

# BL—20系列半导体反时限过电流继电器

## 一、反时限过电流继电器的特点

1. 反时限过电流继电器的时限特性不是一个恒定值，而是一条曲线，它与过电流倍数的平方成反比，如图1所示。由图中可以看出，电流倍数越大，时限越短，过电流倍数越小，时限越长。这种反时限特性最适合用以保护高压电动机。电动机起动时，一开始起动电流很大，随后就下降，时间越长，起动电流就越小。从电动机发热角度来看，电动机允许通过电流时间与允许通过电流倍数的平方成反比。通过电流倍数越大，允许通过的时间越短，如图2所示。

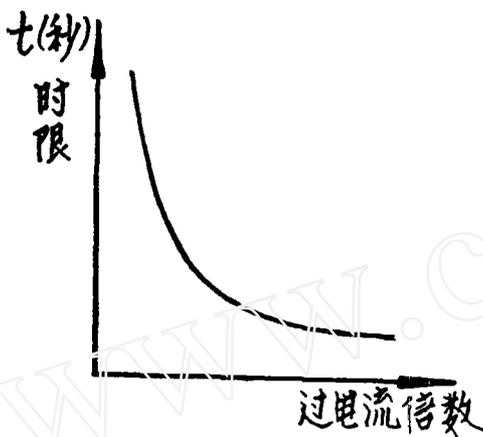


图1 反时限特性曲线

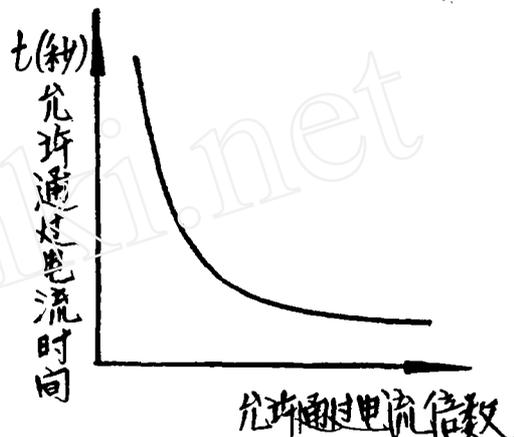


图2 电动机允许过载特性曲线

图1的反时限特性曲线与图2的电动机允许过载特性曲线应配合起来，继电器的反时限特性曲线应在电动机允许过载特性曲线下面，不允许交叉，也就是说继电器要躲开电动机起动电流，保证电动机正常起动；又要保护电动机不致过热。

2. 过去所有的反时限过电流继电器大多数是感应圆盘式，由齿轮传动机构完成反时限特性，机械另件加工难度较大。

3. 感应型反时限过流继电器是一个完整的保护装置，它本身能完成中间继电器和信号继电器的任务，因其接点容量较大，可代替中间继电器直接去接通跳闸回路，继电器动作后有信号掉牌。

## 二、半导体反时限过电流继电器的特点

由于感应型反时限过流继电器制造难度大，工艺流程长，我们从去年开始探讨了用半导体来实现反时限过电流继电器，它也必须与感应型相同是一个完整的装置，出口应能直接去

跳闸。半导体触发器能带动的微型中间继电器接点容量都较小。接点容量较大的中间继电器，触发器又不能带动。故我们选用了可控硅 SCR 作为继电器的出口。我们考虑反时限过流继电器出口采用可控硅是具备充分必要条件的。首先是难于选中较为合适的出口中间继电器，这是前提。另外反时限过流继电器多用于 10 千伏以下的网路，因电压低，网路简单，干扰相对较小。反时限过流继电器多用于工矿 10 千伏以下的网路，特别是冶金部门，运行环境较恶劣，有接点的中间继电器，接点易腐蚀，难于维护。我们国产可控硅质量在不断提高，价格也在逐步降低。综上所述，我们权衡了多方面的情况，选用了可控硅做为反时限过流继电器的出口元件，也可以说是由这种继电器将可控硅引进保护回路逐步积累经验。信号继电器采用小型干簧继电器。半导体无接点反时限过流继电器具备如下特点：

1. 机械加工简单，工艺流程短；
2. 线路简单，灵敏度高，调整范围大，消耗功率小，防震性能好，体积小，重量轻。

### 三、结构原理

BL—21<sub>22</sub> 与 GL—1<sub>12</sub> 相同，速断和延时部分共用一个出口去接通跳闸回路。

BL—23<sub>24</sub> 与 GL—1<sub>14</sub> 相同，速断和延时部分各有一个独立的出口，速断接通跳闸，延时给出信号。

继电器方框图如图 3 和图 4 所示。继电器原理图如图 5 和图 6 所示。

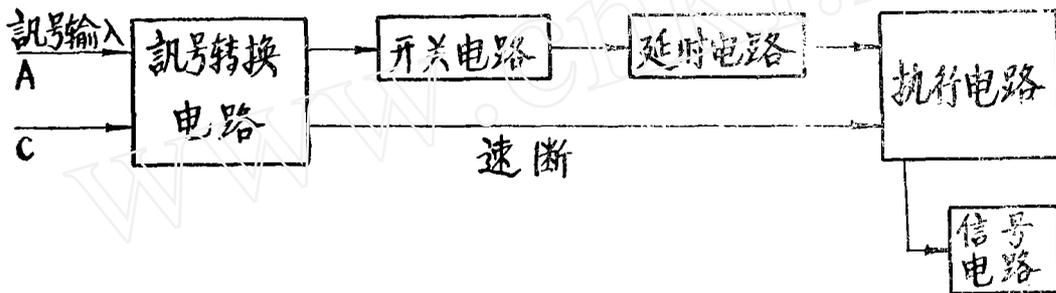


图 3 BL—22.21 方框图

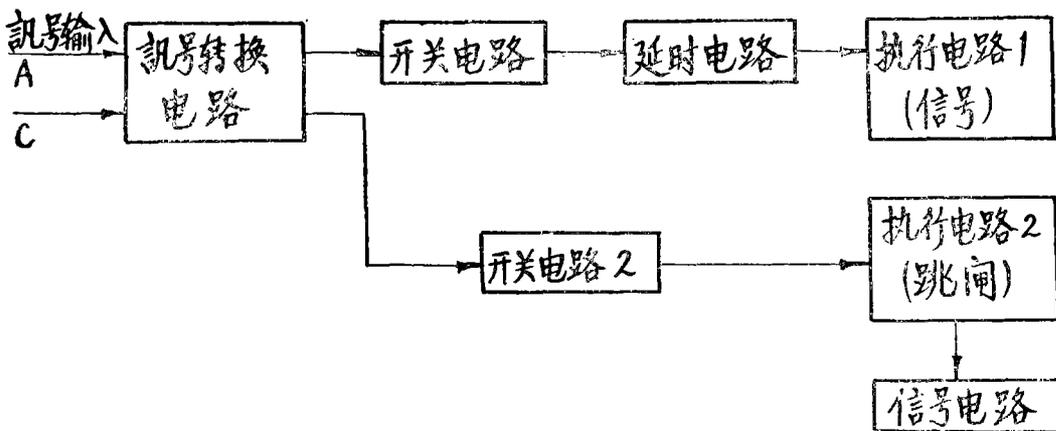


图 4 BL—23.24 方框图

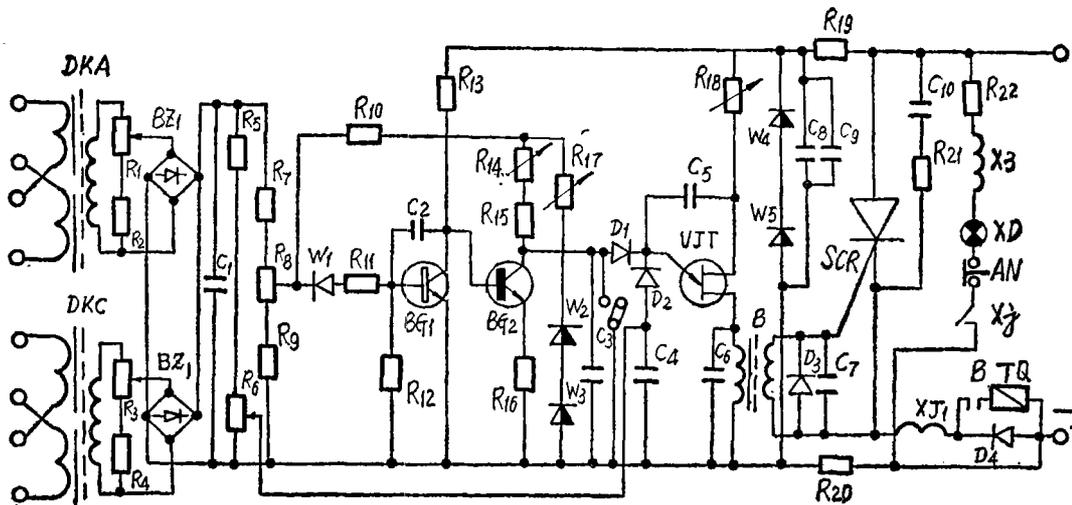


图5 BL-21反时限过电流继电器原理线路图

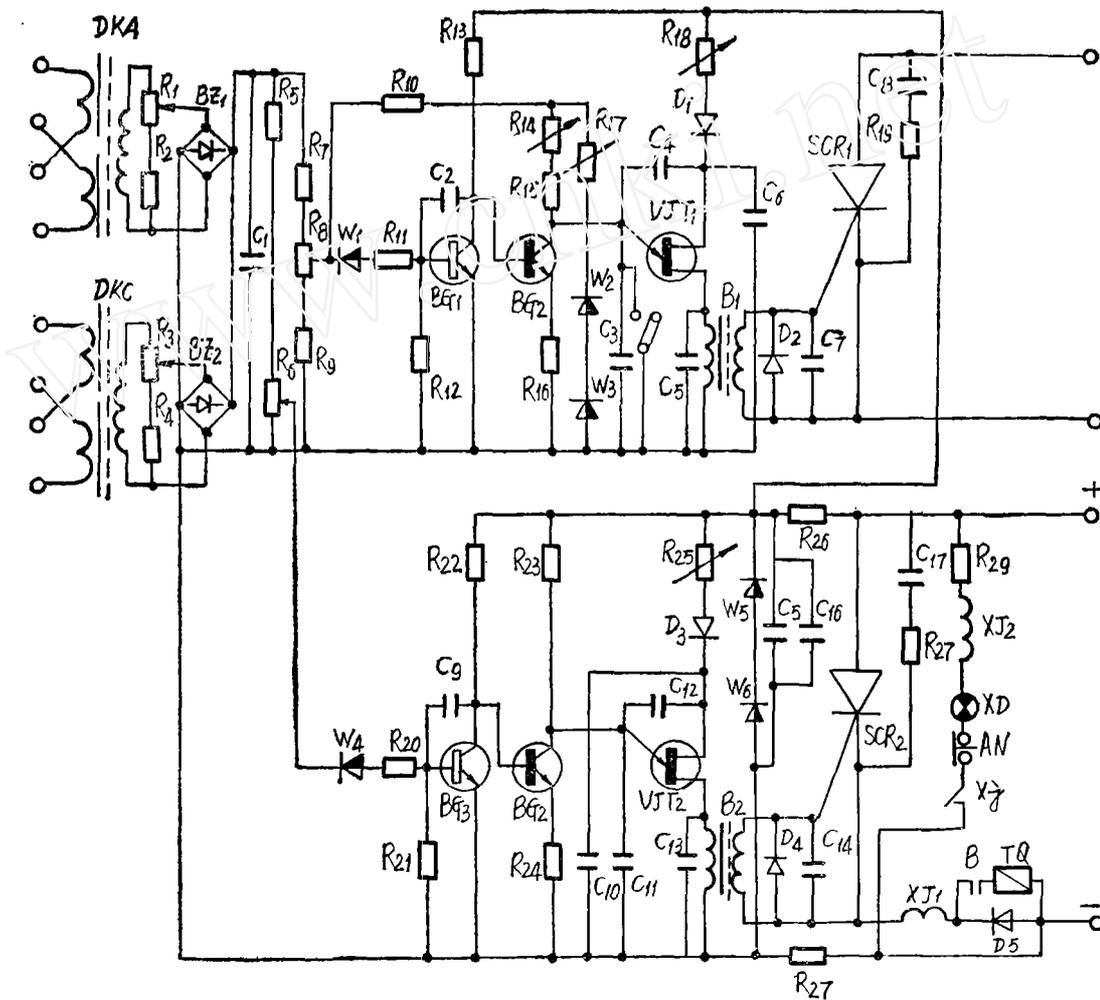


图6 BL-23反时限过电流继电器原理线路图

### 1. 讯号转换电路

此继电器为两相式，两个 III—9 铁心的电抗变压器分别接于 A.C 两相电流互感器二次侧，电抗变压器将交流电流讯号转换成交流电压经整流桥 BZ，电容 C<sub>1</sub> 整流滤波成直流电压讯号，再经电阻电位器分压后加于开关电路。两相整流桥 BZ<sub>1</sub>、BZ<sub>2</sub> 正负端相应联接在一起，使其两相互不影响。

### 2. 开关电路

由稳压管 W<sub>1</sub> 及三极管 BG<sub>1</sub>、BG<sub>2</sub> 组成，为一两级直流放大器，工作于开关电路状态。稳压管 W<sub>1</sub> 击穿电压作为“标准电压”，用来控制放大器的翻转。三极管 BG<sub>2</sub> 集电极电阻兼作延时电路电容器 C<sub>3</sub> 的充电电阻，直接由讯号电源供电，实现反时限的延时特性。电阻 R<sub>7</sub> 的作用是限制稳压管 W<sub>1</sub> 的电流，起保护稳压管的作用，同时也限制了三极管 BG<sub>1</sub> 的基极电流，R<sub>8</sub> 的作用是使 W<sub>1</sub> 工作在特性曲线合适的位置（即应使 W<sub>1</sub> 在无故障的情况下工作在特性曲线的接近饱和区），使 W<sub>1</sub> 接近雪崩特性。R<sub>6</sub> 为三极管 BG<sub>2</sub> 的温度补偿电阻。C<sub>2</sub> 为抗干扰电容。

### 3. 延时电路

延时电路采用阻容充电式，由单晶体管来控制，这种电路除完成延时特性外，还以弛张振荡器的方式构成可控硅的触发电路，从而使电路大大简化。由单晶体管组成的控制电路的特点是：简单、紧凑、功率增益大，能量损失小，温度补偿性能好，控制电压稳定等等。

电容器 C<sub>3</sub> 充电时，C<sub>3</sub> 上的电荷由讯号电压通过电阻 R<sub>14</sub>、R<sub>15</sub>，按指数函数积累：

$$U_c = U_{ch}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \dots\dots\dots (1)$$

当达到单晶体管峯点电压 U<sub>P</sub> 时，单晶体管 UJT 的 e、b<sub>1</sub> 间导通；电容器 C<sub>3</sub> 上的电压经 eb<sub>1</sub> 而向脉冲变压器 B 的初级绕组迅速放电，电容器 C<sub>3</sub> 充电到 U<sub>P</sub> 所需时间：

$$t = RC \ln \frac{U_{ch}}{U_{ch} - U_P} \dots\dots\dots (2)$$

式 (1) 和 (2) 中的 U<sub>ch</sub> 为对应于过电流倍数的讯号源电压。继电器的反时限特性即由式 (2) 关系所定。电位器 R<sub>17</sub>、稳压管 W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub> 是为改善反时限特性曲线的，因讯号转换电路中的电抗变压器是线性的。当过电流倍数增高到某值时，电压 U<sub>ch</sub> 也成正比地增加。稳压管 W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub> 击穿，将 U<sub>ch</sub> 稳定下来，使反时限达到理想特性，改变 R<sub>17</sub> 可以微调特性曲线的弯曲度。

电容 C<sub>3</sub> 上的电压放电后降到单晶体管 UJT 的谷点电压时，由 R<sub>14</sub>、R<sub>15</sub> 供给的电流小于谷点电流，就不能满足单晶体管导通要求了。于是 UJT 的 eb<sub>1</sub> 之间电阻迅速增大，单晶体管恢复阻断状态，此后电容器 C<sub>3</sub> 又重复上述过程，结果在电容器 C<sub>3</sub> 上形成锯齿波状电压，在脉冲变压器上形成脉冲电压，即所谓单晶体管弛张振荡器。振荡频率可由下式近似计算：

$$f = \frac{1}{RC \ln \frac{1}{1-\eta}} \dots\dots\dots (3)$$

式 (3) 中的 η 为单晶体管分压比，其值介于 0.47~0.75 之间。此频率不受电源电压的影响。R<sub>18</sub> 为单晶体管的温度补偿电阻。因单晶体管分压比 η 离散值较大，R<sub>18</sub> 采

用可调整的电位器, 用来微调, 使每台继电器峯点电压  $U_P$  近似相同。单结晶体管由稳压电源供电, 提高抗干扰能力。脉冲变压器将单结晶体管弛张振荡器的脉冲群转换成可控硅的控制电流, 触发可控硅。 $C_4, C_5, C_6, C_7$  均为抗干扰电容。可控硅抗干扰电容  $C_6$  的值越大, 触发脉冲宽度越大, 幅度越小。 $R_{21}, C_{10}$  是为在电压突变时对可控硅进行保护的。二极管  $D_4$  是为在开关操作过电压时保护可控硅的。

过电流动作值由电抗变压器串并联进行粗调, 电位器  $R_8$  进行细调。微调  $R_1, R_3$  使 A、B 两相整定电流相同。延时时间由电位器  $R_{14}$  整定。

#### 4. 速断部分

当故障电流达到速断整定电流值时, 电容器  $C_4$  立即充电至单结晶体管峯点电压  $U_P$ , 为延时部分相同。单结晶体管 UJT 的  $eb_1$  间导通, 电容器  $C_4$  上的电压经  $eb_1$  而向脉冲变压器初级绕组放电, 致使可控硅导通。因跳闸线圈时间常数较大, 为了使可控硅可靠触发, 就必须使可控硅触发脉冲有足够的宽度。所以  $C_4$  电容值不能太小, 同时也不能太大, 若太大速断部分也成了反时限特性了。 $C_4$  选择为 0.47 微法。二极管  $D_1, D_2$  是为了隔离速断和延时部分, 使此两部分相互不影响。速断整定值由电位器  $R_6$  整定。

#### 5. 信号部分

舌簧继电器用做信号继电器。它有两个线圈: 电流线圈和电压线圈。电压线圈为保持线圈。电流线圈串接在可控硅阴极回路中。故障时可控硅导通, 电流线圈励磁, 舌簧接点闭, 合接通指示灯给出跳闸信号, 并同时接通电压线圈, 保持信号, 直到按下复归按钮, 信号才能复归。

BL- $\frac{23}{24}$  的延时部分与 BL- $\frac{21}{22}$  相同, 只是速断部分不同。在 BL- $\frac{23}{24}$  中由开关电路控制单结晶体管弛张振荡器去触发可控硅接通跳闸回路并给出信号。

### 四、样机试运行情况

第一批研制的四台半导体无接点反时限过电流继电器样机经试验室试验合格后于去年年初送到武汉钢铁公司试运行。

在武钢的大力协助下将三台 BL-21 样机安装于环境较恶劣, 干扰较大, 操作较频繁的碎铁厂铁合金电炉变压器 (3600 KVA) 和无轨电车变电所硅整流变压器 (685 KVA) 以及破碎机高压马达上, 与原有的 GL 型串接, 投入跳闸。

现已运行达一年之久。二台装于变压器 10 千伏侧的继电器均正确动作十余次。一台装于电动机的继电器也正确动作一次。最近在铁合金电炉变压器检修停炉时测试一次保护动作值, 与投入时记录相比, 其值未发生多大变化。记录如下:

#### 1. 动作电流

原始记录

相别	参数		
	动作值	返回值	返回系数
A	4.9	4.85	0.99
C	5	4.9	0.98

一年后测试

相别	参数		
	动作值	返回值	返回系数
A	4.97	4.86	0.98
C	5.02	4.93	0.982

## 2. 延时特性

原始记录

相别 \ %	110	130	150	200	300
A	15.835	12.41	10.32	7.55	4.86
	15.93	12.38	10.39	7.53	4.86
	15.35	12.46	10.45	7.5	4.84
C	15.53	12.21	10.47	7.47	4.81
	15.58	12.19	10.4	7.56	4.75
	15.72	12.21	10.39	7.41	4.79

一年后测试

相别 \ %	110	130	150	200	300
A	15.76	12.36	10.26	7.62	4.88
	15.47	12.7	10.37	7.5	4.72
	15.9	12.51	10.38	7.5	4.7
C	15.51	12.19	10.6	7.46	4.78
	15.5	12.32	10.52	7.62	4.8
	15.64	12.4	10.47	7.64	4.74

## 3. 速断

原始记录：0.1 秒。一年后测试：0.11 秒。

## 五、小结

半导体无接点反时限过电流继电器经一年来运行证明特性还是较好的，能满足要求，调试不复杂。可控硅经测试挑选后使用起来，用户还是满意的，因为不用维护接点了。运行经验证明，线路图中的  $C_7$ （或  $C_{14}$ ）不能太小，需在 0.47 微法以上，但又需保证可控硅在任何条件下均能可靠触发，故又不能太大，约在 0.47~1 微法之间，否则抗干扰能力差。

存在的问题，由于采用可控硅作为出口元件，其价格较高，故目前 BL 型继电器的成本要比 GL 型的高。

此种继电器在样机的基础上加以改进结构后已开始小量供货。

许昌继电器研究室线路组