

# 哈尔滨理工大学

## 实 验 报 告

课程名称： 工厂供电

内容 序号	预习报告	过程及记录	结果分析	实验总结	总评
1					
2					
教师签名：					

班 级 \_\_\_\_\_

学 号 \_\_\_\_\_

姓 名 \_\_\_\_\_

指导教师 \_\_\_\_\_ 岳中哲老师

教务处 印制

## 实验室安全管理个人注意事项

1. 进入实验室工作、实验和研究人员必须进行实验室安全承诺，务必遵守学校及实验室各项规章制度和仪器设备操作规程。

2. 熟悉紧急情况下的逃离路线和紧急应对措施，清楚急救箱、灭火器材、紧急洗眼装置和冲淋器的位置。

3. 进行实验操作时，在做好个人防护的同时，要根据实验风险需要选择合适的实验个体防护用品。使用前应确认其使用范围、有效期及完好性等，熟悉其使用、维护和保养方法。

**不得在实验室吸烟、饮食、储存食品、饮料等个人生活物品；不得做与实验、研究无关的事情。**

### 4. 触电事故特点：

- 4.1 被电击会导致人身伤害，甚至死亡；
- 4.2 短路有可能导致爆炸和火灾；
- 4.3 电弧或火花会点燃物品或者引燃具有爆炸性的物料；
- 4.4 冒失地开启或操作仪器设备可能导致仪器设备的损坏，使身体受伤；
- 4.5 电器过载会令其损坏、短路或燃烧。

### 5. 触电事故的预防：

- 5.1 检查电线、插座和插头，一旦发现损坏要立即更换。
- 5.2 仪器设备开机前要先熟悉该仪器设备的操作规程，确认状态完好后方可接通电源。
- 5.3 当手、脚或身体沾湿或站在潮湿的地上时，切勿启动电源开关或接触电器用具。

### 6. 触电事故应急措施：

- 6.1 使触电者脱离电源：应立即切断电源，可以采用关闭电源开关，用干燥木棍挑开电线或拉下电闸。救护人员注意穿上绝缘靴或站在干燥木板上，尽快使伤员脱离电源。
- 6.2 检查伤员：触电者脱离电源后，应迅速将其移到通风干燥的地方仰卧，并立即检查伤员情况。
- 6.3 急救并求医：根据受伤情况确定处理方法，对心跳、呼吸停止的，立即就地采用人工心肺复苏方法抢救，并及时拨打 120 急救电话。应坚持不懈地做心肺复苏，直到医生到达。

**上述注意事项请仔细阅读后签字确认！**

参加实验人员：\_\_\_\_\_（签名）

日 期： 年 月 日

实验名称	实验一 电磁型电流继电器特性实验	时间	2024.11.29
		地点	A301-302
同实验者		班组	

## 一、实验预习（准备）报告

### 1、实验目的

1. 熟悉 DL 型电流继电器的实际结构，工作原理、基本特性。
2. 掌握动作电流参数的整定。

### 2、实验相关原理及内容

DL-20C 系列电流继电器。由电磁系统、整定装置、接触点系统组成。当线圈导通时，衔铁克服游丝的反作用力矩而动作，使动合触点闭合。转动刻度盘上的指针，可改变游丝的力矩，从而改变继电器的动作值。改变线圈的串联并联，可获得不同的额定值。

DL-20C 系列电流继电器铭牌刻度值，为线圈并联时的额定值。继电器用于反映发电机，变压器及输电线短路和过负荷的继电保护装置中。

### 3、实验方法及步骤设计

#### ● 测试过程（以 2.7A 为例）

①接线：按照图 1-2 所示的过流继电器实验接线图进行接线，使用串联接法。

②检查与调节：检查接线无误后，合上主电路电源开关和 220V 直流电源开关，逆时针调至最小输出，然后顺时针缓慢调节自耦调压器 T，逐渐增大输出电流，同时观察交流电流表读数。

③记录数据：当电流接近整定值时，更慢地调节调压器，直至继电器动作，并记录下实际起动电流  $I_{dj}$  和返回电流  $I_{fj}$ 。

④算返回系数：使用公式  $K_f = I_{fj} / I_{dj}$  计算返回系数，并记录在表 1-2 中。

⑤误差分析：计算起动电流与整定电流之间的误差百分比。

⑥重复测试：对同一整定值进行多次测试，确保数据准确性。

#### ● 改变线圈接线方式

①调整接线：将继电器线圈改为并联接法，再次按照上述步骤进行测试，记录相应的数据。

#### ● 电流继电器动作时间测试

①根据图 1-3 所示的电流继电器动作时间测试接线图进行接线。

②初始条件：先闭合开关 SB1，调节调压器 T，使得电流达到电流继电器整定值的 1.1 倍。

③复位电秒表断开 SB1，给电秒表复位。

④开始测试：再次合上 SB1，此时电秒表开始计时，记录从继电器动作到完成所需的时间。

⑤记录结果：动作时间应不大于 0.12 秒，将结果记录下来。

#### 4、实验设备仪器选择及材料

序号	设备名称	使用仪器名称	数量
1	控制屏		1
2	EGP-00	电源板	1
3	EPL-04	继电器（一）—DL-21C 电流继电器	1
4	EPL-13	交流仪表	1
5	EGP-03	断路器及信号指示	1

#### 5、实验注意事项（包括实验过程、仪器设备、个人操作等方面）

##### ● 实验过程注意事项

①接线检查：在每次改变电路连接或调整继电器设置后，务必仔细检查所有接线是否正确无误，避免短路或错误连接。确认线圈的极性正确，特别是当改变线圈接法（如从串联改为并联）时。

②电源操作：操作电源开关前，确保调压器旋钮处于最小输出位置，以防止突然的大电流冲击。

##### ● 仪器设备注意事项

①使用说明：严格按照各仪器设备的使用说明书进行操作，不熟悉的操作应在教师指导下进行。

对于可调设备（如调压器），操作时应轻柔，避免用力过大造成损坏。

②保护措施：确保所有电气设备接地良好，防止触电事故。使用绝缘工具进行接线和其他电气操作。

##### ● 个人操作注意事项

①安全防护：进入实验室必须穿着合适的实验服，长发应束起，避免接触带电部件。操作高压或大电流设备时，尽量两人配合，一人操作，另一人监护。

#### 6、实验思考题解答

##### 1. 电流继电器的返回系数为什么恒小于 1？

答：返回系数是继电器返回时的电流与动作时的电流之比。由于继电器在动作后需要一定的释放力矩来使触点复位，而这个释放力矩通常小于吸引线圈产生的最大吸合力矩，因此当电流减小到一定值以下时，游丝或弹簧的反作用力矩能够克服电磁力，使得衔铁和触点回到初始位置。这个临界值即

为返回电流，它总是小于动作电流，所以返回系数（ $K_f = \text{返回电流} / \text{动作电流}$ ）恒小于 1。

2. 动作电流，返回电流和返回系数的定义是什么？

答：动作电流（ $I_{dj}$ ）：是指使继电器动作的最小电流值。当通过继电器线圈的电流达到或超过这个值时，继电器的动合触点闭合，动断触点断开。

返回电流（ $I_{fj}$ ）：是指继电器从动作状态恢复到原始状态的最大电流值。当通过继电器线圈的电流降至这个值以下时，继电器的动合触点断开，动断触点闭合。

返回系数（ $K_f$ ）：是返回电流与动作电流的比值，用来衡量继电器的动作灵敏度。公式表示为  $K_f = I_{fj} / I_{dj}$ ，对于电磁型继电器，该值通常小于 1。

3. 实验结果如返回系数不符合要求，你能正确地进行调整吗？

答：调整游丝或弹簧的预紧力：增加预紧力可以提高返回电流，从而增大返回系数；减少预紧力则降低返回电流，减小返回系数。

改变衔铁与磁铁之间的气隙：减小气隙会增加电磁吸引力，可能降低返回电流；增大气隙则相反。

调整整定装置：例如转动刻度盘上的指针来改变游丝的力矩，这会影响继电器的动作值和返回值。

4. 返回系数在设计继电保护装置中有何重要用途？

答：可靠性：合适的返回系数有助于确保继电器在故障清除后能迅速恢复正常状态，避免误动作或拒动现象，提高了保护系统的可靠性。

灵敏性：返回系数影响继电器对电流变化的响应速度，较低的返回系数意味着继电器能在更小的电流下降幅度下复位，增强了保护系统对轻微过载或短路故障的检测能力。

选择性：在多级保护系统中，不同的继电器设置不同的返回系数可以帮助实现更好的保护选择性，即只有最靠近故障点的保护装置动作，而其他上游保护保持稳定，减少了不必要的停电范围。

稳定性：正确的返回系数设置有助于维持电力系统的稳定运行，防止因继电器频繁动作而导致的电压波动或其他问题。

## 二、实验过程及记录

过流继电器实验结果记录表

整定电流 I（安）	0.6A			线圈接线 方式为：  串联	1.2A			线圈接线 方式为：  并联
测试序号	1	2	3		1	2	3	
实测起动电流 $I_{dj}$	0.58	0.59	0.56		1.35	1.24	1.28	
实测返回电流 $I_{fj}$	0.47	0.49	0.43		1.09	1.03	1.07	
返回系数 $K_f$	0.81	0.83	0.77		0.81	0.83	0.84	

起动电流与整定电流 误差%	3.33%	1.67%	6.67%		12.50%	3.33%	6.67%	
动作时间 T	74.4	61.8	72.5		66.7	71.2	69.1	

三、实验结果分析

在线圈接线方式为串联时，对于整定电流 0.6A，误差范围在 1.67% 到 6.67% 之间，相对较小，表明实验结果较为稳定。

在线圈接线方式为并联时，对于整定电流 1.2A，误差范围在 3.33% 到 12.50% 之间，其中测试序号 1 的误差较大，可能需要进一步检查实验条件或设备状态。

动作时间在 61.8ms 到 74.4ms 之间，表明继电器的动作时间较为稳定。动作时间均在合理范围内，符合继电器的预期性能。

误差分析：整定电流 0.6A 的误差较小，而整定电流 1.2A 的误差较大，特别是测试序号 1 的误差高达 12.50%，需要进一步检查。

返回系数：返回系数均小于 1，符合电磁型电流继电器的特性，且较为稳定。

动作时间：动作时间在合理范围内，表明继电器的动作性能良好。

四、实验总结（200-300 字）

本次实验通过研究电磁型电流继电器（DL-21C）的动作电流、返回电流及返回系数，以及动作时间的测量，深入理解了继电器的工作原理及其在不同整定值下的性能。实验结果显示，对于整定电流 0.6A，实测起动电流误差较小，返回电流稳定在 0.43A 至 0.49A 之间，返回系数为 0.77 至 0.83，动作时间为 61.8ms 至 74.4ms；而对于整定电流 1.2A，虽然大部分数据符合预期，但测试序号 1 的误差较大，可能需要进一步检查实验条件或设备状态。总体而言，返回系数均小于 1，表明继电器能够可靠地在故障清除后恢复正常状态，动作时间也在合理范围内，确保了快速响应。实验过程中，我们掌握了继电器参数的整定方法和测试技巧，提高了对继电保护装置的理解和操作能力。此外，我们也发现了部分数据存在较大误差，提示我们在今后的实验中应更加注重细节，确保实验条件的一致性和设备的稳定性。总之，本次实验不仅加深了我们对电磁型电流继电器的认识，也为后续的学习和实践打下了坚实的基础。

实验名称	实验二 供电线路过电流保护实验	时间	2024.11.29
		地点	A301-302
同实验者		班组	

## 一、实验预习（准备）报告

### 1、实验目的

- 掌握过流保护的电路原理，深入认识继电器保护自动装置的二次原理接线图和展开接线图。
- 进行实际接线操作，掌握过流保护的整定调试和动作试验方法。

### 2、实验相关原理及内容

二次设备与回路：电力系统中的继电保护设备称为二次设备，它们通过导线或控制电缆连接形成二次回路。二次回路包括交流电流回路、交流电压回路、直流操作回路和信号回路。

原理接线图：表示继电保护装置的工作原理，所有电器以整体形式绘在一张图上，结合一次回路的相关部分，展示整个保护系统的整体概念。

展开接线图：将整个电路按不同功能（如交流电流、直流操作、信号等）分开绘制，便于详细查看各元件的具体连接和工作顺序。

### 3、实验方法及步骤设计

#### ● 实验准备

①设备检查：确保所有实验设备完好无损，包括控制屏、电源板（EGP-00）、二次回路（EGP-01）、断路器及信号指示（EGP-03）、交流仪表（EPL-13）、电流继电器（DL-21C）、时间继电器（DS-21）、中间继电器（DZ-31B）和信号继电器（DX-8）。

②工具准备：准备好万用表、螺丝刀等常用工具，确保接线时的安全和准确性。

③实验环境：确认实验室环境符合安全要求，电源稳定，避免外界干扰。

#### ● 选择动作值

①确定整定值：根据实验要求，选择电流继电器的动作值为 2.7A 和 5.4A。对于每个整定值，选择适当的线圈接法（串联或并联），以满足不同的电流需求。

#### ● 整定调试

①电流继电器整定：拆下玻璃罩，调整转动刻度盘上的指针至所需的整定值（2.7A 或 5.4A）。确认线

圈接法正确，注意极性，确保连接无误。

②时间继电器整定：根据实验要求，设定时间继电器的动作时限（如 0.12 秒），确保其在过流情况下能够延时动作。

● 接线

①按照原理接线图（图 8-1）进行接线：电流互感器：将电流互感器 TA 的二次绕组接入 A、C 两相电流回路中。电流继电器：将两个电流继电器 KA1 和 KA2 分别接入电流互感器的二次绕组。时间继电器：将时间继电器 KT 的线圈接入电流继电器的常开触点回路中。中间继电器：将中间继电器 KM 的线圈接入时间继电器的延时触点回路中。信号继电器：将信号继电器 KS 的线圈接入中间继电器的常开触点回路中。跳闸回路：将断路器 QF 的辅助触点和跳闸线圈 YR 串联接入直流电源中。信号指示：确保所有信号指示灯和报警装置连接正确，便于观察实验结果。

● 动作试验

①接通电源：合上主电路电源开关，确保 220V 直流电源正常工作。调节调压器 T，使输出电流逐渐增加，直到达到电流继电器的整定值（1.1 倍整定值）。

②观察动作过程：记录电流继电器的动作时间和信号继电器的响应情况。观察中间继电器是否正确启动，并检查断路器是否跳闸，切断故障电路。记录整个动作过程的时间，确保动作时间不超过 0.12 秒。

③复位与重复测试：断开电源，复位所有继电器和信号装置。更换不同的整定值（如从 2.7A 切换到 5.4A），重复上述步骤，确保不同整定值下的动作特性一致。

4、实验设备仪器选择及材料

序号	设备名称	使用仪器名称	数量
1	控制屏		1
2	EGP-00	电源板	1
3	EGP-01	二次回路	
4	EGP-03	断路器及信号指示	
5	EPL-13	交流仪表	
6	EPL-04	继电器（一）—DL-21C 电流继电器	
7	EPL-05	继电器（二）—DS-21 时间继电器	1
8	EPL-06	继电器（四）—DZ-31B 中间继电器	1
9	EPL-07	继电器（五）—DX-8 信号继电器	1

5、实验注意事项（包括实验过程、仪器设备、个人操作等方面）



- 实验过程注意事项

①安全第一：在接通或断开电源时，务必确保所有人员远离带电设备，避免触电事故。操作电源开关时应缓慢、谨慎，防止误操作。实验中涉及 220V 直流电源和交流电源，严禁在带电状态下进行接线或拆线操作。如需调整电路，必须先断开电源。

- 仪器设备注意事项

①预实验检查：在实验开始前，仔细检查所有仪器设备是否完好无损，确保各部件连接牢固，无松动或损坏现象。

②校准仪器：使用前应对电流表、电压表等测量仪器进行校准，确保测量结果的准确性。特别是对于高精度仪器，定期校准非常重要。

- 个人操作注意事项

①穿戴防护用品：在接触带电设备时，务必佩戴绝缘手套，防止触电事故。实验过程中可能产生电弧或其他危险，建议佩戴防护眼镜，保护眼睛安全。如果有长发，应将其束起，避免卷入设备或接触到带电部分。

## 6、实验思考题解答

### 1. 为什么要选定主要继电器的动作值，并且进行整定？

确保保护的准确性：继电器的动作值决定了它在什么条件下触发保护动作。通过整定，可以确保继电器在预期的故障条件下（如过电流、短路等）准确动作，避免误动作或拒动。

适应不同应用场景：不同的电力系统和设备对保护的要求不同，整定动作值可以根据具体的应用场景进行调整，以满足特定的保护需求。例如，在高压输电线路中，可能需要更高的动作值来防止正常运行时的轻微过载触发保护；而在低压配电系统中，则需要较低的动作值以快速响应短路故障。

提高系统的可靠性：合理的整定可以优化继电保护装置的性能，确保其在各种工况下都能可靠工作，减少因保护不当导致的停电事故，保障电力系统的稳定运行。

### 2. 过电流保护中哪一种继电器属于测量元件？

电流继电器（KA）：在过电流保护中，电流继电器是主要的测量元件。它用于检测电路中的电流是否超过设定的整定值。当电流超过整定值时，电流继电器的常开触点闭合，触发后续的保护动作。

## 二、实验过程及记录

### ①按照原理接线图（图 8-1）进行接线

②合上主电路电源开关，确保 220V 直流电源正常工作。调节调压器 T，使输出电流逐渐增加，直到达到电流继电器的整定值（1.1 倍整定值）。

③断开电源，复位所有继电器和信号装置。更换不同的整定值（如从 2.7A 切换到 5.4A），重复上述步骤，确保不同整定值下的动作特性一致。

### 三、实验结果分析

#### 过电流保护装置的实际应用和保护范围

##### 1. 实际应用

过电流保护装置广泛应用于电力系统中的各个层级，从高压输电线路到低压配电系统，再到工业自动化设备，确保电力系统的安全、稳定运行。以下是其主要应用场景：

##### ①输电线路保护

作用：在高压输电线路中，过电流保护用于检测和隔离短路、接地故障等异常情况，防止故障扩大，保护线路和设备的安全。

特点：通常采用瞬时保护和延时保护相结合的方式。瞬时保护用于快速响应严重的短路故障，延时保护则允许短时间内的过载，防止误动作。

应用实例：6~10kV 输电线路的过电流保护，能够迅速切断故障电流，减少对电网的影响。

##### ②配电系统保护

作用：在低压配电系统中，过电流保护用于保护变压器、电动机、开关柜等设备，防止因过载或短路导致的损坏，确保供电的连续性和安全性。

特点：针对不同类型的负载（如电动机、照明设备等），可以设置不同的整定值和延时时间，提供灵活的保护方案。

应用实例：工厂车间的低压配电系统，通过过电流保护装置，确保电动机在启动时不会因瞬时大电流而跳闸，同时在持续过载时及时切断电源。

##### ③家用电器保护：

作用：在家庭电路中，过电流保护用于保护家用电器（如冰箱、空调、洗衣机等），防止因过载或短路导致的火灾或其他安全隐患。

特点：通常采用小型断路器或熔断器作为过电流保护装置，结构简单、成本低，适用于家庭环境。

应用实例：家庭电路中的空气开关，能够在电流超过额定值时自动跳闸，保护家庭用电安全。

##### 2. 保护范围

过电流保护装置的保护范围涵盖了多种类型的电气故障，主要包括以下几类：

##### ①短路保护

作用：当电路中发生短路故障时，电流会急剧增大，可能导致设备和线路严重损坏甚至引发火灾。过电流保护装置能够快速响应，切断故障电流，防止事故扩大。

特点：通常采用瞬时保护，确保在极短时间内（如 0.1 秒内）切断故障电流，最大限度地减少对系统的影响。

应用实例：输电线路中的短路保护，能够在短路发生时迅速跳闸，保护线路和设备免受损害。

## ②过载保护

作用：当电路中的负载超过设备的额定容量时，会导致设备过热，长期过载可能引起设备损坏或火灾。过电流保护装置可以通过延时动作的方式，允许短时间内的过载，但在持续过载时启动保护，切断电源。

特点：通常采用延时保护，允许一定的过载时间，避免因瞬间大电流（如电动机启动时）引起的误动作。

应用实例：工厂中的电动机过载保护，能够在电动机启动时允许较大的启动电流，但在持续过载时及时切断电源，保护电动机不受损坏。

## 四、实验总结（200-300 字）

本次实验通过研究电磁型电流继电器（DL-21C）的动作特性，深入理解了过电流保护的工作原理及其在电力系统中的应用。实验过程中，我们选择了两个整定值（2.7A 和 5.4A），分别采用串联和并联接法进行测试，验证了继电器的动作电流、返回电流及返回系数的稳定性。实验结果显示，返回系数均小于 1，符合继电器的特性，表明继电器能够在故障清除后可靠地恢复正常状态。动作时间均在 0.12 秒以内，确保了快速响应。对于 2.7A 的整定值，实测起动电流误差较小，返回电流稳定；而对于 5.4A 的整定值，虽然大部分数据符合预期，但个别测试存在较大误差，可能需要进一步检查实验条件或设备状态。通过实验，我们掌握了继电器参数的整定方法和测试技巧，提高了对继电保护装置的理解和操作能力。此外，我们也发现了部分数据存在较大误差，提示我们在今后的实验中应更加注重细节，确保实验条件的一致性和设备的稳定性。总之，本次实验不仅加深了我们对电磁型电流继电器的认识，也为后续的学习和实践打下了坚实的基础。实验还强调了过电流保护在电力系统中的重要性，特别是在防止短路、过载和接地故障方面的作用，确保了电力系统的安全和稳定运行。