

《煤矿供电》实验指导书

牛志民 易晓郑编

焦作工学院供电实验室

一九九五年十一月

目 录

实验须知	1
第一章 实验指导书	2
实验一 电磁型继电器的特性实验	2
实验二 感应型电流继电器的特性实验	4
实验三 单端电源三段式过流保护综合性实验	7
实验四 功率方向继电器的特性实验	11
实验五 BCH—2型差动继电器特性实验	14
实验六 变压器差动保护系统实验	17
实验七 JY82型漏电继电器的特性实验	19
实验八 接地电阻的测量	21
第二章 常用测试仪器	23
第一节 周波计数器	23
第二节 相位测量仪	25
第三节 电源移相器	28
第四节 LC—18接地电阻测量仪	31

实 验 须 知

实验是教学的重要环节之一。通过实验可以巩固和丰富已学到的理论知识，发现和讨论新的问题，掌握实验方法、培养操作技能。为保证实验的正常进行，提高实验质量，实验应按以下程序和要求进行。

1、实验前要对实验内容进行预习，了解实验的目的，弄清所需仪器设备的规格、性能及使用方法。

2、实验时按实验接线图接线，接线要整齐清晰，线路接好后必须经指导教师检查，才接通电源进行实验。对所用仪器设备不得随意进行调整、拆开。

3、按实验步骤逐项进行实验，每项实验完毕，应将数据交指导教师检查，然后拆除线路，再进行下一项实验。

4、实验过程中，改变接线必须拉开电源。如遇异常事故，要立即切断电源，事故损坏仪器设备，按学校规定处理。

5、实验完毕，应将全部数据交指导教师审阅后再拆除接线，并将仪器设备放回原处。

第一章 实验指导书

实验一 电磁型继电器特性实验

一、实验目的：

- 1、观察电磁型电流、时间继电器的构造及动作原理，了解其内部接线。
- 2、掌握测量与校验电磁型电流继电器的起动电流、返回电流的方法及其整定方法。
- 3、掌握校验电磁型时间继电器的动作时间，了解动作时间与电网电压波动的关系。
- 4、掌握408型电秒表的使用方法 & 接线。

二、实验内容及步骤：

第一部分 电磁型电流继电器

1、观察电流继电器的结构，了解其两个线圈串、并时的整定范围，并注意刻盘上的整定位置。

2、实验接线图：如图1所示。

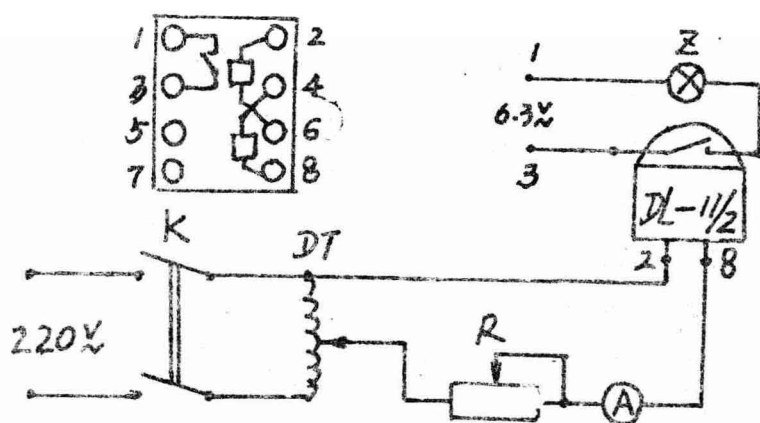


图1 实验接线图

3、按图1接好线，检查调压器并调至零位，滑线电阻器调到最大位置，继电器两组线圈串联，整定把手放在某一标度（通常称为继电器的整定值 I_{zd} ）。一般由低标度起依次进行试验。

4、经指导教师检查后，合上电源开关K，调节调压器TD，逐渐升大电流至继电器刚好动作，即其接点闭合指示灯亮为止。此时的电流值为继电器的动作电流 I_{dzj} ，记下读数，其值应与把手所指整定值相同。然后逐渐减小电流至接点刚刚断开指示灯熄灭为止，此时的电流值为继电器的返回电流 I_{fj} ，记下读数。

5、改变刻度位置，将每个整定值都测出其动作电流、返回电流，并且每一刻度重复三次，取平均值，求出返回系数 K_f ($K_f = 0.85 \sim 0.95$ 为合格)。并将结果记

6、将继电器线圈改为并联接法，再对继电器每个整定值一一进行试验，并将结果记录表格内（此表格自己设计）。

整定电流 $I_{zd} (A)$								
实测电流值 (A)	I_{dzj}	I_{fj}	I_{dzj}	I_{fj}	I_{dzj}	I_{fj}	I_{dzj}	I_{fj}
第 一 次								
第 二 次								
第 三 次								
平 均								
$K_f = \frac{I_{fj}}{I_{dzj}}$								
$\Delta I = \frac{I_{dzj} - I_{zd}}{I_{zd}}$								

- 1、观察DS125型时间继电器的内部结构及动作情况，并掌握整定方法。
- 2、实验接线图：如图2所示。

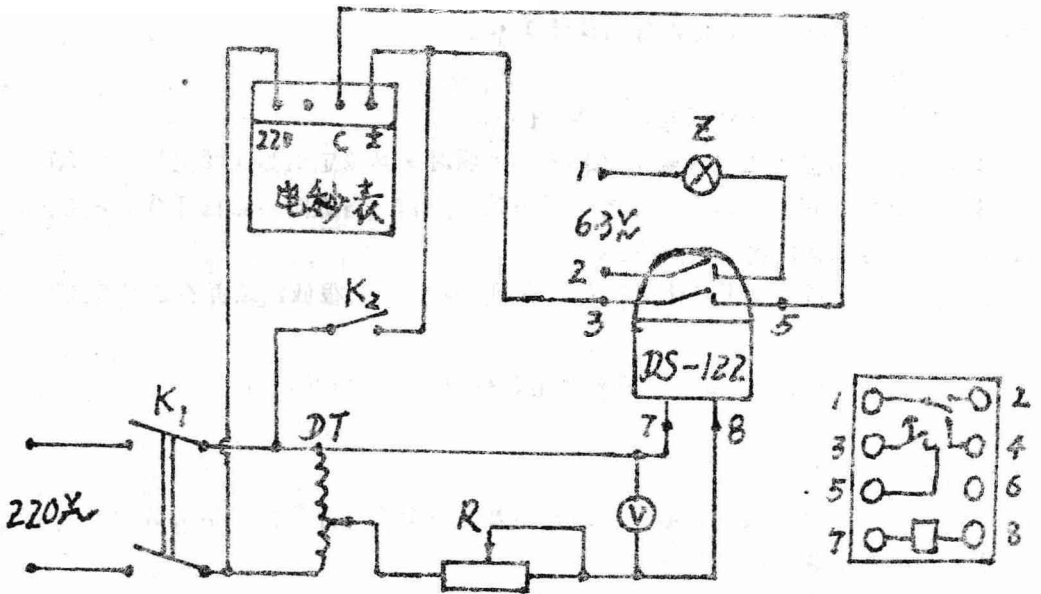


图 2 实验接线图

3、按图2接线，检查调压器是否回零，电阻器是否在最大位置，电秒表是否回零。
经指导教师检查无误后方可送电。

4、动作电压和返回电压测定：

先断开 K_2 ，然后合上 K_1 ，调节调压器，由零逐渐升高二次电压，使继电器衔铁完全吸下的最低电压值为继电器的动作电压 U_{dzj} ，记下此电压。然后减小二次电压，使衔铁返回原位的最大电压为继电器的返回电压 U_{fj} 。记下此电压。要求DS125型继电器 $U_{dzj} < 85\% U_e$ ， $U_{fj} > 5\% U_e$ 视为合格。

5、动作时间测定：

将时间标度整定在某一位置，在额定电压下（ ~ 220 伏），合上 K_2 ，再合上 K_1 ，继电器开始动作，电秒表开始计时，直到继电器触点闭合，电秒表停止计时，读取电秒表的指示数，即为继电器的动作时间，并记录下表内。

整定时间 t_{zdj} (S)						
第一次 t_1 (S)						
第二次 t_2 (S)						
第三次 t_3 (S)						
平均值 t_{dzj} (S)						
相对误差 $\Delta t \% = \frac{\Delta t}{t_{dzj}}$						

再将继电器的输入电压 V 降低至额定电压的80%，重复上述步骤5，测出继电器的动作时间，并记录表中（此表自己设计）。

三、实验报告：

- 1、填写记录表格，计算出所要求的值。
- 2、电流继电器的二组线圈由串联改为并联时，其整定值如何变化？为什么？
- 3、什么因素影响电流继电器的返回系数 K_f 值？当返回系数低于0.85或高于0.95时，可能会出现什么问题？
- 4、时间继电器的作用是什么？它的返回系数为什么很低？是否有必要增加？

实验二 感应型电流继电器的特性实验

一、实验目的：

- 1、观察GJ型电流继电器的内部构造及动作情况，并掌握调整方法。
- 2、测定继电器的特性。
- 3、校正继电器的瞬时动作电流值。

二、实验内容及步骤：

1、观察继电器的内部结构，了解各部件的作用和动作情况，掌握如何改变整定电流和时限整定值。

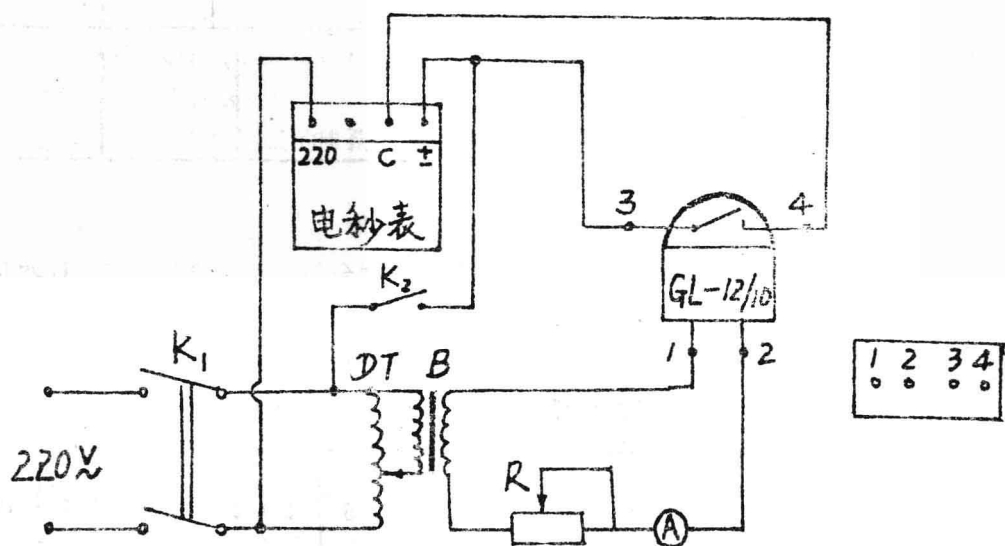


图 3 实验接线图

2、感应部分起动电流与返回电流校验

① 按上图接好线。调压器调至零位，并将继电器整定电流的插头插入电流整定值位置（一般由最低整定值开始）。

② 合上电源开关 K_1 ，调节调压器使电流均匀上升，当铝盘开始不间断转动时的最小电流，称为圆盘的始动电流，其值应不大于整定电流的 40%。

③ 继续平滑地增大电流，使继电器的扇形齿与蜗杆刚好啮合，并保持此电流直到接点动作，该电流即为继电器的动作电流 I_{dj} 。若动作电流与整定值误差超过 $\pm 5\%$ 时，可调整拉力弹簧使之满足要求。

将继电器通入动作电流，在扇形齿标杆上升至将碰而未碰到可动衔铁杠杆以前，就开始减小电流至扇形齿与蜗杆刚分开时的电流称为返回电流 I_{fj} 。要求返回系数为 $0.8 \sim 0.9$ 。

④ 改变电流整定值插头位置，重复上述步骤把各次数据记入下页表。

3、时限特性曲线的测定：

① 仍按上图接线，动作电流整定插头插入最低位置，时限标杆置于最大位置，速断倍数调至最大位置。

② 在 K_2 断开的情况下，合上电源开关 K_1 ，调节调压器使电流为 $1.2 I_{dj}$ ，然后拉开 K_1 （调压器位置保持不变），检查电秒表是否回零，若已回零，可合上 K_2 ，

继电器型号					
整定电流值 I_{zd}					
实测起动电流值 I_{dj}					
实测返回电流值 I_{fj}					
返回系数 $K_f = \frac{I_{fj}}{I_{dj}}$					

返回系数要求在 0.8 ~ 0.9 之间

再合 K_1 ，继电器动作，电秒表计时，当继电器接点闭合时电秒表停止计时，拉开电源，读取电秒表的时间，得到保护特性曲线上的一点。

③ 按②步骤，依次将电流调节为 1.5、2、3、4……倍的整定电流（电流上限按设备容量而定，注意不可超过各设备的额定值），保护相应的动作时间记入下表：

时限标杆置于最大位置	起动电流倍数 $\frac{I_{dj}}{I_{zd}}$	1.2	1.5	2	3	4	6	7	10
	动作时间 (s)								
时限标杆置于最小位置	起动电流倍数	1.2	1.5	2	3	4	6	7	10
	动作时间 (s)								

④ 改变时限标杆到最小位置，重复上述步骤，得到另一组相应的动作时间，这些数据的连线即为时间特性曲线。

3、速断部分起动电流及返回电流的测定

速断部分的起动电流用冲击电流进行实验，返回电流仍用缓慢下降法求取，其步骤如下：

① 拆除上图中电秒表的连接，速断倍数整定在最小倍数位置。（例如 2 倍）

② 合上电源开关 K_1 ，迅速调节电流，使接点瞬时闭合，拉开 K_1 ，再合上 K_1 ，若接点不闭合则增大电流，若接点闭合则减小电流，如此反复多次找出其能动作的最小电流，即为速断部分的起动电流；然后减小电流直至接点断开，即得返回电流（速断元件的返回电流无严格要求，只要当电流降为零时，继电器的衔铁能返回原位即可）。

③ 改变速动倍数，重复上述步骤，将结果记入下表：

整定电流 I_{zd} (A)				
整定速断倍数				
起动电流 (A)				
返回电流 (A)				
返回系数				

四、实验报告内容

- 1、根据记录，将继电器的时限特性曲线绘于坐标纸上，并分析之。
- 2、感应电流继电器的时限特性曲线与时间标杆的位置有何关系？
- 3、继电器的始动电流与感应部分的起动电流有何区别？
- 4、10倍动作电流时间的含意是什么？继电器为什么不标某一电流值的时间而标10倍动作电流的时间？
- 5、感应式过电流继电器的动作特性曲线为什么要按电流倍数来表示，用电流值来表示可以吗？为什么？
- 6、继电器整定电流的插孔有一个备用位置并有一个备用插头，它有何作用？

实验三 单端电源三段式过流保护综合性实验

一、实验目的：

- 1、研究整组电流保护的接线；
- 2、观察和分析各种继电器的实际应用，整定值的选择；
- 3、观察和分析在各种短路情况下，各保护的动作情况；
- 4、了解瞬时速断、限时速断和定时限过流三段式保护的配合情况。

二、实验原理与实验电路简介：

电流保护是根据网络发生短路时电源与故障点之间的电流增大的特点构成的。

瞬时电流速断保护是以躲过被保护线路外部最大短路电流为整定原则的保护，它靠动作电流保证选择性。

限时速断保护则是动作电流和延时均和下一线路的瞬时速断保护配合以保证保护的选择性。

过电流保护以躲开线路最大负荷电流和外部短路切除后电流继电器可靠返回为整定原则，它依靠动作电流及时间元件的配合获得选择性。

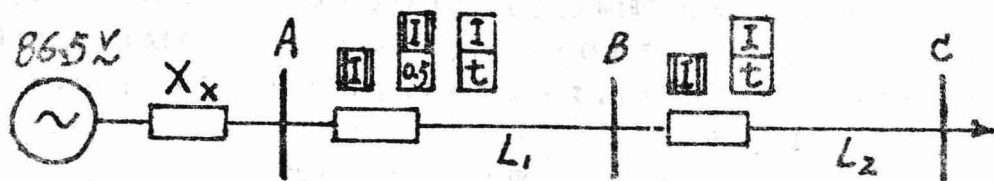


图 4

图 4 为单电源辐射电网，图中 X_x 为系统阻抗，最大运行方式时， $X_{x \max} = 2 \Omega$ ；最小运行方式时， $X_{x \min} = 4 \Omega$ 。 L_1 、 L_2 为两段输电线路，其线路阻抗分别为 10Ω 和 15Ω ，线路负荷为 $0.4 A$ ，A 变电所装设瞬时电流速断、限时电流速断和定时限过流保护。B 变电所装设瞬时电流速断和定时限过流保护。B 变的过流保护时间为 1 秒，取 $\Delta t = 0.5$ 秒。图 5 为上述网络的模拟线路图。

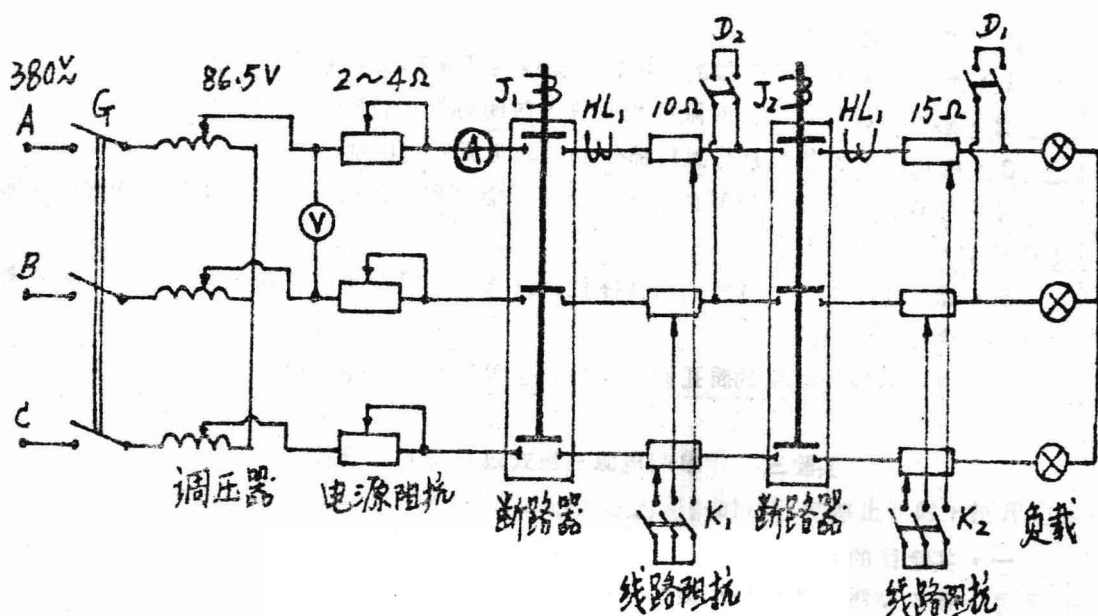


图5 单电源辐射网络模拟线路图

图5中ⅡB自耦变压器用以模拟线电压为86.5伏(相电压为50伏)的电源,它由ⅡB副方调定给出,一组滑线电阻(5欧10安)模拟系统阻抗 x_x ,输电线路 L_1 段由一组10Ω滑线电阻模拟, L_2 段由另一组15Ω滑线电阻模拟,线路断路器由交流接触器模拟,不同地点的三相和二相短路则由闸刀实现,负载用灯泡(或电阻)代替。

三、实验内容及步骤:

1、制作各种运行方式下短路电流与短路点至保护安装处距离的关系曲线,即

$$I_{dmax}^{(3)} = f(L)$$

$$I_{dmin}^{(2)} = f(L)$$

2、计算电流继电器和时间继电器的动作值(已知: $U_p = 86.5$ 伏, $I_g = 0.4$ 安, $\Delta t = 0.5$ 秒, $t_{bc} = 1$ 秒, $x_{xmax} = 4$ 欧, $x_{xmin} = 2$ 欧, $x_{L1} = 10$ 欧, $x_{L2} = 15$ 欧,取: $K_R' = 1.2$, $K_R'' = 1.1$, $K_R = 1.2$, $K_f = 0.85$, $K_{zq} = 1.5$, $n = 15/5$)。

① 计算各段最大、最小短路电流:

$$BC \text{ 段: } I_{d2max}^{(3)} = U_p / (\sqrt{3} Z_{\Sigma 2})$$

$$I_{d2min}^{(2)} = U_p / (2X_{\Sigma 2})$$

$$AB \text{ 段: } I_{d1max}^{(3)} = U_p / (\sqrt{3} Z_{\Sigma 1})$$

$$I_{d1min}^{(2)} = U_p / (2X_{\Sigma 1})$$

② 计算继电器动作电流：

BC段：a、电流速断：

动作电流：

$$I'_{dz2} = K'_K \cdot I^{(3)}_{d2 \cdot \max}$$

继电器动作电流：

$$I'_{dzj2} = I'_{dz2} / n_{L2}$$

灵敏度校验：

$$K'_{L2} = I^{(2)}_{d2 \min} / I'_{dz2} > 1.5 \quad \text{合格}$$

b、定时过流：

动作电流：

$$I_{dz2} = K_K K_{Zq} K_{jx} I_{g2} / K_f$$

继电器动作电流：

$$I_{dzj2} = I_{dz2} / n_{L2}$$

整定时限：

$$t_{BC} = 1 \text{ 秒}$$

AB段：a、电流速断：

动作电流：

$$I'_{dz1} = K'_K \cdot I^{(3)}_{d1 \max}$$

继电器动作电流：

$$I'_{dzj1} = I'_{dz1} / n_{L1}$$

灵敏度校验：

$$K'_{L1} = I^{(2)}_{d1 \min} / I'_{dz1} > 1.5 \quad \text{合格}$$

b、限时速断：

动作电流：

$$I''_{dz1} = K''_K I'_{dz2}$$

继电器动作电流：

$$I''_{dzj1} = I''_{dz1} / n_{L1}$$

整定时限：

$$t''_{AB} = t_{sc} - \Delta t$$

灵敏度检验：

$$K''_{L1} = I^{(2)}_{d2 \min} / I''_{dz1} > 1.5 \quad \text{合格}$$

c、定时过流：

动作电流：

$$I_{dz1} = K_K K_{Zq} K_{jx} I_{g1} / K_f$$

继电器动作电流： $I_{dzj1} = I_{dz1} / n_{L1}$

整定时限：

$$t_{AB} = t_{BC} + \Delta t$$

灵敏度校验：

$$K_{L1} = I_{d2min}^{(2)} / I_{dz1} > 1.5 \quad \text{合格}$$

以上两项内容在实验前完成，并在计算曲线上找出各种运行方式及不同短路类型时各保护的的保护范围。

3、按图 5、图 6 进行接线，并根据上面的计算对各种继电器进行整定（对电流继电器要注意接线方式）。

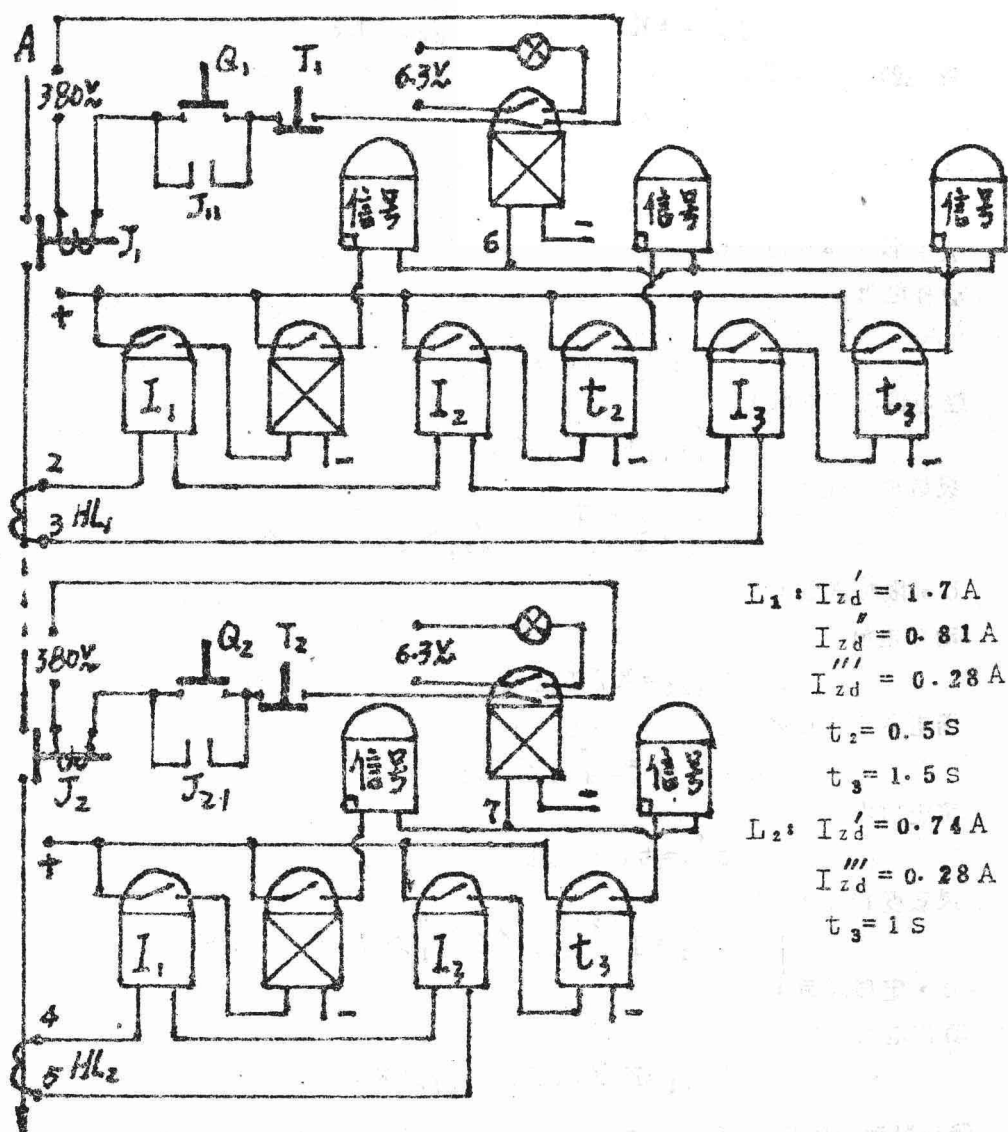


图 6 具有电流速断限时电流速断和过电流保护的单相原理接线图

4、经指导教师检查后，将实验线路投入运行，合上交流电源，然后升高调压器二次电压至86.5伏，合上直流电源，按下1Q A、2Q A，此时负载灯泡应全亮，表示线路正常。

5、合上直流电源，当模拟线路 L_1 上发生三相和二相短路时，观察保护的动作为。

当A变电所的瞬时速断和限时速断拒动时（人为退出），观察近后备保护的动作为。

6、当 L_1 发生短路时的动作行为。当B变电所的过流保护拒动时（人为退出），在 L_1 末端二相短路，观察A变电所过流保护的动作为（远后备保护）。

四、实验报告内容：

1、按给定参数，计算出保护的起动电流、动作时间、各点的短路电流，将计算结果与实测结果比较，并分析产生误差的原因。

2、校验灵敏度。

3、过流保护装置是如何获得选择性的，在起动电流的整定计算中为什么必须考虑继电器的返回系数？

4、简述各种短路情况下，保护装置的动作情况。

实验四 功率方向继电器特性实验

一、实验目的：

1、了解LG-11型功率方向继电器的结构及工作原理；

2、掌握移相器及单相相位表的使用方法；

3、掌握功率方向继电器的动作特性的试验方法。

二、实验原理与实验装置简介：

功率方向继电器是方向过流保护装置中的主要元件，它能正确地判断出短路功率的方向。当短路功率由母线流向线路时，加入继电器的电压和电流之间的角度 φ_j ，在任何可能的数值下继电器都能动作；而当短路功率由线路流向母线时，则继电器都不动作。

LG-11整流型功率方向继电器是根据绝对值比较原理构成的，它由电压形成回路、比较回路和执行元件三部分组成，如图7所示。在背面端子图中，5、6为电流引入端子，7、8为电压引入端子，9、10为加入极化继电器的电压，11、12为极化继电器JJ的接点。功率方向继电器内角 α 的调整可通过更换面板上插板Y的位置来实现。

三、实验内容及步骤：

功率方向继电器特性实验接线可采用图8所示线路。

（一）按所拟的实验接线图接好线路，注意接入移相器的三相电源的相序要符合

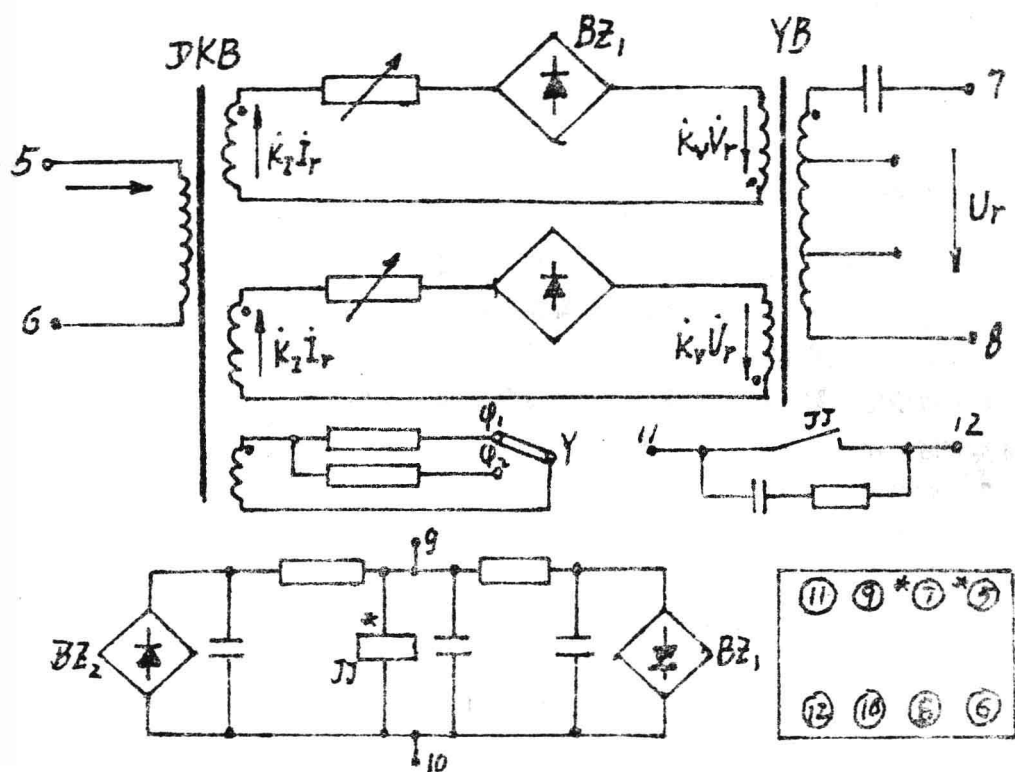


图7 LG-11整流型功率方向继电器原理图

要求，移相器极性置“1”，粗调置“1”，细调左旋（逆时针方向）至底。相位表功率方向继电器的电流线圈和电压相圈的同名端的接法要符合要求。

输出电压升至50V，电流升至1A，继电器应动作，如极性接反，则继电器不动作，此时应改换接线端子，使极性正确。

若继电器动作，相位表应指示为零度左右（因电流回路存在电感，所以应有一定正角度）。相位表这时象限开关置于“负载端电感”。否则应检查相位表的接线端子，使极性正确。

（二）最大灵敏角及动作范围测定

将灵敏度角整定片放在 -45° 位置，合上电源，调整电压回路的电压至100伏，调整电流回路的电流至5A，且保持不变，然后改变电流与电压间的相位角（ $0^\circ \sim 360^\circ$ ），读出使继电器动作的边界角度 φ_1 （电压超前电流的角度）和 φ_2 （电流超前电压的角度），则继电器的最大灵敏角为：

$$\varphi_{1m} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

φ_{1m} 的计算值与制造厂规定相差不超过 $\pm 10^\circ$ 为合格。

(三) 心得体会及建议。

实验五 BCH-2型差动继电器特别实验

一、实验目的：

- 1、了解BCH-2型差动继电器的结构；
- 2、掌握测定起动电流的方法；
- 3、测定伏安特性，从而了解速饱和变流器的速饱和能力；
- 4、测定直流助磁特性，从而了解继电器躲过非周期分量电流的能力。

二、实验内容及方法

1、观察BCH-2差动继电器的实际结构、差动线圈、平衡线圈改变匝数的方法。在实际差动保护中的联接关系，继电器的内部接线。变压器差动保护的接线图如下图所示。

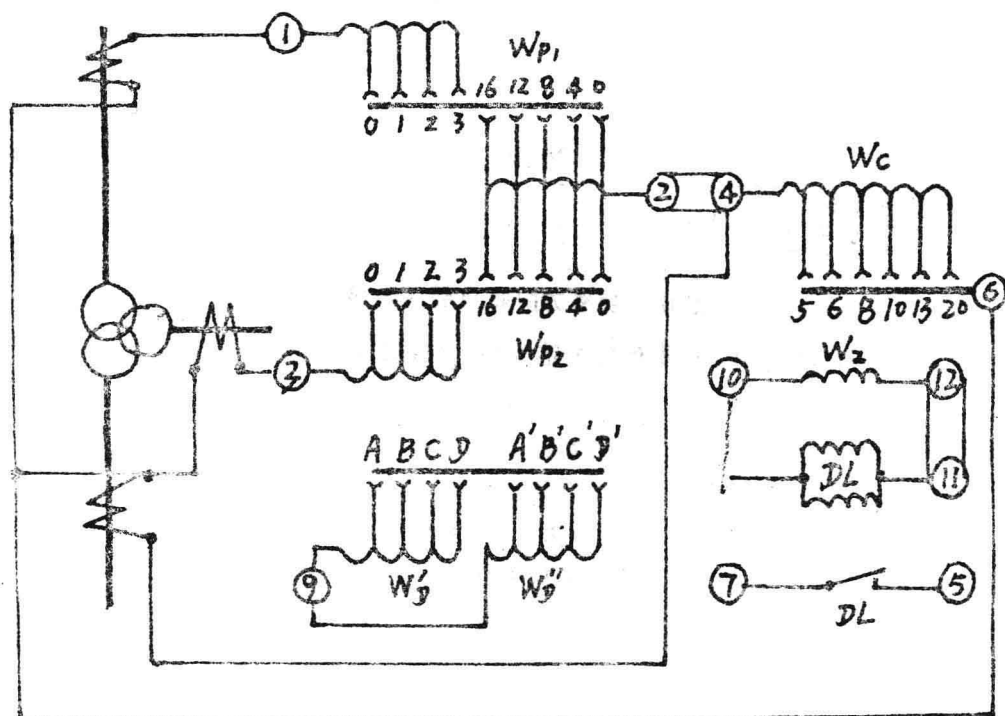


图9 BCH-2内部接线及差动保护接线图

从上图可以看出，除二次线圈外，饱和变流器的各线圈都有一定数量的抽头，可以利用螺丝插头改变匝数，在被保护变压器各侧二次电流不等时，可利用平衡线圈使饱和变流器磁力达到平衡，平衡线圈 W_{p1} 、 W_{p2} 皆分为两段，即(0、1、2、3)和(0、

4、8、12、16)使用时应在每一段上插入一个螺丝插头,否则将引起线圈开路或短路,一般情况 W_0 、 W_d 应采用相同标号插头,例如“A-A'”,“B-B'”等,这样使继电器的动作安匝基本不变。

2、起动电流及动作安匝测定

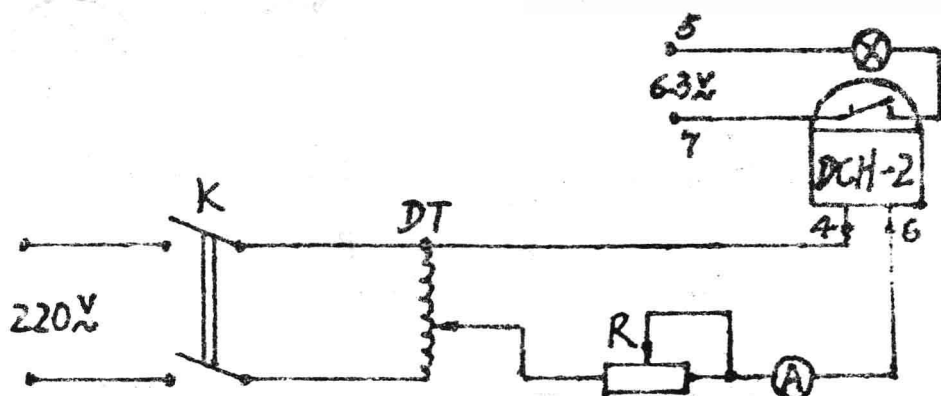


图 10

按图10接好线,工作线圈 W_c 插头插在“20”匝位置,短路线圈插在A-A',调节电流使继电器刚好能动作,指示灯亮为止,此时电流表读数即为起动电流 I_{qd} ,将 W_d 改插为B-B',C-C',D-D'得出相应的 I_{qd} ,计算动作安匝,并作比较。又取 $W_c = 13$,重复上述步骤,并作好记录。

短路线阻 W_0 (匝)	A-A'		B-B'		C-C'		D-D'	
工作线阻 W_c (匝)	20	13	20	13	20	13	20	13
动作电流 I_{qd} (安)								
安匝数 (安匝)								

3、伏安特性的测量:

实验接线同图10所示,将继电器的⑪、⑫连片断开,并在⑪、⑫端子上接入电子毫伏表, W_c 放在20匝位置, W_d 放在C-C'的位置。送上电源,试验电流逐步上升,不允许来回摆动,以免磁滞影响曲线的平滑。调节调压器,在工作线圈 W_c 上依次加入不同电流,读取电流表及 W_c 上电压表的读数,可每隔1A读一次(注意设备的允许电流,不得超过)共作数点,最后根据实验记录找出伏安特性曲线。(横坐标以安匝表示)。

电流(A)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
电压(mV)										

4、直流助磁特性

用直流电流模拟非周期分量,观察其对继电器动作的影响,工作线圈插入“20”