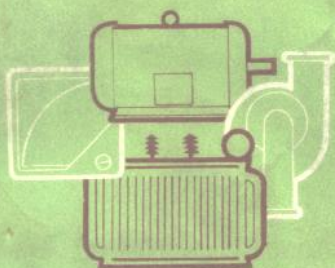


农村电工手册

第五分册 继电保护和电工仪表



水利电力出版社



73.1072
201.1
5-1

农村电工手册

第五分册 继电保护和电工仪表

《农村电工手册》编写组

水利部 1974 年 6 月 版 社



毛主席语录

以农业为基础、工业为主导

农业的根本出路在于机械化。

备战、备荒、为人民

要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我们面前的工作是很艰苦的，我们的经验是很不够的。因此，必须善于学习。

出版者的话

在伟大领袖毛主席的革命路线指引下，随着全国各项建设事业的迅速发展，近年来农村电力事业突飞猛进。

为了适应农村电力事业发展的新形势，满足广大工农兵的需要，我们请山西省电业局、北京供电局、北京市建筑设计院、江苏农学院机电排灌系、西北农学院水利系、浙江省台州地区水电局、浙江省仙居县水电局等单位及有关同志编写了《农村电工手册》一书。在编写过程中，我们又分别请浙江省水电局、一机部机械院农机所、北京供电局通县供电所、河北省石家庄地区、浙江省嘉兴地区、上海市郊区、北京电力学校、江苏省扬州电力学校等有关单位进行了座谈、讨论、审核，并作了补充修改。对这些单位和有关同志的大力支持，我们表示衷心的感谢。

本手册主要是为广大从事农村机电工作人员参考而编写的，为便于查阅，力求内容简明扼要、文字通俗易懂，并尽可能多地编入些图表和例题。但是由于时间仓促，可能存在一些缺点和错误，欢迎广大读者批评指正，以便再版时修订。

目 录

出版者的话

第一节 继电保护装置	1
一、操作、控制电源	1
二、继电器	4
三、小型发电机的继电保护装置	16
四、电力变压器的继电保护装置	19
五、异步电动机的继电保护装置	24
六、电力线路的继电保护装置	31
附录 I、电流互感器与继电器的接线	35
附录 II、电流互感器线圈极性的确定	48
第二节 电工仪表	49
一、电工仪表的用途和分类	49
二、电流表（安培表）	57
三、电压表（伏特表）	60
四、功率表（瓦特表）	60
五、功率的测量	65
六、有功和无功电度表	71
七、有功电度表的接线	79
八、有功电度的计算	83
九、频率表	85
十、检修用电工仪表	87
十一、电工仪表的维护和保管	115

第一节 继电保护装置*

一、操作、控制电源

农村小型发电站和变电所中的继电保护、信号装置以及开关设备的操作电源，有直流和交流两种。

1. 直流操作电源 普通采用由汽车蓄电池组和硅整流充电设备组成的直流电源，其电压一般为24伏或48伏。汽车蓄电池的主要技术数据见表5-1，硅整流充电设备的技术数据见表5-2。

表 5-1 汽车蓄电池的主要技术数据

型 号	额定电压 (伏)	10 小 时 额定容量 (安时)	极 板 片 数	外 形 尺 寸(毫米)		
				长	宽	高
3-Q-56	6	56	9	180	132	240
3-Q-70	6	70	11	207	132	240
3-Q-84	6	84	13	236	132	240
3-Q-98	6	98	15	265	132	240
3-Q-112	6	112	17	294	132	240
3-Q-126	6	126	19	330	132	240
3-Q-140	6	140	21	359	132	240
6-Q-56	12	56	9	335	132	240
6-Q-70	12	70	11	389	132	240
6-Q-84	12	84	13	447	132	240
6-Q-98	12	98	15	517	190	245
6-Q-112	12	112	17	517	209	245
6-Q-126	12	126	19	517	228	245
6-Q-140	12	140	21	517	247	245

注：型号含义：Q——汽车起动用；第一条横线前边的数字代表格数，每格2伏；第二条横线后边的数字表示额定容量，也叫标称容量。

* 本节是考虑到我国农村目前用电的实际情况进行编写的。一些较为复杂的继电保护装置和晶体管继电保护装置等都暂时没有列入。

表 5-2

硅整流充电设备的技术数据

型 号	相数	电源电压 (伏)	输入功率 (千瓦)	直流输出 电压 (伏)	直流输出 电流 (安)	整 流 电 路
GBA-5/12,16,20,24	1	220		12~24	5	单相桥式
GBA-6/0~120	1	220		0~120	6	单相桥式
GBA-8/0~240	1	220		0~240	8	单相桥式
GBA-8/0~250	1	220		0~250	8	单相桥式
GBA-10/0~120	1	220		0~120	10	单相桥式
GBA-10/0~240	1	220		0~240	10	单相桥式
GBA-16/0~120	1	220		0~120	16	单相桥式
GBA-20/0~450	3	380		0~450	20	三相桥式
GBA-30,60/220,110	3	220/380	6.6	220或110	30或60	三相桥式
GBA-50/48	1	220/110	2.4	48	50	单相桥式
GCA-15/0~36	1	220	0.54	0~36	15	单相桥式
GCA-30/0~36	1	220	1.08	0~36	30	单相桥式
GCA-12/0~64	1	220		0~64	12	单相桥式
GCA-15/0~72	1	220		0~72	15	单相桥式
GCA-30/0~72	1	220	2.2	0~72	30	单相桥式
GCA-30/0~75	1	220		0~75	30	单相桥式
GCA-15/0~90	1	220		0~90	15	单相桥式
GCA-15/0~110	1	220		0~110	15	单相桥式
GCA-30/0~110	1	220		0~110	30	单相桥式
GCA-30/0~160	1	220		0~160	30	单相桥式
GCA-30/0~165	1	220		0~165	30	单相桥式
GCA-60/0~36	3	380		0~36	60	三相桥式
GCA-30/0~72	3	380		0~72	30	三相桥式
GCA-60/0~72	3	380	2.2	0~72	60	三相桥式
GCA-30/0~110	3	380	2.2	0~110	30	三相桥式
GCA-60/0~110	3	380	4.32	0~110	60	三相桥式

注：型号含义：G——硅整流设备；B——一般工业用；C——充电用；
 A——自然冷却；横线后分数的分子表示直流输出电流（额定整流电流），分母表示直流输出电压（额定整流电压）。

由汽车蓄电池组和硅整流充电设备构成的直流操作电源的接线如图5-1所示。蓄电池组采用浮充方式工作时，正常负荷由硅整流设备供电，同时还给蓄电池充电，以补偿其自放电损失。无交流电时，由蓄电池供电，图中电压表经电压转换开关接入，即可测量直流电压，又可监视直流系统的对地绝缘。

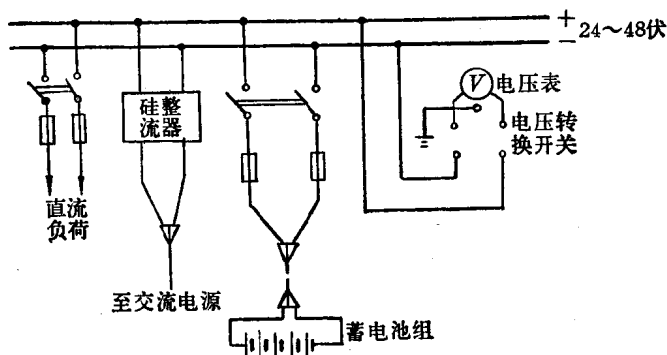


图 5-1 由汽车蓄电池和硅整流装置组成的直流系统接线

在交流电源很可靠的情况下（例如有几台发电机或变压器，而且与电力系统相连时），可以不用蓄电池，而由硅整流设备直接对直流负荷供电。这时直流电压可用110伏或220伏。硅整流设备有两套，一套供控制、保护、信号用，一套供断路器合闸用。交流电源应有备用自投装置。

2. 交流操作电源 采用交流操作电源可以节省投资，且运行维护简单，因此目前35千伏及以下的农村变电所和小型发电站，有不少地方采用了交流操作。交流操作的缺点是当交流电源失去时，也就失去了操作电源。

对于反应短路故障的继电保护，可采用电流互感器作为

交流操作电源；对于反应不引起相间电压剧烈变化的不正常状态的继电保护（如过负荷，中性点不接地电网中的一相接地和电力变压器的轻瓦斯保护等），可采用电压互感器作为交流操作电源。

二、继 电 器

继电器是组成继电保护装置的主要元件。在电压较低、容量较小的电气设备上（例如 500 伏以下的电气设备），一般采用熔断器和自动空气开关等作为保护装置。在电压较高、容量较大的电气设备上，若采用简单的保护装置不能满足要求时，才考虑采用由继电器组成的继电保护装置*。农村小型发电站和变电所中常用的继电器有以下几种：

1. 电流继电器 电流继电器用于当被保护设备发生过负荷或短路故障时，发出信号或使断路器跳闸。电流继电器根据其作用原理，可分为电磁型和感应型两种。DL-10 型为电磁型电流继电器，其结构如图 5-2 所示。当线圈中通过一定的电流时，产生磁通，吸引可动衔铁（Z 形铁片），使之绕轴转动，轴带动动接点与静接点接触，继电器即称动作。DL-10 型继电器依靠改变线圈的连接方式（串联或并联），以及改变反作用弹簧的松紧来调整动作电流。DL-10 型电流继电器的技术数据见表 5-3。

GL-10 和 GL-20 型为感应型电流继电器，其结构如图 5-3 甲所示，其时限特性，见图 5-3 乙。铁芯的部分截面上套有短路环，继电器线圈中的电流和短路环中的电流分别产生相位不同的两部分磁通，它们各自在铝盘中感应出涡流。涡流

* 见水利电力部《继电保护和自动装置规程》。

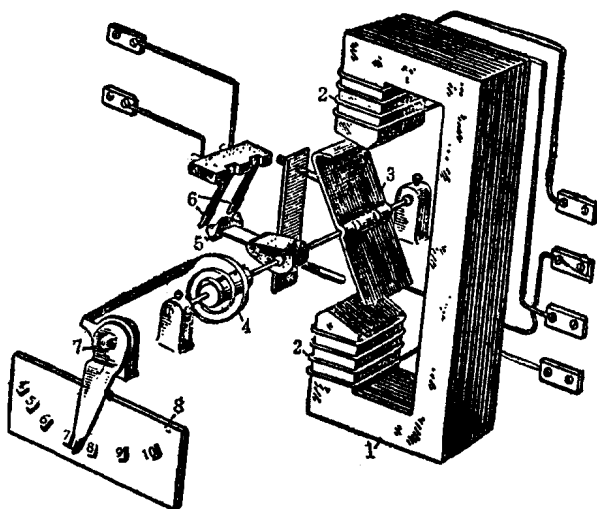


图 5-2 DL-10型电流继电器结构

1—电磁铁；2—线圈；3—可动衔铁；4—反作用弹簧；5—动接点；
6—静接点；7—调整把手；8—刻度盘

与磁场作用产生力，使铝盘转动。铝盘转动的速度与线圈中通过的电流成正比。圆盘切割永久磁铁的磁场产生阻止铝盘转动的反作用力。当线圈中的电流达到动作电流值时，铝盘受作用力和反作用力的联合作用，使扇形轮与螺杆啮合，扇形轮开始上升。经一定时间以后，扇形轮的杆臂碰到衔铁左边的突柄，突柄随即上升，至一定程度时，衔铁即吸向电磁铁，使接点接通。继电器的动作时间与通过线圈的电流成反比，所以叫反时限特性。当通过线圈的电流很大时，衔铁便直接被吸下，动作变成瞬时的。继电器依靠改变线圈的匝数和移动扇形轮的位置来调整反时限部分的动作电流和动作时间，改变衔铁的位置来调整瞬动部分的动作电流（见图 5-3 乙）。GL-10和GL-20型的技术数据见表5-4。

表 5-3 DL-10系列电流继电器的主要技术数据

型 号	线 圈 串 联			线 圈 并 联			返 回 系 数	最 小 整 定 电 流 消 耗 功 率 (伏安)
	动作电流 (安)	长期稳 定电流 (安)	1 秒稳 定电流 (安)	动作电流 (安)	长期稳 定电流 (安)	1 秒稳 定电流 (安)		
DL-11/0.2	0.05~0.1	0.3	12	0.1~0.2	0.6	24	0.80	0.08
DL-12/0.2								
DL-13/0.2								
DL-11/0.6	0.15~0.3	1	45	0.3~0.6	2	90	0.80	0.1
DL-12/0.6								
DL-13/0.6								
DL-11/2	0.5~1	4	100	1~2	8	200	0.80	0.1
DL-12/2								
DL-13/2								
DL-11/6	1.5~3	10	300	3~6	20	600	0.80	0.1
DL-12/6								
DL-13/6								
DL-11/10	2.5~5	10	300	5~10	20	600	0.80	0.15
DL-12/10								
DL-13/10								
DL-11/20	5~10	15	300	10~20	30	600	0.80	0.25
DL-12/20								
DL-13/20								
DL-11/50	12.5~25	20	450	25~50	40	900	0.80	1.0
DL-12/50								
DL-13/50								
DL-11/100	25~50	20	450	50~100	40	900	0.80	2.5
DL-12/100								
DL-13/100								
DL-11/200	50~100	20	450	100~200	40	900	0.70	10

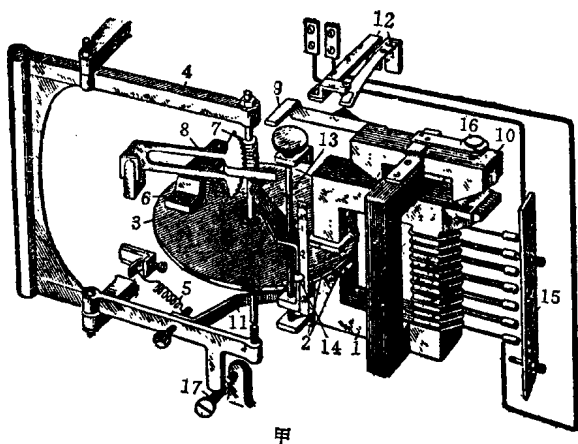
注：1. 型号含义：D——电磁型；L——电流；横线后第一个数字为设计序号，第二个数字为接点数目代号。

2. 接点数目：DL-11具有一对常开接点，DL-12具有一对常闭接点，DL-13具有一对常开接点和一对常闭接点。

3. 接点容量：当电压在 220 伏以下及电流在 2 安以下时，在具有电感性负荷的直流回路（时间常数 T 不大于 5×10^{-3} 秒）中，能断开 50 瓦。当电压在 220 伏以下及电流在 2 安以下时，在交流回路中能断开 250 伏安。

4. 动作时间：在 1.2 倍整定电流时， $t = 0.15$ 秒，在 2 倍整定电流时， $t = 0.02 \sim 0.03$ 秒。

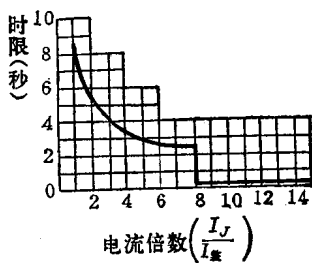
5. 用途：广泛地用于各种继电保护和自动装置中作为起动元件。



甲

甲—结构

1—电磁铁；2—短路环；3—圆盘；4—可动框架；5—弹簧；6—永久磁铁；7—螺杆；8—扇形齿轮；9—突柄；10—衔铁；11—薄钢片；12—接点；13—动作时间调整值指示器的螺栓；14—动作时间调整值指示器；15—插座；16—调整螺栓；17—止档



乙

乙—时限特性

I_J —流过继电器的电流； $I_{整}$ —整定电流

图 5-3 GL-10型电流继电器

表 5-4

GL 型电流继电器技术数据

型 号	额定 电流 (安)	感应元件动作电流 (安)	10倍动作电流 时动作时间 (秒)	返 回 系 数	最小整 定值消 耗功率 (伏安)	电 磁 元 件 动 作 电 流 倍 数	
GL-11/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0.5, 1, 2, 3, 4	0.85	15	2~8	
GL-11/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-12/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 4, 8, 12, 16	0.85			
GL-12/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-13/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4	0.80			
GL-13/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-14/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	8, 12, 16	0.80			
GL-14/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-15/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0.5, 1, 2, 3, 4	0.80			
GL-15/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-16/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	4, 8, 10, 12, 16	0.80			
GL-16/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-21/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0.5, 1, 2, 3, 4	0.85			
GL-21/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-22/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 4, 8, 12, 16	0.85			
GL-22/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-23/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4	0.80			
GL-23/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-24/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	8, 12, 16	0.80			
GL-24/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-25/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0.5, 1, 2, 3, 4	0.80			
GL-25/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					
GL-26/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	8, 12, 16	0.80			
GL-26/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5					

注: 1. 型号含义: G——感应型; L——电流; 横线后第一个数字表示设计序号, 第二个数字表示时限和用途的代号。

2. 接点数目: GL-11, GL-12, GL-21, GL-22 具有一对常开接点, 但可改成常闭接点;

GL-13, GL-14, GL-23, GL-24 具有一对常开或常闭接点, 一对延时闭合信号接点;

GL-15, GL-25 具有一对常开和一对常闭接点进行切换;

GL-16, GL-26 具有一对常开常闭切换接点, 一对延时闭合的信号接点。

3. 接点容量: GL-11, GL-12, GL-13, GL-14, GL-21, GL-22, GL-23, GL-24 主接点能接通 5 安, 断开 2 安(电压在 220 伏以下), GL-15, GL-16, GL-25, GL-26 主接点由变流器供电, 且当电流为 3.5 安时, 总电阻不大于 4.5 欧, 可接通和断开电流至 150 安。

4. 用途: 用于电动机和配电线路中作为电流起动元件, GL-15, GL-16, GL-25, GL-26, 由于接点容量较大, 特别适用于交流操作的保护中, GL-20 型继电器比 GL-10 有改进。

2.电压继电器 DJ-100 型电压继电器与 DL-10 型电流继电器结构相同,只需将电流线圈改成电压线圈即可。当电压超过一定值时动作(接点接通)的叫过电压继电器,当电压低于一定数值时动作的叫低压继电器。DJ-100 型电压继电器的主要技术数据见表5-5。

表 5-5 DJ-100型电压继电器技术数据

型 号	线 圈 串 联		线 圈 并 联		线圈串联 时 电 阻 (欧)	消耗 功率 (伏安)	作用 方式
	动作电压 (伏)	允许电压 (伏)	动作电压 (伏)	允许电压 (伏)			
DJ-111/60	30~60	70	15~30	35	2×600	1	过 电 压
DJ-111/200	100~200	220	50~100	110	2×6340	1	
DJ-111/400	200~400	440	100~200	220		1	
DJ-131/60	30~60	70	15~30	35	2×600	1	
DJ-131/60C	30~60	240	15~30	120		2.5	
DJ-131/200	100~200	220	50~100	110	2×6340	1	低 电 压
DJ-131/400	200~400	440	100~200	220		1	
DJ-122/48	24~48	70	12~24	35	2×600	1	
DJ-122/160	80~160	220	40~80	110	2×6340	1	
DJ-122/320	160~320	440	80~160	220		1	低 电 压
DJ-132/160	80~160	220	40~80	110	2×6340	1	

注: 1. 型号含义: D——电磁型; J——电压; 横线后第一个数字为设计序号, 第二个数字为接点代号, 第三个数字表示动作方式。

2. DJ-111是具有一对常开接点的过电压继电器; DJ-131是具有——对常开、——对常闭接点的过电压继电器; DJ-122是具有——对常闭接点的低电压继电器; DJ-132是具有——对常开、——对常闭接点的低电压继电器。

3. 接点容量和DL-10型电流继电器相同。

4. 过电压继电器的返回系数为0.80, 低电压继电器的返回系数为1.25。

5. 电压继电器广泛用于继电保护和自动装置中作为闭锁元件和起动元件。DJ-131/60C用于长期允许电压特别高的地方。

3. 中间继电器 中间继电器是继电保护装置中的辅助元件, 用来弥补测量元件(如电压、电流继电器)接点数目和接点容量的不足以及其他用途。

(1) DZ-10型电磁型中间继电器的结构如图5-4所示, 继电器的动作是瞬时的, 其主要技术数据见表5-6。

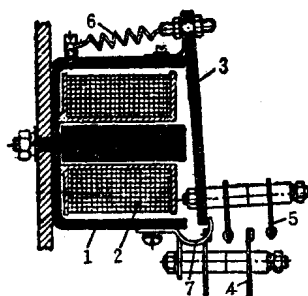


图 5-4 DZ-10型中间继电器的结构

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

表 5-6 DZ-10型中间继电器技术数据

型号	额定电压 (伏)	接点数目		线圈电阻 (欧)	消耗功率 (瓦)	接 点 容 量				
		常开	常闭			负 荷 特 性	直流电压 (伏)	交流电压 (伏)	长期通过电流 (安)	最大断开电流 (安)
DZ-15	24	2	2	100	7	无感负荷	220		5	1
DZ-15	48	2	2	400			110		5	5
DZ-15	110	2	2	2150		有 感 负 荷	220		5	0.5
DZ-15	220	2	2	10000			110		5	4
DZ-17	24	4		100				220	5	5
DZ-17	48	4		400						
DZ-17	110	4		2150				110	5	10
DZ-17	220	4		10000						

注: 1. 型号含义: D——电磁型; Z——中间; 横线后第一个数字为设计序号, 第二个数字为接点代号。2. 继电器的最小动作电压为70%额定电压(U_n), 热稳定电压为110%额定电压。3. 继电器用于直流操作电路中, 用来增加接点的数目和接点容量。4. 继电器动作和返回都是瞬时的, 动作时间为0.05秒。

(2) DZB-100型中间继电器的结构与DZ-10型相同, 只是增加了电流线圈。不论电压线圈、电流线圈中那个有电或同时有电, 都能使继电器动作, 一般用在需要电流自保持的电路中。DZB-100型中间继电器的主要技术数据见表5-7。

表 5-7 DZB-100型中间继电器技术数据

型 号	额 定 电 压 (伏)	额定电流 (安)	接点数目		电 流 线 圈个 数	消耗功率(瓦)	
			常开	常闭		电压线圈	电流线圈
DZB-115	110, 220	1, 2, 4	2	2	1	4	4.5
DZB-127	110, 220	1, 2, 4	4		2	25	2×4.5
DZB-138	24, 48, 110, 220	1, 2, 4, 8	3	1	2	10	2×4.5

注: 1. 型号含义: D——电磁型; Z——中间; B——自保持。

2. DZB-115 具有一个电压线圈和一个电流线圈, 可以单独操作, 用于自动重合闸线路中以防止断路器的“跳跃”。

3. DZB-138具有一个电压线圈, 两个电流保持线圈和一个阻尼线圈。利用阻尼线圈可以获得必要的延时, 用在整套保护中以保証被控制电器的可靠动作(延时0.06秒)。

4. 电压线圈的最小动作电压为 $70\%U_n$, 长期允许电压为 $110\%U_n$, 电流线圈在3倍额定电流时允许通电2秒。

(3) DZS-100型中间继电器的结构与DZ-10型相同, 只是在铁芯上套有一个短路环, 用来在继电器返回时建立一定的延时, DZS-100型中间继电器的主要技术数据见表5-8。

中间继电器的型号较多, 而且不断有新产品出现, 使用时要根据具体条件而定。

4. 时间继电器 DS-100型电磁型时间继电器内部有钟表机构, 线圈通电后经一定时限接点才接通, 时限可以调整。时间继电器广泛地用在各种继电保护及自动装置中, 用来建立一定的时限。DS-100型时间继电器的结构见图5-5, 其主要技术数据见表5-9。

表 5-8

DZS-100型中间继电器技术数据

型 号	額 定 电 压 (伏)	額 定 电 流 (安)	接点数目		消耗功率(瓦)		接点长期 通过电流 (安)
			常开	常闭	电压线圈	电流线圈	
DZS-115	24, 48, 110, 220		2	2	3.3		
DZS-117	24, 48, 110, 220		4		3.3		
DZS-127	24, 48, 110, 220	2, 4, 6 1, 2, 4	4		5.5	2×2.5	5
DZS-136	24, 48, 110, 220	2, 4, 6 1, 2, 4	3		5.5	2×2.5	
DZS-145	24, 48, 110, 220		2	2	6.5		

注: 1. 型号含义: D——电磁型; Z——中间; S——延时。

2. DZS型中间继电器用于继电保护和自动装置中, 在动作时具有不小于0.06秒的延时, 其动作延时是依靠套在铁芯上的短路环而得到的。

3. DZS-127、DZS-136 具有两个电流自保持线圈用于保护的出口回路中, 具有不同的额定电流。

4. 电压线圈的最小动作电压为70% U_e , 最小自保持电流为85% I_e 。

5. DZS-145 在释放时具有不小于0.14秒的延时, 如果在释放时将电压线圈短路, 则达0.8秒。

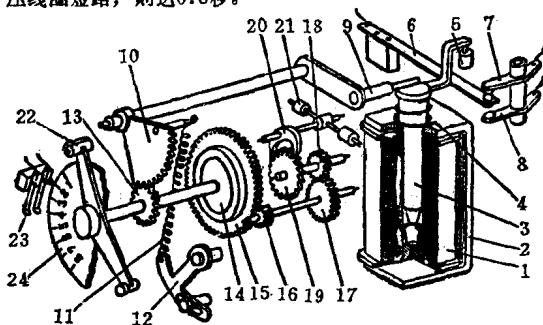


图 5-5 DS-100型时间继电器结构

1—线圈; 2—磁导体; 3—铁芯; 4—返回弹簧; 5—触头; 6—切换触点; 7、8—静触点; 9—杠杆; 10—扇形轮; 11—反作用弹簧; 12—调整弹力的机件; 13—齿轮; 14—摩擦离合器; 15—主传动轮; 16、17—轴轮; 18—中间轮; 19—摆轮; 20—摆卡; 21—平衡锤; 22—动触点; 23—静触点; 24—刻度盘