_A 和 Φ_B 。磁通 Φ_A 穿过短路环 K 并

在其中感应一个滞后于磁通 $\Phi_A 90^\circ$ 的电势 E_k ，并在短路环中流过滞后于 E_k α 角的电流 I_k ， I_k 产生磁通 Φ_k ； Φ_A 与 Φ_k 向量差为 Φ'_A 。假如没有短路环， Φ'_A 就是穿过这一支磁路的磁通，所以向量 Φ'_A 与 Φ_B 是同相的。 Φ_A 与 Φ_B 在空间上有一段距离；在时间上有一个相角差 φ 。所以在铝盘上产生转矩 M_{np} 为：

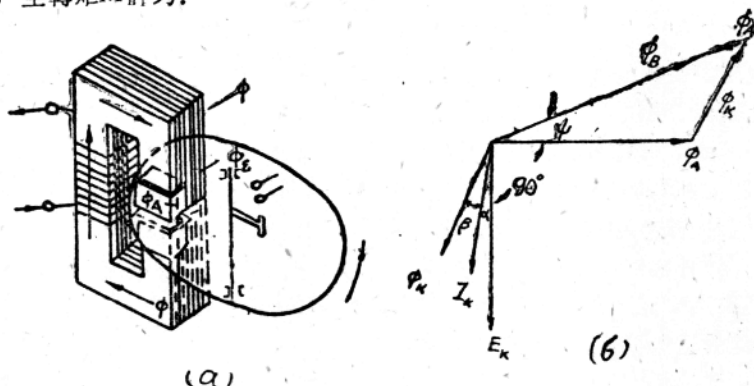


图 9-12 感应式继电器动作原理图

(a)—磁极线圈型感应式继电器结构原理图； (b)—磁极线圈型感应式继电器的向量图

$$M_{np} = K_1 f \Phi_A \Phi \sin \varphi$$

其中 K_1 ——比例系数；

f ——交流频率；

Φ_A 与 Φ_B ——磁通的有效值。

在磁路未饱和时，磁通 Φ_A 与 Φ_B 与继电器线圈中电流 I 成正比，所以

$$M_{np} = KI^2$$

在 M_{np} 的作用下，铝盘企图转动，这时弹簧、制动磁铁、轴的摩擦力有阻止它转动的反动力矩 M_{np} 。当 $M_{np} > M_{np}$ 时，铝盘转动，经过一定时间后，继电器接点闭合。使继电器动作的最小电流，就是继电器启动电流。若电流再增大，铝盘转速随着提高，继电器动作时间随着缩短，即得反时限特性。当铁心饱和后，电流再增大转速也不再增高（定时限特性）。所以继电器具有有限反时限特性（图 9-13）。感应式继电器不需要时间继电器就可构成延时。

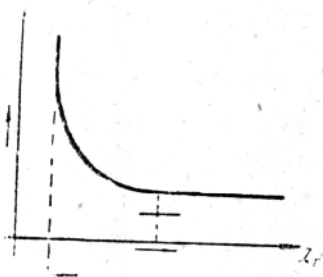


图 9-13 感应式继电器的时限特性曲线

GL-10 型感应式过电流继电器构造如图 9-14 a。

它有两个系统：感应系统和电磁系统，前者动作有时限，后者是速动的。

感应系统由有短路环 2 的铁心 1 和铝盘 3 构成，圆盘放在永久磁铁 6 中间。当电流为整定电流的 20—40% 时，在力 F_1 作用下圆盘开始转动（图 9-14 b）。这时继电器并不动作，因为活动支架 4 被弹簧 5 拉开，扇形齿 8 并未与蜗杆 7 咬合。当铝盘在永久磁铁 6 间隙中转动时产生制动力 F_2 。圆盘转动越快，力 F_2 越大。当某一定电流值时， F_1 和 F_2 的合力克服弹簧 5 的拉力，活动支架 4 便转动，使蜗杆 7 与扇形齿 8 咬合，此时圆盘转动带动扇形齿 8 上升。当扇形齿尾部杆 20 托起顶板 9 时，衔铁 10 将绕轴转动，