

晶体管继电保护参考资料



湖南省水利电力局调度试验所

1975年5月

前 言

本资料对于电流电压保护用的晶体管继电器原理做了一般的介绍，对于变压器差动保护着重讨论了变压器的励磁涌流性能及BCD—3型差动继电器，至于其他型号的差动继电器就其不同之处及某些特殊性能简单地提一下，供学习班之参考。

由于水平所限，书中难免有所疏忽，希望同志们批评指正。

目 录

第一部分 电流电压保护用晶体管继电器

一、晶体管电流、电压继电器	(1)
I. BL—1 型单相时限电流继电器	(1)
II. BL—15 型两相过流继电器	(9)
III. BL—18 型三相电流继电器	(16)
IV. BFL—1 型负序电流继电器	(22)
V. BY— $\frac{1}{2}$ 型电压继电器	(30)
VI. BY—3 型低电压继电器	(36)
VII. BY—8 型单相过电压继电器	(39)
VIII. BBH—1 型零序保护继电器	(44)
二、晶体管功率继电器	(51)
I. BG— $\frac{4}{5}$ 型功率继电器	(51)
II. BFG—10 型负序功率继电器	(57)

第二部分 晶体管差动保护

一、差动保护所应用的基本原理	(63)
二、变压器励磁涌流的分析	(65)
I. 励磁涌流的概述	(65)
II. 单相变压器合闸励磁涌流的分析	(67)
III. 三相变压器合闸励磁涌流的分析	(78)
IV. 励磁涌流的衰减	(91)

V. 励磁涌流中的谐波.....	(94)
三、利用励磁涌流波形产生间断角原理组成的	
差动继电器.....	(99)
I. 概 述.....	(99)
II. BCD—3 型差动继电器.....	(101)
(一)继电器的构成及方框图.....	(101)
(二)各环节的原理及作用.....	(103)
(三)动作情况及有关情况的说明.....	(108)
(四)其 他.....	(118)
(五)有关试验方法的介绍.....	(120)
(六)保护装置的整定计算.....	(124)
(七)运行情况.....	(125)
III. 其他类似于BCD—3 型原理的	
差动继电器之特点及技术性能.....	(127)
(一)BCD—2、4 型(阿城继电器厂).....	(127)
(二)BCD—1 型(阿城继电器厂).....	(130)
(三)JCD—4 型(南京水电仪表厂).....	(132)
(四)JCD—21型(南京水电仪表厂).....	(140)
(五)JCD—11型(南京水电仪表厂).....	(143)
(六)BCD—5 型(上海继电器厂).....	(147)
(七)BCD—6 型(上海继电器厂).....	(149)
(八)BCD—21型(许昌继电器厂).....	(151)
四、利用谐波制动原理组成的差动继电器.....	(154)
I. 概 述.....	(154)
II. 北京电力器材二厂试制的方案之一.....	(154)
III. BCD—23型(许昌继电器厂).....	(162)

第一部分

电流电压保护用晶体管继电器

一、晶体管电流电压继电器

I. BL—1 型单相时限电流继电器

BL—1 型单相时限电流继电器用于元件或线路的保护中，做短路或过负荷保护，并能得到可调的延时。

(一)继电器的组成：

BL—1 型电流继电器由电流测量回路、延时回路及执行机构三部分组成，其方框图见图 1—1。

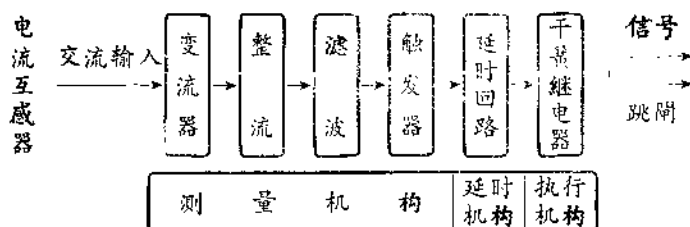


图 1—1 BL—1 型继电器方框图

测量机构包括电流变换器、桥式整流器、电容滤波器及触发器等部分，延时回路为充电式时间回路，执行机构为干簧继电器。

(二)工作原理：

图 1—2 为 BL—1 型电流继电器的原理接线图。图中端

子①②加48伏直流电压作为继电器的电源(若直流电压不是48伏可以改变 R_{15} 、 R_{16} 的数值,使其适应),端子⑤⑥为交流输入端,端子③④为干簧继电器的常开接点。

1. 电压形成及整流滤波回路:

电压形成回路采用电流变换器LH。LH二次侧接负载电阻 R_1 、 R_2 ,电阻 R_1 也是定值整定电阻,整流回路是 $D_1 \sim D_4$ 组成的整流桥,滤波回路由电容器 C_1 组成,从电阻 R_1 、 R_2 上取得电压经整流桥整流及滤波器 C_1 滤波后,输入到启动回路,该信号电压的大小正比于电流互感器一次侧电流。

2. 启动回路:

启动回路是由三极管 BG_1 、 BG_2 组成的单稳态触发器。

当触发器没有信号输入时,由直流电源正极,经 R_{15} 、 D_{15} 、 D_8 、 BG_1 的发射极——基极、 R_5 至电源负极形成通路,供给 BG_1 基极电流,保证 BC_1 可靠导通,当 BG_1 饱和导通时,由于采用了硅二极管 D_{14} ,使得 BG_2 的发射极电位低于基极电位,故 BG_2 截止。

当输入信号大于一定数值时,使 BG_1 的基极电位高于发射极电位,于是 BG_1 截止 BG_2 导通,触发器翻转。 BG_2 导通后, BG_1 基极电位除了由变流器输入控制信号外,还受直流回路(从电源正极,经 D_{15} 、 D_{14} 、 BG_2 发射极——集电极、 R_4 、 R_5 到电源负极)电流的影响,使 BG_1 基极电位更提高一些,于是 BG_1 更可靠截止,这就是触发器中正反馈作用的结果,电阻 R_4 亦称为正反馈电阻。

能使触发器翻转的变流器最小输入电流称为继电器的启动电流 I_{qd} ,启动电流 I_{qd} 可用电位器 R_1 调整,当触发器已经翻转,逐渐减少输入电流达到另一数值时,触发器再度翻转至原来状态;能使触发器再度翻转至原来状态的最大电流称为继电

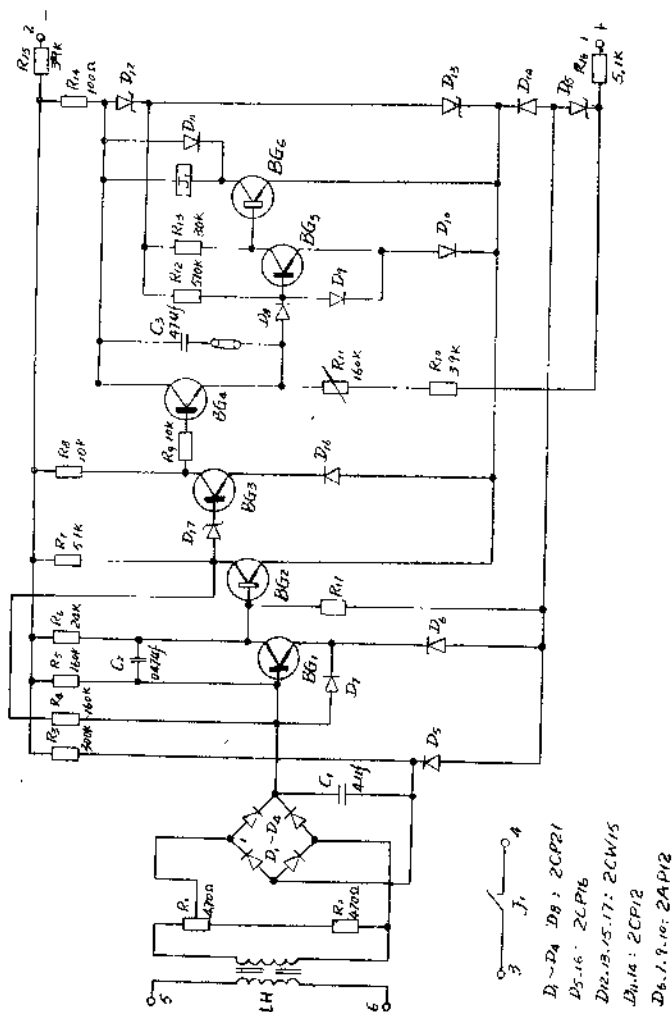


图1-2 BL-1型电流继电器分接线路

器的返回电流 I_{fh} ，返回电流与启动电流之比称为返回系数 K_{fh} 。

显然，继电器的返回系数大小与电阻 R_4 有关， R_4 越大，返回系数越大。本继电器的返回系数不小于0.85。为了防止接点抖动，在运行中返回系数不能太高，一般约为0.85~0.9。

触发器翻转后的输出信号，经“否”元件 BG_3 放大后，送至延时回路。

3. 延时回路：

该继电器延时回路采用阻容充电式电路，电容器 C_3 的充放状态决定于 BG_4 的截止或导通，当无信号或输入信号很小时， BG_4 导通，电容 C_3 被短路， D_3 截止。由于直流回路由正极经 R_{16} 、 D_{15} 、 D_{14} 、 D_{10} 、 BG_5 发射极—基极、 R_{12} 、 D_{13} 、 R_{14} 、 R_{15} 至电源负极供给 BG_5 基极电流，使其饱和导通， BG_3 截止。当输入信号大于整定值时，触发器翻转， BG_3 截止，给 BG_4 以负信号， BG_4 截止，电容 C_3 经 R_{16} 、 R_{10} 、 R_{11} 、 R_{14} 、 R_{15} 充电，于是 C_3 正极板电位逐渐上升，当达到一定数值 U_c 时， D_3 突然导通，使 BG_5 基极电位突然增高，于是 BG_3 截止， BG_5 导通， J_1 动作。

电容 C_3 在充电过程中，其电压值从起始值 U_0 上升到 U_c 所经历的时间，即为继电器的延时。

$$t = RC \ln \frac{U - U_0}{U - U_c} \text{ 秒}$$

式中

U ——电源电压(伏)；

U_0 ——电容器起始电压值(伏)；

U_c ——电容器充电电压值(伏)；

R ——充电电阻值，此为 R_{16} 、 R_{10} 、 R_{11} 、 R_{14} 、 R_{15} 之总和(欧)；

C——电容器C₃数值(法)；

由上式可见，当电压 U 、 U_b 、 U_c 之值确定后，延时时间 t 的大小与电阻、电容之值成正比，一般电容是固定的，改变电阻阻值的大小即改变了延时的长短，该继电器是借调整电位器 R_{11} 的大小来获得不同的延时的。

4. 执行元件：

该继电器采用干簧继电器 J_1 作为执行元件。 J_1 的励磁绕组与三极管 BG_6 的集电极串联，当 BG_6 截止时， J_1 绕组没有电流，其接点是断开的，当 BG_6 导通时， J_1 绕组内有电流流过，磁心被磁化，使其接点闭合，发出跳闸脉冲并动作发信号。

(三) 动作过程：

系统正常运行情况下，变流器LH一次侧与二次侧电流都很小，整流桥的输出信号也很小， BG_1 导通， BG_2 截止， BG_3 导通， BG_4 导通，电容 C_3 被短路， D_5 截止， BG_5 导通， BG_6 截止， J_1 无电流流过，接点是打开的。

当系统出现短路故障或过负荷时，变流器LH二次侧就有较大电流输出，整流桥的输出信号足以使触发器翻转， BG_2 由截止变导通， BG_3 截止， BG_4 截止， C_3 开始充电，经过预定的延时 t ， D_5 突然导通， BG_5 立即由导通变为截止， BG_6 导通， J_1 有电流通过而被励磁，接点闭合，接通信号或跳闸回路。只有故障切除或电流减小到低于返回电流 I_{fn} 值时，整个继电器回到原来状态， J_1 接点断开。

(四) 其他元件的作用：

D_7 、 D_8 起温度补偿作用，且分别对三极管 BG_1 和 BG_5 起保护作用。

D_9 、 D_{10} 、 D_{11} 分别接于三极管 BG_1 、 BG_5 、 BG_6 的发射极，用以降低发射极的电位，保证它们可靠截止。

D_{11} 与干簧继电器 J_1 的励磁绕组相并联，当继电器突然断电绕组将产生一很高的反电势，作用到 BG_6 的发射极与集电极之间，由于 D_{11} 并联于 J_1 励磁绕组二端，从而可将此反向电势短路，保护了三极管 BG_6 。

稳压管 D_{17} 主要用作三极管 BG_2 及 BG_3 之耦合电阻，由于稳压管是一个非线性电阻，利用其伏安特性可以严格地控制 BG_3 的导通与截止，从而可以提高整个继电器动作的准确性。

C_2 为抗干扰电容其作用是使触发器不致受到干扰信号而造成误翻转。

R_{10} 的作用是当 BG_4 截止时给 BG_5 一负电位，使其可靠截止。

(五) 调试的方法：

1. 动作电流的调试：

按图1—3接好线后，断开面板上时间电容器的连接片（见图1—2），然后将电流整定用的电位器 R_1 置于最大和最小位置，

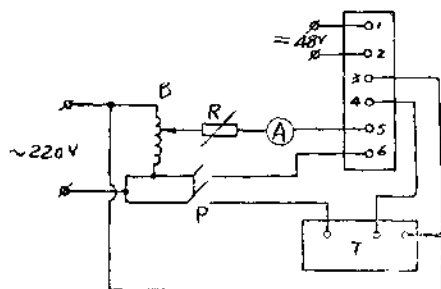


图1—3 调试接线图

B—调压器 R—滑动电阻 丁—电动秒表

调节调压器或滑动电阻，看继电器的动作电流范围是否符合技术要求，再整定好电位器 R_1 ，使得继电器的动作电流符合该

保护装置的要求。

2. 延时时限的调试:

将连接片接好, 加1.2倍的动作电流, 将电位器 R_{11} 分别置于最小和最大位置, 看继电器的延时范围是否符合技术要求, 然后整定电位器 R_{11} , 使得继电器的延时时间符合所需整定时间。

(六) 技术数据及要求:

1. 额定交流电流 5 安, 50 周;

2. 直流电源电压:

220 伏 允许变化范围为 70~110%,

48 伏 允许变化范围为 $\pm 10\%$;

3. 动作电流整定范围为 0.3~2 安、1~6 安、1~10 安三种;

4. 返回系数不小于 0.85;

5. 延时整定范围为 1~9 秒, 且时间变差不大于 0.25 秒;

6. 环境温度在 $-20^{\circ}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 范围内变化时, 与常温时 (20°C) 的数值比较:

动作电流值误差 不大于 10%,

时间误差 不大于 $\pm 15\%$;

7. 功率损耗:

直流: 220 伏时 不大于 6 瓦,

48 伏时 不大于 1.4 瓦;

交流: 不大于 1.5 伏安;

8. 在具有感性负荷的直流回路内, 其时间常数不大于 5×10^{-3} 秒, 电压不高于 220 伏, 电流不大于 0.2 A 时, 继电器接点的断开能力不小于 10 瓦;

9. 继电器所有导电部分对外壳应耐受交流 50 周、电压 1000 伏、历时 1 分钟试验而无击穿或闪络现象。

10. 铭牌刻度只是等分刻度，不做实际整定值用。

(七)改进措施:

该型继电器在调试中发现下列问题:

1. 在直流电源突变情况下会误动(延时压板解除情况下);
2. 在高温试验时,发现温度超过40℃时继电器会拒动或误动;
3. 在动作值附近接点有抖动现象。

根据上述情况,对继电器存在问题作了如下改进:

1. 将入口稳压回路抗干扰电容C,由原50伏50微法改为50伏30微法,在直流电源突变情况下继电器就不再误动。

2. 将交流回路中的滤波电容C由原来4微法改为8微法以改善滤波效果或在BG₅的集电极与基极间加0.2微法抗干扰电容,消除了继电器接点抖动现象。

3. BG₅应选择漏电流比较小的管子,或增加BG₅的负偏压(如图1—4所示)都可以消除在高温情况下继电器的拒动。

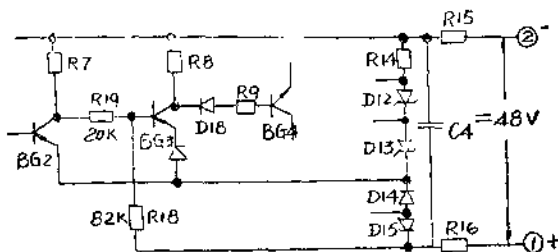


图1—4 BL—1型继电器改进部分接线图

说明: ①将原来的二极管D₁₅改为电阻R₁₅,

②新增加了R₁₈、D₁₄两个元件

4. 用漏电流小的3AX4J代替3AG14, 这样BG₅(原为3AG14), 在高温下就可以可靠导通。

II. BL—15型两相过流继电器

BL—15型两相过流继电器（以下简称继电器）作为过流或过负荷保护的動作及延时元件；并可与BY—10型低电压继电器通过电位配合构成电压闭锁过流保护。继电器带有信号显示及输出。该继电器为许昌继电器厂产品。

（一）保护的构成：

本保护为盘面嵌入安装方式，采用半导体印刷电路抽屉插入式结构。

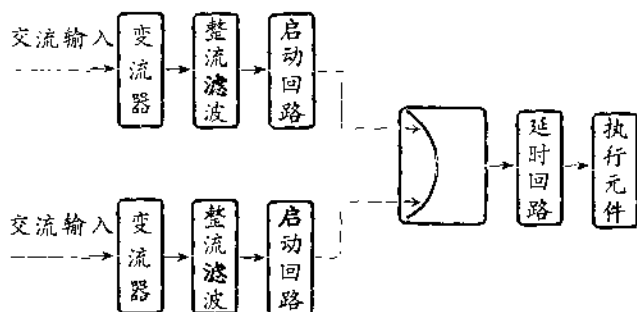


图2—1 BL—15电流继电器方框图

从保护方框图(图2—1)可以看出，继电器主要是由两个变流器、两个整流滤波回路、两个启动回路和一个延时回路、一个执行元件组成。变流器、电阻、电容、半导体元件及灵敏继电器等元件装在一个可插拔的插件内，以便灵活组装。

（二）工作原理：

保护的原理接线见图2—2。图中端子 B_0 、 B_{14} 为继电器直流电源端子，改变电阻 R_{20} 、 R_{21} 数值，可以使继电器在220V、

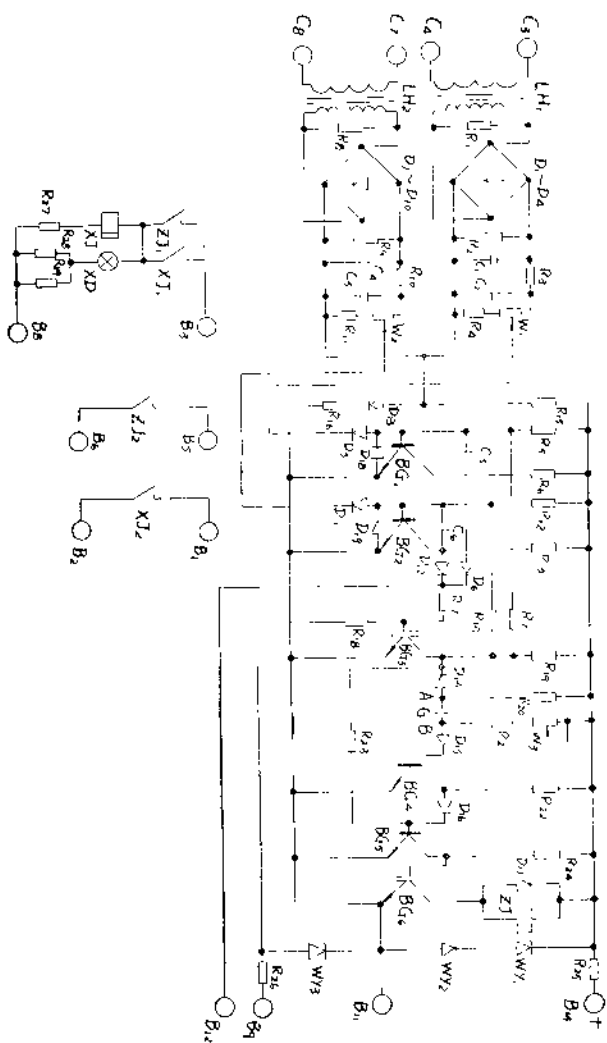


图2-2 BL-15型两相过流保护原理接线图

110V、48V直流电源下工作。端子B₃、B₈为直流信号电源输入端；端子C₃、C₄和C₇、C₈为交流输入端；端子B₅、B₆为执行元件ZJ之常开接点引出端；端子B₁、B₂为出口信号继电器XJ常开接点引出端。为与BY—10型低电压继电器构成低压闭锁过电流保护，设有端子B₁₁、B₁₂以便将电压闭锁信号引入。

BL—15型继电器中的电流变换器LH₁、LH₂可分别接在电力系统中任意两相（如A、C相）的C、T二次回路中，当被保护对象故障产生过电流时，保护装置中只要有一个启动回路翻转，都可以经一定延时动作于执行元件而发出跳闸脉冲。

1. 电压形成及整流滤波回路：

电压形成回路由电流变换器组成，其二次侧接有负载电阻；整流回路为二极管组成的单相整流桥，滤波回路是由电容电阻组成的 π 型滤波器，滤波效果较佳。

2. 启动回路：

两个启动回路是由三极管BG₁、BG₂、BG₃及二极管D₆、D₁₂组成的两个“或”门单稳态触发器，当LH₁、LH₂二次侧获得大于比较电压信号时，BG₁或BG₂由导通变为截止，经二极管D₆、D₁₂构成的“或”门使BG₃很快由截止变为导通，发一个“0”态信号至延时回路。

3. 延时回路：

保护的延时回路是放电式的。延时时间 t 由下式决定：

$$t = RC \ln 2$$

$$\text{式中： } R \approx R_{c1} + W_3$$

$$C = C_7$$

4. 执行元件及信号回路：

执行元件为灵敏继电器ZJ，它带有两个常开接点，当ZJ励磁后，常开接点ZJ₁启动信号继电器XJ，同时点亮信号灯XD，

另一对常开接点 ZJ_2 (带延时) 供外接线路用。信号继电器也有两个常开接点, 一对常开接点 XJ_1 用作信号继电器 XJ 及信号灯的自保持, 另一对常开接点 XJ_2 (带保持) 输出, 供外接线路用。

(三) 动作过程:

系统正常运行情况下, 流经变流器 LH_1 、 LH_2 的电流小于保护的整定值, 三极管 BG_1 、 BG_2 导通, 集电极是零电位 (略去三极管导通压降 $0.1 \sim 0.2$ 伏); 通过“或”回路 D_8 、 D_{12} 及分压电阻 R_{17} 、 R_{18} , 给 BG_3 的基极以负电位, BG_3 截止; 二极管 D_{14} 截止, BG_4 通过 W_3 、 R_{21} 、 D_{15} 获得基流而导通, 电容 C_7 处于充电状态, 其A端为正电位, B端为负电位; 虽然 BG_4 导通, 使 D_{16} 截止, 但 BG_5 仍能通过 R_{19} 、 R_{23} 获得基流, 所以 BG_5 也处于导通状态, BG_6 基极呈低电位, 因而截止, 出口继电器 ZJ 不动作, 无动作信号输出。

当被保护对象出现故障产生过电流时, 电流经变流器、整流滤波器和整定电位器, 给三极管 BG_1 或 BG_2 的基极一负电位, 使其截止, 二极管 D_8 或 D_{12} 导通, 给 BG_3 以基流, BG_3 导通, 同时二极管 D_{14} 导通, 电容器 C_7 的A端强迫至“0”电位; 由于电容两端电位不能跃变, 因此使 C_7 的B端电位强迫为相应的负值, D_{16} 截止, BG_4 截止; 由于 BG_5 通过 R_{22} 、 D_{16} 仍能得到基流, 故仍保持导通, BG_6 也仍然截止。当电容 C_7 通过 W_3 、 R_{21} 、 D_{14} 、 BG_3 放电, 到 C_7 负端电位高于 BG_4 基极电位一定值后, D_{16} 导通, BG_4 恢复导通。由于此时 BG_3 、 BG_4 都导通, 使 BG_5 截止, BG_6 导通, 出口继电器 ZJ 动作, 发出跳闸脉冲。

(四) 各主要元件的作用:

R_{18} 、 R_{19} 、 D_{13} ——用来构成电压比较回路; 给单稳触发器一个参考电位以降低温度变化的影响及提高抗干扰能力。

D_{18} 、 D_{19} ——分别保护三极管 BG_1 、 BG_2 , 用以防止发

