

供电中级工培训教材

继电保护及自动装置

东北电业管理局 教材编审委员会
供电中级工培训
辽宁省职工教育教材编审委员会

工 人 出 版 社

编 著 者 张书麟 赵玉华
薛建伟 周宝龙
审 稿 者 相铨和
责任编辑 腾 骧
责任校对 张磊英

东电供电中级工培训教材编委会

主 任 张凤逸
副 主 任 胡恩喜 刘宗祥
编 委 范克文 郭素容
郭嘉毅 冀升山
高 莉

供电中级工培训教材
继电保护及自动装置

东北电管局供电中级工培训教材编委会
辽宁省职工教育教材编审委员会

出版 (北京安外六铺炕)

沈阳图书服务部发行

沈阳市第五印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 16.375 字数: 340千字

1986年4月第1版 1986年4月第1次印刷

印数: 1—39,070册

统一书号: 15007-26 定价: 2.40元

前 言

为适应电力工业中级工培训的需要,供电中级工培训教材和读者见面了。这套教材是根据水利电力部指示,由东北电业管理局供电中级工培训教材编审委员会组织东北电管局机关、供电企业、学校的高级工程师、工程师、讲师编写、校核、审定,由辽宁省职工教育教材编审委员会编辑、发行,工人出版社出版。全套教材包括:《数学》、《无机化学》、《有机化学》、《工程力学》、《机械制图》、《电工基础》、《电子技术基础》、《电气设备》、《变压器》、《高电压技术》、《继电保护自动装置》、《电气仪表》、《分析化学》、《绝缘油及监督》、《送电线路运行与检修》、《送电线路电气及机械计算》、《调相机》、《配电设备》、《高压并联电容器》、《带电作业》等共二十种。供不同专业、工种选用。

这套教材适用于供电系统各主要技术工种、用电单位和企业电工、农村电工;部分教材也适用于水、火电厂、地方热电厂、企业自备电厂以及电力建设单位相应的技术工种;亦可作为有关技工学校、职业学校的参考用教材。同时,可供从事电气运行、检修、安装的各级技术工人自学。

《继电保护及自动装置》由锦州电业局工程师张书麟主编,赵玉华、薛建伟二同志参加编写,其中第八章由大连电力技术学校周宝龙编写。由东北电业管理局高级工程师相铨和审阅、校订。在编写过程中,得到了有关部门的领导和同志们的大力支持,在此致以衷心感谢。由于时间仓促和我们的水平所限,书中不妥之处在所难免,欢迎读者批评指正,以便今后再做修改。

东北电业管理局 教材编审委员会
供电中级工培训
辽宁省职工教育教材编审委员会
一九八六年四月

目 录

绪论

第一章 电网相间短路的电流电压保护

第一节	常用电磁式继电器	1
第二节	无时限电流速断保护	13
第三节	带时限电流速断保护	16
第四节	定时限过电流保护	17
第五节	电流保护的接线方式	22
第六节	三段式电流保护装置	36
第七节	电流电压连锁速断保护	44
第八节	电流电压保护的评价和应用	49

第二章 电网相间短路的方向电流保护

第一节	方向电流保护的用途和原理	52
第二节	功率方向继电器	54
第三节	功率方向继电器的接线方式	61
第四节	非故障相电流的影响与按相起动	69
第五节	方向过电流保护	71
第六节	阶段式方向电流(电压)保护	77
第七节	利用负荷电流及工作电压检查功率 方向继电器接线正确性的试验方法	79
第八节	电网相间短路方向电流保护的评价 和应用	81

第三章 电网的接地保护

第一节	大接地电流电网单相接地时电流和 电压的变化	84
-----	--------------------------	----

第二节	大接地电流电网的零序电流保护	87
第三节	大接地电流电网的零序方向电流保护	96
第四节	中性点不接地电网单相接地时电流、 电压的变化	104
第五节	中性点不接地电网的接地保护	108
第六节	电网接地保护的评价和应用	111
第四章	电网的距离保护	
第一节	距离保护的基本原理	113
第二节	阻抗继电器的一般动作特性	115
第三节	整流型阻抗继电器的构成原理	118
第四节	阻抗继电器的接线方式	125
第五节	影响阻抗继电器正确测量的因素与 消除方法	130
第六节	电力系统振荡对距离保护的影响	137
第七节	断线闭锁装置	149
第八节	距离保护整定的基本原则	152
第九节	PJH—11D型距离保护装置	154
第十节	对距离保护的评价和应用	160
第十一节	距离保护的反事故技术措施	161
第五章	电网的差动保护	
第一节	线路纵联差动保护的基本原理	165
第二节	平行线路的横联差动保护	170
第三节	平行线路的电流平衡保护	179
第四节	对双回线路保护原理接线的要求	185
第六章	电网的高频保护	
第一节	高频保护的作用、构成及其特点	187
第二节	高频通道的基本概念	188

第三节	相差动高频保护·····	193
第四节	高频闭锁距离保护·····	214
第五节	高频保护的评价及其应用范围·····	226
第七章	电网继电保护的配置原则	
第一节	主保护、后备保护和辅助保护·····	228
第二节	保护装置的相互配合·····	231
第三节	常见各种电压电网保护的特点·····	235
第八章	同步发电机的继电保护	
第一节	同步发电机的故障及保护方式·····	240
第二节	同步发电机的纵差保护·····	244
第三节	同步发电机的横差保护·····	252
第四节	同步发电机的过电流及过负荷保护·····	255
第五节	同步发电机定子绕组单相接地保护·····	272
第六节	发电机转子回路的接地保护·····	284
第七节	同步发电机的失磁保护·····	289
第八节	发电机—变压器组保护接线全图举例·····	301
第九节	同步调相机的保护·····	306
第九章	变压器保护	
第一节	变压器的故障、不正常工作状态及应装设的保护·····	312
第二节	变压器的瓦斯保护·····	313
第三节	变压器的差动保护·····	318
第四节	变压器的过电流和过负荷保护·····	363
第五节	变压器的接地保护·····	371
第六节	变压器保护接线全图举例·····	376
第七节	运行中应注意的问题·····	380

第十章 母线保护

- 第一节 母线的特点、故障及对保护的要求..... 383
- 第二节 母线完全差动保护..... 386
- 第三节 电流相位比较式母线差动保护..... 395

第十一章 电动机保护

- 第一节 电动机的故障种类和不正常工作状态... 407
- 第二节 反应相间故障、接地及过负荷的电动机保护..... 408
- 第三节 电动机的低电压保护..... 413

第十二章 备用电源自动投入

- 第一节 概述..... 417
- 第二节 对备用电源自动投入装置的基本要求... 418
- 第三节 备用电源自动投入装置的原理接线图... 420
- 第四节 备用电源自动投入装置中继电器参数的选择..... 423

第十三章 输电线路自动重合闸

- 第一节 概述..... 426
- 第二节 单电源线路三相自动重合闸..... 428
- 第三节 双电源线路三相自动重合闸..... 433
- 第四节 自动重合闸与继电保护的配合..... 440
- 第五节 综合重合闸的一般概念..... 445
- 第六节 JZZC—3 型综合重合闸装置..... 452
- 第七节 运行维护中应注意的问题..... 472

第十四章 自动按频率减负荷装置

- 第一节 概述..... 475
- 第二节 电力系统频率特性..... 477
- 第三节 实现 ZPJH 的基本原则..... 481
- 第四节 自动按频率减负荷装置..... 485
- 第五节 防止按频率减负荷装置误动作措施..... 488

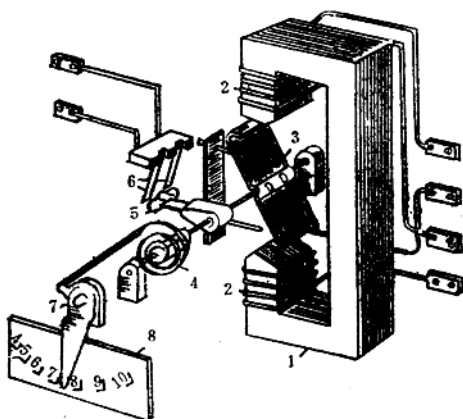
第一章 电网相间短路的

电流电压保护

第一节 常用电磁式继电器

一、电流继电器

电流继电器在电流保护中用作测量和起动元件，它是反应电流超过某一整定值而动作的继电器。在电流保护中常用DL—10系列电流继电器，它是一种转动舌片式的电磁型电流继电器，其结构如图1—1所示。



- | | | |
|------------|--------|---------|
| 1—电磁铁; | 2—线圈; | 3—Z型舌片; |
| 4—弹簧; | 5—动接点; | 6—静接点; |
| 7—整定值调整把手; | 8—刻度盘 | |

图 1—1 DL—10系列电磁型电流继电器的结构图

1. 电磁型电流继电器的基本工作原理

电磁型电流继电器的结构如图 1—2 所示。它由电磁铁 1、可动舌片 2、线圈 3、接点 4、反作用弹簧 5 和止档 6 等部分组成。

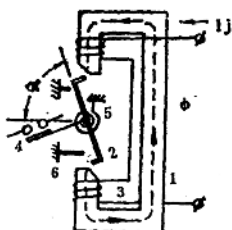
当线圈 3 中通过电流 I_j 时，产生磁通 Φ ，磁通 Φ 经铁芯、空气隙、舌片构成闭合回路。

舌片在磁场中被磁化，产生转动转矩。当通入的电流足够大时，舌片转动，将继电器的接点闭合。

根据电磁原理可知，舌片的转动转矩为：

$$M_{dc} = KI_j^2 \quad (1-1)$$

即舌片的转矩与继电器线圈中通过的电流 I_j 的平方成正比，而与电流的方向无关，所以根据电磁原理构成的继电器，可以制成直流的或交流的。



1—电磁铁；2—可动舌片；
3—线圈；4—接点；
5—反作用弹簧；
6—止档

图 1—2 电磁型继电器的原理结构图

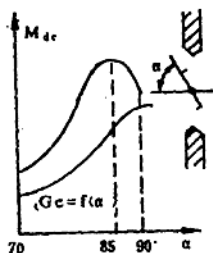


图 1—3 电磁力矩 M_{dc} 与 α 的关系曲线

在继电器动作过程中，随着 Z 形舌片的转动，空气隙长度不断地在缩小，磁路磁导不断地增加，所以在 I_j 不变的情况下，电磁力矩在不断的增加。这就是说，继电器在动作过程中， M_{dc} 不是一个常数，它与磁导的变化率成正比，即

$$M_{dc} = \frac{1}{2} W^2 I_j^2 \frac{dG_c}{d\alpha} \quad (1-2)$$

式中: G_c ——磁导; $G_c = \frac{1}{R_c}$;

α ——舌片对水平位置转动的角度。

电磁力矩随 α 变化的曲线如图1—3, 这条曲线是对应于某一固定 I_j 绘出的。为了说明 $\frac{dG_c}{d\alpha}$ 对 M_{dc} 的影响, 在该图中还画出了 $G_c = f(\alpha)$ 曲线。

2. 继电器的动作电流, 返回电流及返回系数

当继电器线圈中通入电流 I_j 时, 在转动舌片上就有电磁力矩 M_{dc} 作用着, 它企图使舌片转动。但与此同时, 在转动舌片的轴上还作用着由弹簧产生的反抗力矩 M_y 和摩擦力矩 M_m , M_y 与 α 角成正比, 如图1—4中的曲线2; M_m 与 α 无关, 是一个常数, 如图1—4中的曲线3。于是反抗力矩的总和为 $M_f = M_y + M_m$, 如图1—4的曲线4。继电器动作的边界条件为:

$$M_{dc} = M_y + M_m$$

当电流 I_j 达到一定值满足上述条件时, 继电器才能够动作。能使电流继电器动作, 使常开接点由断开变成闭合的最小电流叫做继电器动作电流, 以 I_{dj} 表示。

动作过程终了时, 由止档的作用, 舌片停在终点位置。舌片在终止位置($\alpha = 85^\circ$)时,

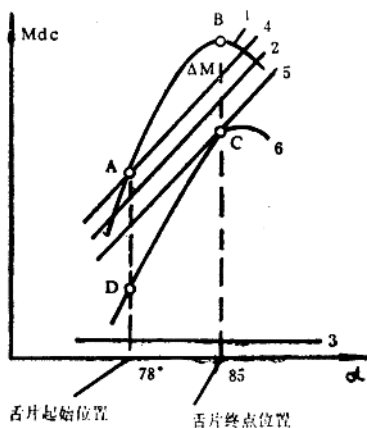


图1—4 DL~10型继电器力矩曲线

存在一剩余力矩 ΔM 。 ΔM 不能太小，否则就会使接点的接触不可靠，容易发生接点振动而引起火花烧损接点。

继电器动作后，如减小 I_j ，继电器将在弹簧的作用下返回。在返回过程中，同样有 M_{dc} 、 M_y 、 M_m 三个力矩存在，这时力矩 M_y 的作用企图使舌片返回，而力矩 $M_{dc} + M_m$ 的作用是企图阻止舌片返回，故继电器能返回的边界条件为：

$$M_{dc} + M_m = M_y$$

即，
$$M_{dc} = M_y - M_m。$$

当 I_j 减小到一定数值满足上述条件时，继电器刚好能返回，能使继电器返回到原来位置的**最大**电流，叫做该继电器的返回电流，用 I_{rj} 表示。

继电器的返回电流与动作电流的比值，叫做返回系数，用 K_f 表示

$$K_f = \frac{I_{rj}}{I_{dj}} \quad (1-3)$$

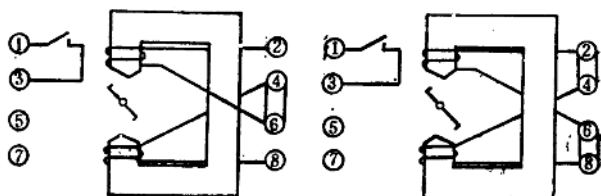
通过对图1—4的分析可见：由于剩余力矩及摩擦力矩 M_m 的存在，决定了返回电流必然小于动作电流，故 $K_f < 1$ 。为提高过电流保护的灵敏度，我们希望 K_f 越大越好，要提高返回系数，就必须设法减小 ΔM 及 M_m ，但必须注意，如把 ΔM 减得太小，接点压力将大大减小，降低了继电器动作的可靠性。所以不适当地提高返回系统也是不恰当的，故应同时综合考虑以上两个条件，在保证可靠性的前提下提高返回系数。DL—10系列电流继电器的返回系数一般不小于0.85。

3. 继电器动作电流的调整

要改变继电器的动作电流，可以采取以下两种办法。

(1) 改变弹簧的反作用力矩，即借改变动作电流调整把手的位置。当调整把手由左向右移动时，由于弹簧的弹力增强，使 M_y 增大，因而使继电器的动作电流增大。反之，如将调整把手由右向左移动，则动作电流减小。

(2) 用改变上、下两个线圈的连接方法，即使其串联或并联。如图 1—5，因继电器是接在电流源上的，如输出电流为 I_j ，当两个线圈串联时，继电器的总磁势为 $I_j W$ ；当两个线圈并联时，在每个线圈里的电流仅为 $1/2 I_j$ ，所以此时继电器的总磁势为 $1/2 I_j W$ ，由此可见，两线圈串联时的动作电流为两线圈并联时的 2 倍。



(a) 串联

(b) 并联

图 1—5 DL—10 系列继电器的内部接线图

4. DL—20C、DL—30 系列电磁型电流继电器简介

目前采用的电磁型电流继电器，除 DL—10 系列外，还有 DL—20C、DL—30 系列。DL—20C、DL—30 系列的电流继电器是改进后的新产品，其工作原理与 DL—10 系列相同，只是对电磁铁和接点系统作了某些改进，使体积较 DL—10 系列小了。

二、电磁型电压继电器

电磁型电压继电器通常也是采用转动舌片式的，其构造与DL—10系列的电流继电器大致相同。不同之处是电流继电器接在电流源上，而电压继电器是接在电压源上，所以与电流继电器比较，其线圈的匝数多而导线细，阻抗大。它的电磁力矩可表示为 $M_{dc} = K' I_u^2$ ，其中 I_u 为流入电压继电器线圈中的电流，可以由下式求得

$$I_u = \frac{u_j}{Z_j}$$

式中： u_j ——加在继电器线圈端子上的电压；
 Z_j ——继电器线圈的阻抗。

于是继电器的电磁力矩可表示为：

$$M_{dc} = K' I_u^2 = K' \left(\frac{u_j}{Z_j} \right)^2 = K u_j^2 \quad (1-4)$$

这就是说电压继电器动作与否主要取决于加入继电器线圈上的电压 u_j ，而该电压与继电器接入的系统电压成正比，所以电压继电器能反应系统电压的大小。

电压继电器可以构成过电压继电器和低电压继电器两种，在继电保护装置中过电压继电器采用得较少，而低电压继电器采用得较普遍。

DJ—122型是低电压继电器，它有一对常闭接点。当继电器通过电压互感器接在正常工作的电网上时，继电器两端加的是正常工作电压，它的舌片被足够大的电磁力矩吸向磁极，其接点处于断开状态，此时称继电器为非动作状态。当加入继电器的电压下降到某一定值时，电磁力矩减小到 Z 形

舌片能被弹簧的反作用力矩拉动而离开磁极，直到继电器接点闭合，这个过程叫做低电压继电器的动作过程。这里要注意的是：从继电器可动舌片运动情况看，低电压继电器的动作和返回的概念正好与过电流、过电压继电器的动作和返回的概念相反。能使低电压继电器的接点从断开到闭合的最高电压，称为该继电器的动作电压 $u_{d.j}$ 。在继电器动作后，如增大加在继电器线圈上的电压到一定值后，继电器就要返回，能使继电器返回到Z形舌片又被吸引、接点断开的最低电压，称为该继电器的返回电压 $u_{f.j}$ 。其返回系数 K_r 可表示为：

$$K_r = \frac{u_{f.j}}{u_{d.j}}$$

其值大于1，一般不大于1.2。

低电压继电器的缺点是：在电网正常工作电压下，Z形舌片被长期吸向磁极而处于振动状态，长期振动使继电器的轴尖和轴承磨损得很厉害，因而降低了它的工作可靠性，调试时应设法使这种振动减小到最低程度。

三、电磁式时间继电器

时间继电器在继电保护和自动装置中作为时限元件，用来建立必需的动作时限。因此，对时间继电器的要求是动作时限的准确性，而且其动作时间不应随操作电压在运行中的波动而改变。

电磁型时间继电器是由一个电磁起动机构带动一钟表机构构成的，靠钟表机构获得所需的延时，除延时接点外还有一对瞬时转换接点，有的时间继电器还带有一对滑动延时接点。

DS—100、DS—120系列的时间继电器结构如图1—6所示。其工作原理如下：

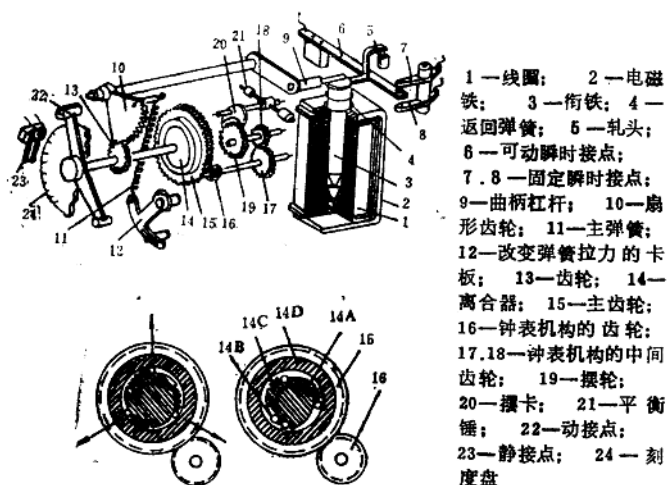


图1—6 DS—100、DS—120系列时间继电器结构图

当继电器线圈加入动作电压后，衔铁即被瞬时吸入电磁线圈中，扇形齿轮的曲柄杠杆被释放，在主弹簧的作用下使扇形齿轮按顺时针方向转动，并带动传动齿轮13，经摩擦离合器14，使同轴的主齿轮转动并传动钟表机构，因钟表机构中摆卡和平平衡锤的作用，使动接点以恒速转动，经一定时间后与静接点接触，发出动作脉冲。改变静接点的位置，也就是改变动接点的行程，即可调整时间继电器的动作时间。

当线圈上的外加电压消失后，在返回弹簧的作用下，衔

铁返回原位，同时曲柄杠杆也立即被顶回原处，使扇形齿复原。因为返回时动接点轴是顺时针方向转动的，因此，摩擦离合器与主齿轮脱开，这时钟表机构不参加工作，所以返回是瞬时的。

对时间继电器的电磁系统，不要求有很高的返回系数，因为时间继电器的返回是由保护的起动元件的接点断开，使其电压线圈上的电压全部撤除来完成的。

为了缩小时间继电器的尺寸，它的线圈一般不按长期通过电流来设计，因此当需要长期（大于30秒）加电压时，必须在继电器线圈中串联一附加电阻 R_{fj} ，如图1—7所示。

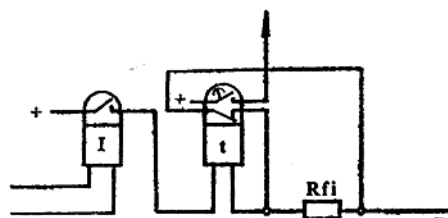


图1—7 时间继电器接入附加电阻的电路图

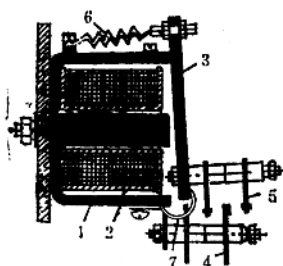
正常时继电器线圈上没有电压，瞬时常闭接点闭合，将电阻 R_{fj} 短接；在动作电压加入继电器线圈的最初瞬间，全部直流电压加在时间继电器的线圈上，继电器动作，其瞬时常闭接点断开，电阻 R_{fj} 串入继电器线圈回路中，以限制其回路电流，提高继电器的热稳定性能。必须指出：具有附加电阻的时间继电器，其瞬时常闭接点应调整得接触可靠，且有一定的压力，以保证电阻 R_{fj} 可靠被短路，否则将因常闭接

点接触不可靠，正常时 R_{c1} 串在线圈回路中，而 R_{c1} 阻值又很大，通电时继电器将不能动作，造成装置拒绝动作。

四、电磁型中间继电器

中间继电器的作用，是在继电保护和自动装置中用以增加接点的数量和容量。所以这类继电器一般都带有几对接点，其接点的容量也较大。

DZ——10系列中间继电器的结构如图1—8所示。其工作原理是：当线圈2加上工作电压后，电磁铁就产生电磁吸力，将衔铁3吸合而带动接点，使其中的常开接点闭合，常闭接点断开。当外加电压消失后，衔铁受弹簧的拉力而返回原来位置。



- 1—电磁铁； 2—线圈； 3—衔铁；
4—静接点； 5—动接点 6—弹簧；
7—衔铁行程限制器

图1—8 DZ—10系列中间继电器的结构图

中间继电器可以作成瞬时动作的，也可以作成延时动作