

4218

晶体管继电保护实例

晶体管继电保护技术普及训练班讲义



南京水利电力仪表厂“7.21”学校

043

177

目 录

实例一 JSGC-1 型二段过流保护及 自动重合闸装置

第一节	JSGC-1 型装置的基本情况和方框图	1
第二节	JSGC-1 型装置的测量元件	6
第三节	JSGC-1 型装置的起动元件	10
第四节	JSGC-1 型装置的时间元件	21
第五节	JSGC-1 型装置的执行元件和出口元件	23
第六节	JSGC-1 型装置的自动重合闸元件和 后记忆元件	32
第七节	JSGC-1 型装置的信号回路	36
第八节	JSGC-1 型装置的稳压电源	37
第九节	JSGC-1 型装置的调试	40
第十节	JSGC-1 型装置的运行维护及注意事项	50

实例二 母线差动保护

第一节	工作原理及方框图	53
第二节	测量回路和鉴相回路	56
第三节	脉冲展宽回路	59

实例一 JSGC—1 型二段过流保护及自动重合闸装置

第一节 JSGC—1 型装置的基本情况和方框图

一、JSGC—1 型装置的用途和主要技术参数

1. 用途:

本装置适用于小电流接地系统（66 千伏及以下）中，作为单侧电源供电线路相间短路故障保护及自动重合闸装置。并有后加速跳闸回路。保护装置有无时限（或带时限）速断和过电流保护两种。

2. 主要技术参数:

(1) 直流电源电压为 220V，其变化范围允许在 $110\%U_H$ 至 $80\%U_H$ （即 242V~176V）。

(2) 整定电流范围:

保护装置	整定电流(安)
速断	10A~50A
过流	3A~15A

(3) 整定时间:

装置	阶梯时间(秒)	细调时间范围(秒)
速断	0~2.0	
过流	1,2,3,4,5,6	>1.0
重合闸	0.5~2.0	

(4) 返回系数 $K_B > 0.9$

(5) 动作电流整定值, 在温度由 $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 变化时, 其动作电流误差 $\leq \pm 5\%$ 。

(6) 动作时间整定值, 在温度由 $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 变化时, 其动作时间误差 $\leq \pm 5\%$ 。

(7) 重合闸电容充电时间: 在 100% 额定电压时为 5~25 秒钟。

(8) 功率消耗: 直流 220 伏 100mA, 22W (正常运行)
交流功率 0.5VA (5 安培时)

(9) 绝缘电阻: $>100\text{M}\Omega$

(10) 绝缘强度: 导电部分对外壳, 交流 50 周耐压试验。
1000V/1 分钟, 无击穿闪络。

二、方框图

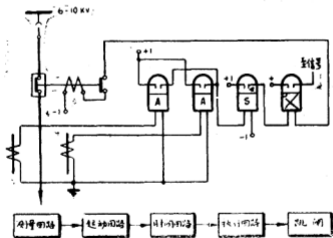


图 1 有触点过电流保护装置原理图

毛主席教导我们要：“按照实际情况决定工作方针”，所谓方框图即保护装置动作的顺序图，在有接点保护装置里的原理图，就是方框图，如图 1 所示。

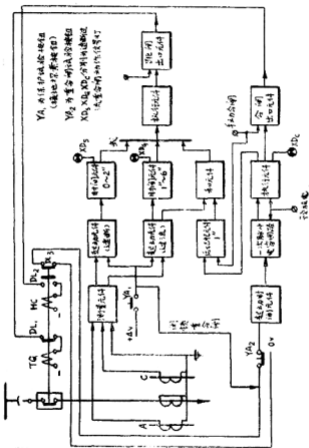


图 2 JSGC—1 型装置方框图

本装置的方框图是根据有接点保护中二段过流保护和重合闸装置的要求来决定的，如图 2 所示，各元件作用如下所述：

测量元件——把交流电流转变为直流电压。短路电流或正常负荷电流通过电流互感器，变为一个比较小的电流，即二次电流。测量元件就是二次交流电流再通过一个 KH 电抗互感器变成一个交流电压，又经整流、滤波，得到直流电压，加到负载电阻上去（即整定动作电流的电位器上），再由负载电阻上取分压，作为直流输出。如果输出电压大于比较电压，就能使起动元件动作。它有二个输出，分别作用于过流和速断的起动元件。

起动元件——在正常情况下，由于负荷电流小，故测量元件输出的直流电压小于比较电压（又称门槛电压），故起动元件不动作。在事故情况下，短路电流较大，测量元件输出直流电压较大，当大于比较电压时，起动元件就立即起动。它由一个单稳态触发器组成，具有继电器特性。

时间元件——是装置的延时元件。即起动元件动后，要经它一定延时再去跳闸。利用充电式延时线路。

执行元件——把时间元件的信号放大，作用于出口元件。

出口元件——利用单晶体管脉冲触发电路，使可控硅触发导通，进行跳合闸。

重合闸起动时间元件——藉油开关辅助接起动，由充电式延时线路来达到。

重合闸一次电容器元件——藉电容器两端电位差不能突变（可以渐变）的特性，产生一个短时间的（ $0.1''$ ）合闸脉冲，即一次合闸脉冲。

后记忆元件——由于重合闸装置的执行元件翻转时间很短，只有 $0.1''$ 给出一次合闸脉冲，后记忆的作用，就是把重合

闸执行元件翻转的时间进行适当的延长（约1秒），即它起到一个记忆作用。它动作标志着重合闸执行元件动作过（即重合闸装置动作过）并保持记忆1秒。1秒以后，后记忆元件又重新复归。如在1秒以内，线路上又出现故障电流（即永久性故障）。此时，过流保护起动元件立即动作，满足和元件动作条件，使开关后加速跳闸。

手动分合闸——采用弱电控制键或按钮，作用于出口元件。也可适当切换，改为强电控制。

保护试验按钮（ YA_1 ）——有二个作用。其一为，在运行情况下和调试时，检查管子翻转后的工作状态，该导通的导通得是否良好，该截止的截止是否良好，可控硅能否导通。其二为，当高压线发生单相接地时（非正常运行，但可以维持运行一段时间），按下按钮，使保护起动跳闸，同时闭锁重合闸。看清楚是不是本线路单相接地后，再复归此按钮，使重合闸装置起动，线路重新合闸送电。

重合闸试验按钮（ YA_2 ）——作用为，在正常运行和调试时，检查重合闸装置管子翻转后的工作状态。

三、设计原则

装置在设计时，除满足装置适用范围与主要技术数据外，吸取了有接点保护装置和自动重合闸装置有用的原则。

1. 动作电流整定范围按一般速断过流常用的整定范围考虑。

2. 重合闸装置的设计原则中还考虑到手动合闸时能起动后记忆元件，这样保证在手动合闸于故障线路上，实现后加速直接跳闸，缩短了跳闸时间。

重合闸的闭锁装置（如低周率跳闸闭锁重合闸）的接点并接在KY控制键预放电接点②①上来实现。

3. 为了防止高压电流互感器二次侧开路, 将 KH 电抗互感器的一次线圈不经过插头引入装置内, 以防插头接触不良, 经受不了故障时的二次短路电流, 而引起电流互感器开路。

4. 设计插件时, 应考虑到各插件独立运行, 如过流插件因检修需要退出运行, 而速断插件仍能独立运行。不至于使线路处在无保护装置的状态运行。

5. 装置动作后给出必要的信号, 并能自保持及人工复归。

6. 考虑到装置在正常运行维护检查和调试方便, 应引出必要的测试点, 如三极管集电极。

7. 各电气元件的选择, 应考虑到: 特性稳定, 价格便宜, 易采购。

8. 本装置没有考虑开关防跳问题, 运行时根据本系统的实际情况, 装防跳继电器等。

9. 考虑电源电压的波动 $\left(220\text{V} \begin{matrix} +10\% \\ -20\% \end{matrix} \right)$ 与环境温度的变化 $(+50^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C})$, 装置能正常工作。

第二节 JSGC-1 型装置的测量元件

在电磁式, 有接点保护中, 短路电流通过电流互感器, 取得较大的二次电流, 由它直接使电流继电器动作, 使至跳闸, 在半导体保护装置中, 起动元件是依靠直流脉冲信号而动作的, 故必须把交流电流变换成直流电压, 测量元件就是测量短路电流的大小, 它的任务是把一定大小的交流电流, 通过整流, 变换成按一定比例的直流电压, 输入起动元件, 与起动元件的标准电压进行比较。如果输出电压大于标准电压, 就能使起动元件动作, 反之, 起动元件就不动作。

一、测量元件接线图 如图 3

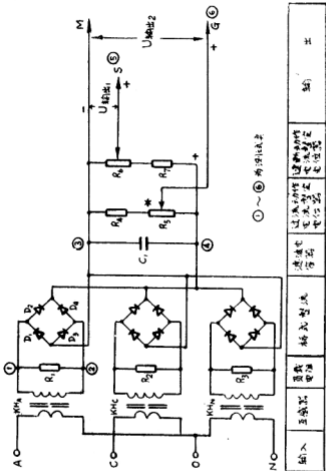


图 3 测量元件

输入	互感器	桥式整流	滤波电容	交流型定电位器	交流型定电位器	输出
----	-----	------	------	---------	---------	----

本装置采用二相三继电器接线方式。即 KH_A , KH_C , KH_N 分别接到电流互感器的 A 相, C 相和中线上, 如图 4 所示。也可以采用三相三继电器接线方式。

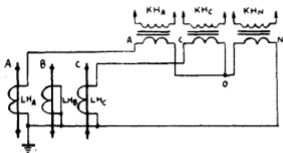


图 4 互感器的联接

二、各元件的作用

1. KH_A 、 KH_C 、 KH_N 辅助电抗互感器。是把通过的交流电流成比例的转换成二次电压, 它的铁芯是带气隙的 (1.5mm), 如图 5。本装置采用 III-9 铁芯:

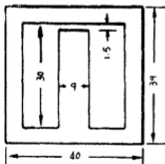


图 5 III-9 铁芯

原侧线圈: $\Phi 1.4\text{mm}$,

QQ 漆包线 6 匝。

副侧线卷: $\Phi 0.12\text{mm}$,

QQ 漆包线 4000 匝。

铁芯迭厚 20mm

对它的要求:

① 要求能成比例的反映出交流电流与交流电压的关系。

即在最大动作电流与最小动作电流时，其输出交流电压成线性关系，不应饱和，其 $U_2 = f(I)$ 曲线是一直线，见图 6。它是藉铁芯带气隙和 R_1, R_2, R_3 负载电阻来达到。

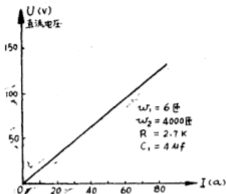


图 6

② 在最小动作电流时（即过流最小整定电流），保证有一定的直流输出电压，能等于或大于标准电压，足以推动起动元件动作。

③ 体积不能过大。原侧线卷连接可靠，不能开路。

④ 绝缘电阻：原侧线卷与副侧线圈，原副侧线圈与铁芯之间绝缘电阻大于 $100M\Omega$ 。

⑤ 耐压试验：交流 50 周，2000V/1 分钟，无击穿闪路现象。

2. 滤波电容器 C_1 作为滤波用，使经过整流后的直流电压平滑一些，要求波纹系数小于 5%。 C_1 对保护装置的动作时间与复归时间有关系， C_1 越大，对滤波越有好处，但对动作与复

归时间都不利，使时间增长，但本装置要求不高。

3. R_4 , R_5 和 R_6 , R_7 , 为直流负载电阻。 R_5 , R_6 分别为过流 (G) 与速断 (S) 输出电压调整电位器，即动作电流整定电位器。 R_5 、 R_6 的动触头愈向M点 (负极) 靠近，则整定电流就愈大。 R_5 、 R_6 电位器动作电流整定的面板刻度是非线性的。

4. 桥式整流二极管，要求正向电阻小，并对称一致，以提高效率。

第三节 JSGC-1型装置的起动元件

“你对于那个问题不能解决么？那末，你就去调查那个问题的现状和它的历史吧！你完完全全调查明白了，你对那个问题就有解决的办法了。”在有接点保护中，主要是依靠继电器的组合来达到预期的效果，继电器主要有二部分组成，其一是根据电气量 (电流、电压、功率) 大小而进行工作的线圈和磁路。其二就是机械部分的转动而使接点闭合或打开，来控制下一个继电器的动作。在半导体无接点保护中，使用的三极管、二极管等，相当于电磁继电器的接点或线圈。下面简单叙述一下，三极管的导通 (又称开放) 和截止 (又称关闭) 的条件，本装置都采用锗管，为此只谈锗管的导通和截止。

一、三极管的导通和截止

见图7。当开关K断开时，灯D不亮，灯里没有电流流过， $I = 0$ ，开关K二端的电压为电源的电压 $-E$ 。当开关K闭合 (导通) 时灯D就亮，就有电流 I 流过，其值为 $I = \frac{E}{R_D}$ ， R_D 是灯的电阻，这时开关K二端的电压 U 就等于零。这是一种理想的开关，不考虑开关有接触电阻等。

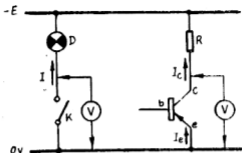


图 7

三极管截止，就相当于开关K断开的状态。

三极管截止时， $I_c \approx 0$ ， $I_e \approx 0$ ， $U_{ce} \approx -E$ 。

三极管导通时， $I_c \approx \frac{-E}{R}$ ， $I_e \approx \frac{I_c}{\alpha}$ ， $U_{ce} \approx 0$ 。

开关K闭合和断开，是藉人力或电磁力使之闭合或断开的，三极管的导通和截止是依据什么呢？当然不是用人力。下面简单研究一下三极管的导通和截止的条件：

三极管饱和导通条件和现象：

① $U_b < U_e$ 。即基极电位比发射极电位低，俗称加在基极与发射极的是正向偏压，这是导通的主要因素。

② 基极电流 I_b 要足够大，是微安级的数值。

$$I_b \geq \frac{-E}{R \cdot h_{FE}}$$

式中 h_{FE} 为三极管的直流放大倍数。

③ $U_{ce} \approx 0$ 。其实三极管导通后，发射极 e 与集电极 C 之间有内电阻，呈现出管压降，一般锗管的管压降 $U_{ce} = -0.1 \sim 0.5$ 伏，硅管 $U_{ce} = 0.3 \sim 0.8$ V（与流过的 I_e 电流大小有关）。

④ I_c 得到足够大, $I_c = \frac{-E}{R}$, 为 I_e 的 $0.9 \sim 0.99$ 左右,

I_c 可以达到毫安级电流值。

三极管截止条件和现象:

① $U_b > U_e$ 。即基极电位比发射极电位高, 俗称加在基极与发射极的是反向偏压, 这是截止的主要因素。

② 基极电流 I_b 很小。为基极集电极间反向饱和电流 I_{cbo} 。

③ $U_{ce} \approx -E$ 。

④ I_c 很小。 $I_c \approx I_{cbo}$, 只有几到几十微安。

请注意:

三极管的各极电流方向, 见图 8。

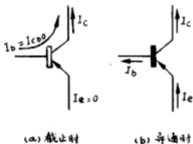


图 8 三极管电流

三极管各极电流之和为零。 $I_e + I_c + I_b = 0$

三极管各极间电压之和为零。

即:

$$U_{ec} + U_{cb} + U_{be} = 0$$

三极管饱和状态的极性如图 9 所示。

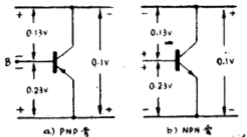


图9 三极管饱和状态的极性

三极管是处在导通与截止，主要决定于基极电位与发射极电位，看那一个电位较高。对于锗管如果 $U_b < U_e$ ，则三极管导通。如果改变 U_b 与 U_e 的关系，使 $U_b > U_e$ ，则此三极管就处在截止状态工作。如图10所示，本装置采用的电压等级为

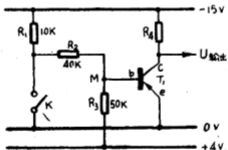


图10

0V，+4V，-15V三种。采用共发射极电路，发射极均接0V线上。给上电源（K断开）为什么三极管 T_1 会导通呢？那末我们只要研究一下b极的电位是比0V高，还是比0伏低，如

果b极的电位比0V低，则 T_1 导通，反之， T_1 就截止。

b极的电位就是M点的电位。M点的电位 U_M 在合上电源的那一个时刻（即三极管还没有导通的那一个时刻），是由这样一个系统来决定的： $-15V$ ， R_1 ， R_2 ， R_3 ， $+4V$ 。可以把M点的电位计算一下：先算 R_3 上的电压 U_{R_3} ：

$$U_{R_3} = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \times (15 + 4) = 9.5V$$

对0V电源来讲， U_M 应是 $4 - 9.5 = -5.5V$ ，也就是 U_b （即M点的电位）比 U_c （0V）低5.5V，所以三极管就立即导通，就出现了 I_c ， I_b ， I_e ，就使 $U_{输出} = 0V$ 。（其实管压降 U_{ce} 为 $-0.1 \sim -0.5$ 伏）。

毛主席教导我们说：“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”

在这里，三极管导通以后，M点的电位又要发生变化。这是因为由于 I_b 出现，M点的电位不仅仅由 $-15V$ ， R_1 ， R_2 ， R_3 ， $+4V$ 这个系统来决定。由于 T_1 管子饱和导通，发射极e与基极b之间的内阻很小。故M点电位受0V电源的影响极大，因此M点电位就要升高，也就是负得少一点，一般 < -0.3 伏。

如果我们把开关K闭合，M点的电位又会怎样变化呢？

毛主席又教导我们说：“对情况和问题一定要注意到它们的数量方面，要有基本的数量分析。任何质量都表现为一定的数量，没有数量也就没有质量。”

K闭合后，M点的电位由0V， R_1 ， R_3 ， $+4V$ 这个系统决定，于是：

$$U_M = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \times (+4) = \frac{40}{40 + 50} \times 4 = 1.77 \text{ 伏}$$

可见，这时 U_b 要比 U_e 高 1.77 伏，因此三极管 T_1 就要截止，从而 $U_{\text{输出}} \approx -15$ 伏。由于 $I_b = I_{cbo}$ 的出现， U_M 电位又要有所变化，但仍为正电位而使 T_1 处在截止状态。以上所说的整个过程，可以用下表说明：

开关K的状态	U_M	三极管工作状态	输出电压U(伏)
断 开	负电位	导 通	≈ 0 伏
闭 合	正电位	截 止	≈ -15 伏

上述的图 10 电路实际上就一个反相器，当输入信号为负信号（即K断开M点加上一个接近 -15V 的信号）， T_1 管子导通， $U_{\text{输出}} \approx 0V$ 。当输入信号为正信号（即K闭合，M点加上一个正信号） T_1 管子就截止， $U_{\text{输出}}$ 接近 -15 伏，即输出一个负信号。

二、两级直流放大器

图 11 中，正常运行时的状态， $U_{\lambda} = 0$ ， T_1 导通， T_2 截止。首先我们来研究，设 T_1 导通， T_2 基级电位由 $0V$ 、 R_4 、 R_5 、 $+4V$ 决定，适当选择电阻参数，就能保证N点电位为正，因而 T_2 就截止。 T_1 为什么导通呢？只要看一下 T_1 的基级电位是由 $+4V$ 、 R_2 、 D_2 、 R_1 、 $-15V$ 决定的，选择适当参数，就能使 U_b 的电位为负，因而 T_1 管子导通。基极电流 I_b 流经 D_2 、 R_1 到 $-15V$ 。 D_2 导通，使 I_b 能够畅流。如果能使 D_2 截止，不让 I_b 流过， $I_b = 0$ ，就能使 T_1 由导通变为截止，从而使 T_2 由截止变为导通， $U_{\text{输出}} \approx 0V$ 。

什么时候能使 D_2 由导通变为截止呢？那就是线路上发生

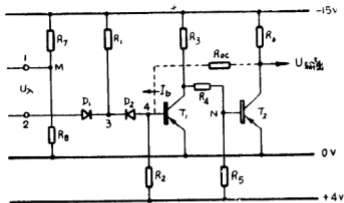


图 11 两级直流放大电路

故障的时候，有足够大的故障短路电流，经测量元件，使 U_{λ} 电压足够大，也就是 $U_{\lambda} > U_{标准}$ ，就能使 D_2 截止，使 T_1 截止， T_2 导通。

下面先研究一下二极管导通和截止的条件：

要使二极管导通，必须使二极管的阳极电位比阴极电位高。

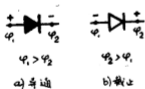


图 12

如果阴极电位比阳极电位高，二极管就截止。又如果阳极与阴极之间没有电位差（等电位），也就截止了。导通就是指能流过较大电流，截止就是指流不过电流（但有一定的反向电流存在）。

二极管起始导通电压：锗二极管约为 0.3 伏，硅二极管约为 0.5 伏。

锗二极管的正向压降为 0.2~0.5 伏。

硅二极管的正向压降为 $0.5 \sim 0.8$ 伏。

下面讨论 D_2 的导通、截止与 U_{λ} 、 $U_{\text{标准}}$ 的关系：

$U_{\text{标准}}$ ，即输入信号与两级直流放大器联结点 M 对 OV 线的电压，已知 R_7 为 $13K$ ， R_8 为 $2K$ ，即 $U_{\text{标准}} = U_M$ 。

$$U_M = \frac{R_8}{R_7 + R_8} \times (-15) = \frac{2}{13 + 2} \times (-15) = -2V$$

即 1 点的电位 $\varphi_1 = -2V$ $\varphi_1 = U_{\text{标准}}$

$$U_{\lambda} = \varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_2 - U_{\text{标准}}$$

$$\varphi_2 = U_{\lambda} + U_{\text{标准}} = U_{\lambda} - 2$$

T_1 管子导通时，基极 b 与发射极 e 的电压（管压降）现取为 -0.2 伏，即 φ_4 为 -0.2 伏。

$$\varphi_3 = \varphi_4 + U_{D_2} = -0.2 - 0.5 = -0.7 \text{ 伏}$$

U_{D_2} 为 D_2 的正向管压降，取 $0.5V$ 。

当 $U_{\lambda} = +0.5$ 伏时，

$$\varphi_2 = 0.5 - 2 = -1.5V$$

对二极管 D_1 来讲，阳极为 $-1.5V$ ，阴极为 -0.7 伏，故 D_1 截止。 φ_3 电位不改变， D_2 仍导通， T_1 仍导通。

当线路上出现故障电流时， $U_{\lambda} = 4$ 伏， $\varphi_2 = 4 - 2 = 2V$ ，

则 D_1 二极管 $\frac{+2V}{\text{阳极}} \triangleright \left| \frac{-0.7V}{\text{阴极}} \right.$ 所以 D_1 导通，强迫改变 φ_3 的电位：

$$\varphi_3 = \varphi_2 - U_{D_1} = 2 - 0.5 = 1.5 \text{ 伏}$$

这时， D_2 二极管 $\frac{+1.5V}{\text{阳极}} \left| \triangleleft \frac{-0.2V}{\text{阴极}} \right.$ 故 D_2 截止， I_b 就

不能流过。同时，通过 R_2 在 T_1 的基极上加上一个正电位，使 T_1 截止， T_2 就导通， $U_{\text{输出}} \approx OV$ 。

当 $U_{\lambda} = 2V$ 时， $\varphi_2 = 2 - 2 = OV$ ，这时，

D_1 二极管 $\begin{array}{c} 0V \\ \text{---} \\ \triangleright \end{array} \begin{array}{c} -0.7V \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$ 故 D_1 导通, φ_3 电位改变为

-0.5 伏。 D_2 二极管 $\begin{array}{c} -0.5V \\ \text{---} \\ \triangleleft \end{array} \begin{array}{c} -0.2V \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$ 这时 D_2 导通不

良, T_1 开始有点翻转, 处在边界条件。只要 $U_{\text{入}}$ 比 $U_{\text{标准}}$ 稍大一点, 就能使 T_1 很好翻转。

$U_{\text{输出}} = f(U_{\text{入}})$ 的曲线, 见图 13。

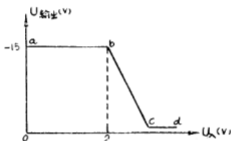


图 13

以上所讲的各种情况, 可以用下面的表来表明:

状 态	$U_{\text{入}}$	D_1	D_2	T_1	T_2	$U_{\text{输出}}$
正常运行	$< U_{\text{标准}}$	止	通	通	止	$\approx -15V$
事故情况	$> U_{\text{标准}}$	通	止	止	通	$\approx 0V$
边界条件	$= U_{\text{标准}}$	通	通, 不良	通, 不良		

三、起动元件 (又称零指示器)

起动元件相当于有接点的继电保护中的电流继电器, 它具有继电器的特性。什么是继电器特性呢? 继电器有三个参数可

以表示特性：起动电流 I_{CP} ，返回电流 I_{BP} 。

返回系数 $K_B = I_{BP}/I_{CP}$

因为 I_{CP} 大于 I_{BP} ，所以 K_B 小于 1。有接点的 K_B 一般在 0.85 以上，本装置的 K_B 大于 0.9。

当起动元件输入端的直流电压大于起动电压（即标准电压）时，起动元件就毫不含糊的迅速而明确的动作。在起动元件动作后，其输入直流电压小于返回电压（比标准电压小一点），就立即返回，返回过程是十分明显的。起动元件由单稳态触发器构成。触发器，就是指能够一触即发的器件。所谓单稳，就是当有了足够大的输入信号时，就触发动作，有一稳定的 $U_{输出}$ 。而当输入信号消失时，就立即返回，即没有 $U_{输出}$ ，并且稳定不变。这相当于有接点的电流继电器，当有了足够大的电流时就动作，使接点闭合，一没有电流就返回，接点打开。就是这样一个单一的过程。

二级直流放大器没有继电器特性。因为当 $U_{\lambda} = U_{标准}$ 时， T_1 和 T_2 都是慢慢的变化，处于不完全导通或截止状态，即在放大区工作。图 13 表明，b 点到 c 点不是一条垂直于横座标轴的直线，而是一条斜线，因此三极管翻转不明显。这相当于一个电流表的工作状态，增加一点电流，指针就偏转大一点，再增加一点电流，就再偏转大一点，没有继电器的特性。

毛主席指示：“依事物本身的性质和条件，经过不同的飞跃形式，一事物转化为他事物”，在二级直流放大器中，若引入一个正反馈电阻 R_{oc} （图 11 中的虚线部分），就能引起质的变化，成为一个良好的触发器。 $U_{输出} = f(U_{\lambda})$ 曲线就如图 14 所示。

当 $U_{\lambda} = U_{CP}$ 时，触发器就立刻明确地动作， $U_{输出} \approx 0$ 。

当 $U_{\lambda} < U_{BP}$ 时，触发器就立即返回， $U_{输出} = -15V$ 。

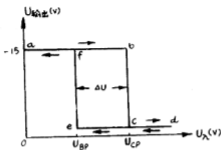


图 14

动 过程沿 a—b—c—d 曲线。

返回过程沿 d—e—f—a 曲线。

$$U_{CP} - U_{BP} = \Delta U \quad K_B = \frac{U_{BP}}{U_{CP}}$$

R_{OC} 电阻值愈小, ΔU 愈大, K_B 愈差 (即小)。

R_{OC} 电阻值愈大, ΔU 愈小, K_B 变好。

R_{OC} 的作用原理:

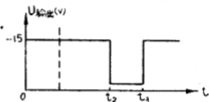
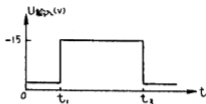
正常时, 4 点的电位不仅决定于 R_1 , R_2 取分压, 还有 R_2 , R_{CO} , R_0 取分压。因为 T_2 截止, 所以后者使 T_1 的基极电位负得多一点。当 $U_\lambda = U_{CP}$ 时, T_1 开始慢慢截止 (进入放大区工作), T_2 开始慢慢导通 (也进入放大区工作), 使 $U_{输出}$ 增大 (向零伏靠近), 这样一来, 4 点的电位由 R_2 , R_{OC} , R_0 取分压, 就使 T_1 的基极电位向 +4 伏靠近, T_1 截止更快, T_2 导通更好, 再经过 R_{OC} 起正反馈作用, 这样循环下去, 使 T_1 、 T_2 两个管子翻转就加快而明确, 出现继电器特性。返回过程也相似, R_{OC} 能够加速返回。

第四节 JSGC-1型装置的时间元件

一、时间元件的定义

当有输入信号加入时，不马上给出输出信号，而是要经过一定的时间的延时，才给出输出信号，当输入信号消失时，时间元件就立即返回。一句话，动作是延时的，返回是瞬时的。见图 15。

二、时间元件电路，见图 16



动作延时 $t = t_2 - t_1$
 t_3 输入消失， t_3 输出同时消失

图 15 时间特性

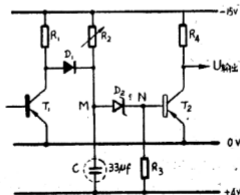


图 16 时间元件

正常运行时， T_1 导通， T_2 截止， D_1 导通， D_2 （稳压二极管）截止，电容器 C 处在 $0V$ 与 $+4V$ 充电状态。

T_1 为什么导通？由以前的起动元件决定，暂不管它。 T_2 为什么截止？因为 D_1 导通， M 点的电位为零伏（不考虑 T_1 与 D_1 的管压降，实际上都有管压降， M 点的电位在 $-0.4V$ 左右）。 N 点的电位 $+4V$ 、 R_3 、 I_{cbo} 所决定，大约为 $+2V$ 左右， D_2 稳压二极管虽处在反向电压作用下，但小于 D_2 的击穿电压（ D_2 为 $2CW3$ ，击穿电压 $9\sim 10.5V$ ），故 D_2 截止， T_2 也截止， $U_{输出}$ 为 $-15V$ 。

当 T_1 翻转，由导通变截止，则 D_1 二极管也就截止。因为当 T_1 刚截止时， D_1 阳极为 $-15V$ ，阴极处在 $0V$ 状态。本来 M 点的电位由 T_1 、 D_1 导通强迫为 $0V$ ，现在 D_1 截止， M 点的电位就保不住了。由 $-15V$ 通过 R_2 开始向 C 电容器充电，故 M 点的电位从 $0V$ 慢慢向 $-15V$ 变化（由于 C 电容的关系，所以慢慢变）。当充电充到 M 点的电位为某一负值时（约 -8 伏）， D_2 就击穿。 N 点的电位由 $-15V$ 、 R_2 、 D_2 、 R_3 、 $+4V$ 取分压，故 T_2 管子变为导通。

时间元件的动作时间为：（假设 M 点的电位为 $0V$ ）

$$t_{动作} = RC I_0 \frac{15}{15 - U_D}$$

从式中可见：

U_D 越大，则 $t_{动作}$ 就越长，或者 C 越大， $t_{动作}$ 就越长。

实践证明，简单、合理、准确可靠的方法，是利用改变充电电阻 R_2 的数值作为整定时间的方法。

本装置采用阶梯电阻作为粗调，串联线绕电位器作为细调，见图 17。

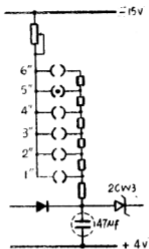


图 17

第五节 JSGC-1型的执行元件和出口元件

它的任务是将时间元件的输出信号放大再输出。

一、或门电路

什么叫或门电路？如果某一个门电路，它有一个以上的输入端（起码两个），只要其中任一输入端加信号时，其输出端就有信号输出。对于本装置来讲，只要过流“或”速断任一个起动，执行元件就能动作，给出跳闸脉冲。本装置属于“1”触发门电路。所谓“1”触发信号，指的是，要使执行元件动作的输入信号（过流或速断）是一个靠近 $-15V$ 的负脉冲，未动前，是一个“0”信号（靠近 $0V$ 的电位）。如图 18； T_1 、 T_2 为导通管（又叫常开管）。当 T_1 “或” T_2 由导通变截止时，加在

D_1 或 D_2 输入端为负脉冲。

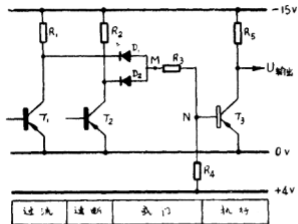


图 18 或门电路

或门电路相当于有接点装置中的一个以上常开接点并联，或一个以上常闭接点串联的工作状态。如图 19，只要任一个接点闭合或断开，就能使继电器线圈 PΠ 得电或失电。

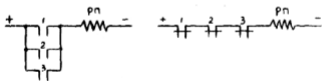


图 19 有接点或门电路

图 18 中，正常时， T_1 、 T_2 为导通管， T_3 为截止管， $U_{输出} = -15V$ ， D_1 、 D_2 均导通。故 M 点的电位为 $0V$ （忽略 T_1 、 T_2 、 D_1 、 D_2 的管压降）。 T_3 由 $0V$ ， R_3 ， R_4 ， $+4V$ 取分

压，N点的电位为正，假设为+2V，故 T_3 截止。当过流保护起动，速断未起动， T_1 变截止时， D_1 导通得更好。因为 D_1 的阴极通过 R_1 接到-15V去了，使它二端的电位差更大，也就产生 D_1 中由+4V流向-15V的电流增大。如果电阻选择恰当，M点的电位会由原来的0V变成负电位，从而使 D_2 截止，这样N点的电位通过+4V， R_4 ， R_3 ， D_1 ， R_1 ，-15V取分压为负，使 T_3 管子导通， $U_{输出}$ 为0V。这时， T_3 基极电流流经 R_3 ， D_1 ， R_1 到-15V电源。如果故障电流很大，速断起动，使 T_2 也变截止，这时N点的电位也会是负的， T_3 变导通， T_3 基流由 R_3 ， D_2 ， R_2 流到-15V（这时过流保护虽起动，但由于时间延时，故 T_2 未变成截止）。

二、和门电路（又称与门电路，同门电路）

什么叫和门电路？如果某一个门电路，它有一个以上的输入端，要所有的输入端同时有输入信号加入时，其输出端才有

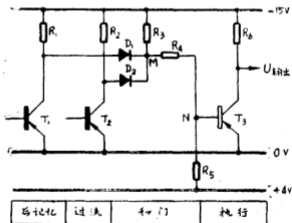


图 20 和门电路

信号输出。对于本装置来讲，是一个有二个输入端的和门。在线路出故障时，保护跳闸，重合闸动作，后记忆动作（作为一个输入端，有信号），把开关合上，如果线路上仍有故障，过流起动元件一起动（作为又一个输入端，也有信号了），这时，二个输入端都有信号，满足和门起动条件，则有输出，执行元件立即动作，加速跳闸（称为后加速）。

和门电路相当于有接点的继电保护中的几个常闭接点并联，或几个常开接点串联的工作状态。如图 21，显然，只有所有的接点都动作，才能使继电器失电或得电。

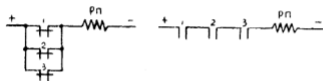


图 21 有接点和门电路

图 20 中，在正常时， T_1 、 T_2 均导通， T_3 截止， $U_{\text{输出}} = -15V$ ， D_1 、 D_2 均导通，M 点的电位为 $0V$ ，N 点的电位是正的。

当重合闸动作后记忆起动， T_1 变截止， D_1 也变截止，但 T_2 未翻转， D_2 仍导通，M 点的电位仍为 $0V$ ，N 点的电位仍为正，故 T_3 不翻转。

当重合闸动作后记忆起动，开关合闸，线路上故障仍然存在，短路电流使过流保护起动元件动作（不经时间元件）， T_2 变截止，则 D_2 也截止，M 点的电位不再是零伏，N 点的电位由 $+4V$ ， R_5 、 R_4 、 R_3 、 $-15V$ 取分压为负电位， T_3 就变为导通， $U_{\text{输出}} = 0V$ ，作用出口元件，使之后加速跳闸。

如果线路在运行时,发生短路事故,而使过流保护起动(速断不起动),这样 T_2 管子由导通变成了截止,但由于重合闸执行元件未动作过,故不能成为后加速跳闸,只能经过一定的过流整定时间去跳闸。这是因为当 T_2 管子变截止,而 T_1 管子仍导通, M 点的电位基本不变,仍接近 0V, T_3 仍截止,同时 D_2 二极管也变截止。

从方框图中可以得知,使开关跳闸有三条回路,其一是速断保护动作,其二是过流保护动作,其三为后加速动作,相当于有接点保护中如图 22 接线。在无接点逻辑电路中叫做复合门,即有或门,又有和门。本装置采用的复合门是以或门为主,和门为辅的形式。



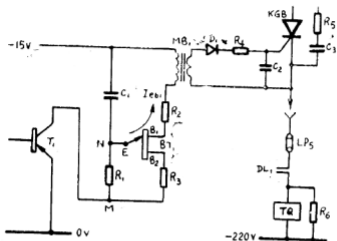
图 22

三、无接点出口回路

就是将逻辑回路输出的讯号进行功率放大然后再作用于跳闸或合闸。由于出口元件是整个保护的最后一个环节,它的工作好坏,对整个保护装置有极大的影响。因此要求它,在逻辑回路无动作讯号输出时,出口元件不应有输出讯号。当逻辑回路有动作讯号输出,应保证可靠跳合闸。出口元件要有一定的抗干扰能力,在拉合直流电源时,不应有误动现象。

本装置采用双基极二极管脉冲触发器,来触发可控硅,线路如图 23。

双基极二极管只有一个 P-N 结,因此又称为单结晶体



输入	充电电阻, 充放电电容	单结晶体管	脉冲变压器	检波二极管	可控硅出口
----	-------------	-------	-------	-------	-------

图 23 出口电路

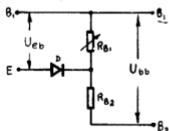


图 24 双基极二极管等效线路

$$U_{eb1,cd} = \eta U_{bb} + U_D$$

管。它有二个基极 B_1 , B_2 , 一个发射极 E , 图 24 为双基极二极管的等效线路。双基极二极管好象一只电压敏感开关。当 E 与 B_1 极间电压超过基极间电压 U_{bb} 某一定比率时, 突然使它由截止变为导通, 即 E, B_1 两极间导通。

η 为分压比(如 BT33F 的 η 为 $0.65 \sim 0.85$), U_D 为二极管正向压降。它的特性曲线如图 25 所示。曲线 1—2 段表示 $U_{cb1} < U_{cb1,CP}$, 管子处在截止状态, 即 U_{cb1} 很小, 只有一个反向电流或正向小电流, 也就是 R_{B1} 呈很大的电阻值。1—2 段曲线称为截止特性曲线。曲线上 2 点以后, $U_{cb1} \geq U_{cb1,CP}$, 管子开始由截止变为导通, I_{cb1} 电流很快增大, 即 R_{B1} 电阻呈小电阻状态, D 二极管导通。2—3 段曲线是双基极二极管负阻特性, 曲线上 3—4 段相当于 E— B_1 二极管特性, 是饱和特性。

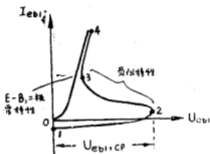


图 25 双基极二极管输入特性

分析图 23, 执行元件无输出时, 即 T_1 处于截止状态, T_1 的 $U_{ce} = -15V$, M 点 N 点均为 $-15V$, 电容器 C_1 二端均处在 $-15V$, 即处在不充电状态。E、 B_1 、 B_2 三个极基本上是等电位, 双基极二极管就处在截止状态, $I_{cb1} \approx 0$, 当 T_1 由截止变为导通, M 点的电位为零伏, B_1 、 B_2 两极之间就有电压 $U_{bb} = -15V$, $0V$ 通过 R_1 向 C_1 充电, N 点的电位提高, 使 U_{cb1} 电压也跟着升高。

当 $U_{cb1} \geq U_{cb1,CP}$ 时, 双基极二极管就突然导通, MB_1 一次线圈出现脉冲电流 I_{cb1} 。 C_1 电容器由充电储蓄的能量, 通过 E,

B_1 , R_2 , MB_1 的一次线圈, 成为放电回路。当 C_1 放电到一定程度, 电容器两端间的电压 $U_c < U_{cb1, cp}$, 双基极二极管又截止, 因 T_1 仍导通(未跳闸前), C_1 再充电, 充到 $U_{cb1, cp}$ 电压, 双基极二极管又导通, MB_1 又出现一个脉冲电流 I_{eb1} , 这样连续的脉冲电压(电流), 根据电磁感应定律, 脉冲变压器 MB_1 的二次侧也产生一个电压(电流), 经 D_1 检波后, 触发可控硅, 使之跳开关。脉冲频率每秒钟 400 多次。

图 26 中的曲线, 是电容器 C_1 上的电压 U_c 、脉冲变压器的一次侧和二次侧的电压 U_1 和经整流后 U_2 对时间 t 的曲线。

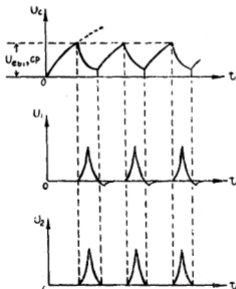


图 26

四、可控硅出口

可控硅在本装置中是作为最后一只出口半导体元件的。采用 3CT5F 型号，作为直流开关之用。可控硅的工作原理在此不多赘述了。可控硅导通后，是依靠开关辅助接点切断主回路，使可控硅复归，应注意调整好开关辅助接点(DL₁和DL₂)。

五、其他元件的作用

① R₁, C₁ 对输出脉冲形成时刻及脉冲间隔有直接关系。通常用改变 R₁ 电阻的阻值来调整脉冲形成时刻及脉冲间隔。

② R₃ 是温度补偿电阻，约为几百欧。

③ R₂, R₄，是用来调整脉冲幅值的。

④ D₁ 二极管，检波用，去除脉冲中的负半波。

⑤ C₂，是抗干扰电容。防止有瞬时干扰信号进入触发极 G，使可控硅误导通。有了 C₂ 后，可使干扰信号经 C₂ 分流，使可控硅几乎没有触发电流，这样利用 C₂ 充电延时来躲过干扰信号。

⑥ C₃, R₅，是为了防止投入直流电压时可控硅误导通而加的，可控硅所能承受的动态电压 $\frac{du}{dt}$ （正向电压上升率）一般都不高，为 30—100 伏/微秒。如果投入直流时，电压上升率超过了可控硅所能承受的电压上升率，则可控硅要误导通。加了 C₃, R₅ 后，借 C₃ 的充电过程，可使外加电压的上升率大大下降。C₃ 还起了过电压保护的作用。比如，由于某种原因，在可控硅二端产生一个瞬时过电压 $>U_{BO}$ （或 $>U_{RB}$ ），可能导致可控硅误导通，或反向击穿，现在加了 C₃，由于电容器二端电压不能突变，这就起了“缓冲”作用，从而避免了可控硅误导通或击穿。为什么要 R₅ 呢？因为，如果 C₃ 容量较大，一则会引起在闭合直流电源时较大的充电电流，使 TQ 跳闸线圈误动；二则会引起当可控硅导通时，C₃ 将向可控硅放电，瞬间

可能有很大的放电电流通过可控硅，将可控硅烧毁。因此串进 R_5 ，就可以限制 C_3 的充电放电电流。

第六节 JSGC-1型装置的自动重合闸和 后记忆元件

一、对自动重合闸的要求

本装置是用在单电源电网中的普通三相一次式自动重合闸。我们希望它在故障跳闸后，自动进行一次重合闸，但并不是任何跳闸它都要进行自动重合闸。毛主席教导我们说：“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面看，不能只从单方面看。”因此对自动重合闸要提出一些要求。

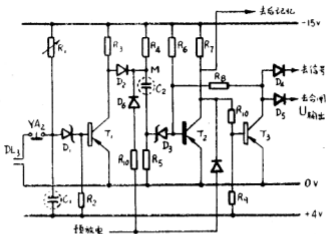
主要有以下几点要求：

- ① 保护跳闸后，要经过一定时间，才能够重合闸，就是说，要延时起动。
- ② 只一次重合闸，不二次或多次重合闸。
- ③ 用操作控制键掉闸，不应重合闸。
- ④ 手动合闸在故障线路上，应后加速跳闸，不应自动重合闸。
- ⑤ 重合闸闭锁装置动作时，应能闭锁重合闸。
- ⑥ 重合闸起动后，应起动后加速。

二、动作过程

1. 延时起动部分，见图 27。

工作原理与第四节时间元件相同，不多述。但起动是由开关的常开辅助接点 DL 来决定的。正常运行，开关合闸， DL 接点闭合， C_1 电容两端处在 $0V, +4V$ 工作， D_1 截止， T_1 也截止， D_2 也截止（与下面的电路配合看）， $U_{输出}$ 为 $-15V$ 。当



启动信号 及 反馈信号	时间元件	一次 电容 器	执行元件	输出
-------------------	------	---------------	------	----

图 27 重合闸电路

开关保护跳闸，DL₃开关辅助接点断开，-15V电源经R₁向C₁充电，D₁击穿，T₁导通，D₂导通，U_{输出}为0V。

2. 一次重合闸电容器回路与执行元件

一次重合闸电容器回路，由R₄（1.2MΩ），C₂（10μf），R₅（15K）组成。在关合闸时，D₂截止，C₂处在充电状态，端电压约为15V。D₃处在截止状态，T₂导通，T₃截止，T₂、T₃组成单稳态触发器。U_{输出}为-15V。当开关保护跳闸，经过一定的延时，T₁导通，D₂导通，强迫M点电位为零伏。由于电容器二端电位不能突变，故N点电位瞬时提高为+15V，使D₃稳压二极管击穿，使T₂变为截止，T₃导通，U_{输出}为0V，即发出合闸脉冲。但由于N点+15V电位通过R₅向0V

放电（还有其他回路）N点电位渐渐下降。当降低到某一数值不足以击穿 D_3 时， T_2 又恢复导通， T_3 又截止。故 T_2 、 T_3 翻转保持时间不长，约 0.1 秒，主要由 R_5 决定翻转保持时间。见图 29。也就是说，开关保护跳闸后，只给出一个 0.1 秒的合闸脉冲。这个短时间的合闸脉冲，足够保证可控硅触发导通，合上开关，又要求 0.1 秒合闸脉冲小于开关合闸时间与再次跳闸时间的总和，不使二次重合闸现象出现。

重合闸执行元件起动后，推动后记忆动作。手动分闸时，由控制键接点在预分闸操作和分闸后操作时，将 OV 经 R_{10} 、 D_4 使 M 点电位经放电变为 OV。为了防止 D_3 击穿， T_2 、 T_3 翻转进行误合闸，又同时将 T_2 集电极箝住在零电位，以防误合闸。故在分闸后，M 点电位总是 OV。其一是上述的原因，其二是 DL_3 接点断开， T_1 翻转导通， D_2 导通，使 OV 加在 M 点。

线路在停电时，开关断开， DL_3 断开，使 M 点为 OV。当手动合闸送电时，线路上马上出现短路电流（此种故障大多属于早已存在的故障）。保护后加速跳闸，但自动重合闸不会起动。因为， C_2 电容要充电充到能够使 D_3 击穿的时间，需要十几秒钟，而开关从合闸到跳闸的时间再加上重合闸起动时间，远小于十几秒钟，故 C_2 充不足电， D_3 不击穿，也就不会去合闸。

重合闸闭锁装置的接点并接在控制键预放电接点上，就可以保证在保护跳闸后，由于重合闸闭锁接点把 C_2 的电放掉了，又箝住 T_3 不使翻转，因而不重合闸。

三、后记忆元件

它的任务是将重合闸执行元件动作进行记忆，见图 28。

正常运行时，重合闸执行元件 T_1 管子导通，（即图 27 中 T_2 导通）， D_1 导通， T_2 截止， D_2 导通， T_3 导通， $U_{\text{输出}} = OV$ ，电容器 C_1 约处在充到 15V 的状态， C_1 电容器的极性是右正左负。

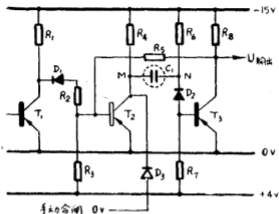


图 28 后记忆元件

保护动作跳闸后，重合闸动作， T_1 截止， T_2 导通，M 点电位强迫变为 0V。由于 C_1 电容二端电位不能跃变，故 N 点电位升高为 +15V， D_2 截止， T_3 截止， $U_{输出}$ 为 -15V，并经 R_6 保持 T_2 导通。N 点 +15V 通过 R_6 向 -15V 放电，当 N 点电位接近 0V 时， D_2 导通， T_3 再导通。 T_1 的基流没有而截止。放电速度决定了 T_3 翻转保持的时间。由于 R_6 较大（30K），故 T_3 翻转保持的时间较长，约为 1 秒。前面重合闸装置已讲过，执行元件翻转保持的时间只有 0.1 秒，而后记忆元件的作用，就是把 0.1 秒的翻转脉冲延长到 1 秒，即记忆到 1 秒，这相当于有接点中 DZS—145 型延时返回中间继电器的作用，而 T_1 、 T_2 组成有短时记忆的单稳态触发器。

如果在记忆时间 1 秒内有短路，即永久性故障，过流保护起动，则满足后加速条件（满足和门电路条件），进行后加速

跳闸。后记忆元件的特性曲线，见图 29

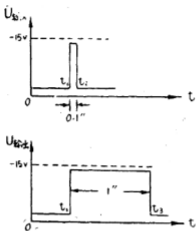


图 29 后记忆特性

手动合闸时 0V 经 D_3 加到 T_2 集电极上，使触发器翻转， $U_{输出}$ 为 -15 伏，提供手动合闸在故障线路上时进行后加速跳闸条件。

第七节 JSGC-1 型装置的信号回路

为了使运行值班人员能够正确地分析判断故障，和正确及时的处理故障，保护装置应有完善的信号装置。要求信号装置动作可靠、准确、接线简单，并能自保持及人工复归。本装置的信号装置的装设，见图 2 方框图。采用小型中间继电器 JRXB-1 型， $U_{CF} = 9.5V$ ， $U_{BF} = 3V$ ，线圈电阻 700Ω 。继电器动作后，由其本身接点自保持，并接通指示灯回路，采用一个复归按钮 FAN，断开 0V 电源，使之复归，如图 30。

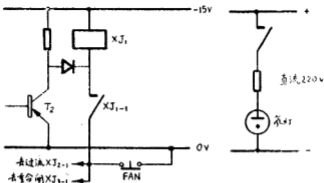


图 30 信号回路

	速断灯	过流灯	重合 闸灯	油开 状态	动 作 分 析
1	亮	不亮	亮	合 闸	速断动作，重合闸成功
2	不亮	亮	亮	合 闸	过流动作，重合闸成功
3	亮	不亮	亮	分 闸	速断动作，重合闸后加速跳闸
4	不亮	亮	亮	分 闸	过流动作，重合闸后加速跳闸

第八节 JSGC-1型装置的稳压电源

本装置使用的电源是由直流 220V 电源供给。晶体管工作的电压有 0V，+4V，-15V 三个电压等级，如图 31。稳压电源能否很好的完成它的稳压任务，这对于装置的能否可靠的动作，有很大的关系。

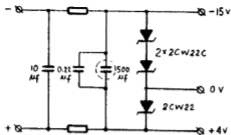


图 31 稳压电源

一、稳压二极管

稳压二极管的符号见图32, 稳压二极管的特性曲线见图33。



截止
(反向电压小于击穿电压)



导通
(反向击穿或正向导通)

图 32 稳压二极管导通和截止

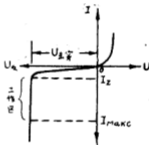


图 33 稳压二极管特性曲线

1. 如图 34。假设负载不变, 即 R_H 不变, 当 $U_{入}$ 增高时,

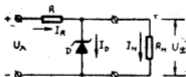


图 34 稳压原理图

是怎样使 $U_{\text{出}}$ 保持不变，起到稳压作用的呢？

当 $U_{\text{入}}$ 电源电压增高时，则稳压管两端电压也增高。从图 33 可见，稳压管两端电压稍为增高一点，就会引起通过稳压管的电流 I_D 大量增加，而 I_D 时增加又将引起 R 上的压降的增大，从而使 $U_{\text{出}}$ 电压降低，抵消原来电压的升高。以上过程，可表示如下：

$$U_{\text{入}} \uparrow \longrightarrow U_{\text{出}} \uparrow \longrightarrow I_D \uparrow \uparrow \longrightarrow I_R \uparrow \longrightarrow RI_R \uparrow \longrightarrow U_{\text{出}} \downarrow$$

当 $U_{\text{入}}$ 电源电压降低时，工作情况表示如下：

$$U \downarrow \longrightarrow U_{\text{出}} \downarrow \longrightarrow I_D \downarrow \downarrow \longrightarrow I_R \downarrow \longrightarrow RI_R \downarrow \longrightarrow U_{\text{出}} \uparrow$$

2. 假设 $U_{\text{入}}$ 不变， R_H 变化（ I_H 变化），其情况可表示如下：

$$\begin{array}{l} R_H \downarrow \longrightarrow I_H \uparrow \longrightarrow I_R \uparrow \longrightarrow RI_R \uparrow \longrightarrow U_{\text{出}} \downarrow \longrightarrow I_D \downarrow \downarrow \\ U_{\text{出}} \uparrow \longleftarrow \\ R_H \uparrow \longrightarrow I_H \downarrow \longrightarrow I_R \downarrow \longrightarrow RI_R \downarrow \longrightarrow U_{\text{出}} \uparrow \longrightarrow I_D \uparrow \uparrow \\ U_{\text{出}} \downarrow \longleftarrow \end{array}$$

在设计时，必须注意以下两点：

① 当电源电压最低，负载电流最大（都使 $I_D \downarrow$ ），通过稳压管的电流 I_D 不应小于 5ma（如图 33 中的 I_Z 值）。因为 I_D 小于 5ma 时，就不能起稳压作用。

② 当电源电压最高，负载电流最小时（都使 $I_D \uparrow$ ），通过稳压管的电流 I_D 不应大于最大稳定电流 $I_{M\text{max}}$ 。

第九节 JSGC-1型装置的调试

“无论何人要认识什么事物，除了同那个事物接触，即生活于（实践于）那个事物的环境中，是没有法子解决的。……一切真知都是从直接经验发源的。”通过保护的调试可以学到更多的东西。

一、测量元件的调试

1. KH_A , KH_C , KH_N 空载伏安特性试验，即 $U_2 = f(I_1)$ 曲线，供将来检查 KH 有否内部线圈存在短路匝之用。当通电电流大于 20 安培时，要求加电流的时间不宜过长，要动作迅速，以免损坏线圈。

图 35 中，曲线 1，为正常无短路匝数的曲线，曲线 2 为有短路匝存在时的曲线。

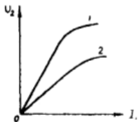


图 35

表 1:

KH_A	I_1 (安)	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80
	U_2 (伏)										

表 2:

KH _C	I ₁ (安)	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80
	U ₂ (伏)										

表 3:

KH _N	I ₁ (安)	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80
	U ₂ (伏)										

试验接线, 如图 36。

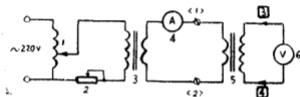


图 36

- 1—自耦调压器 2—滑线电阻 3—大电流发生器(行灯变压器)
 4—大电流表 5—被试 KH_A 6—交流电压表
 (1)(2)—装置的端子 (3)(4)—装置的第一插座第③,第④孔位。

2. 整流输出特性试验

目的是: 测试 $U_{\text{直流}} = f(I_1)$ 及 $U_{\text{交流}} = f(I_1)$; 计算波纹系数 K 应小于 5%, 并可检查输出特性的一致性。

表 4:

KH _A	I ₁ (安)	1	2	4	6	8	10	12	20	50	80
	U _{直流} (伏)										
	U _{交流} (伏)										
	K										%

表 5:

KHc	I ₁ (安)	1	2	4	6	8	10	12	20	50	80
	U _{直流} (伏)										
	U _{交流} (伏)										
	K								≤		%

表 6:

KH _N	I ₁ (安)	1	2	4	6	8	10	12	20	50	80
	U _{直流} (伏)										
	U _{交流} (伏)										
	K									≤	%

试验接线与图 36 相似,不过用直流电压表和真空管电压表接在“1”插件的⑧⑨测试孔。

4. U_{标准}的测定

表 7:

正常运行	直流电源	+4V	-15V	U _{标准}	“1”插件的⑧与⑨
	220V				
	242V				
	176V				

表 8:

保护全动作	直流电源	+4V	-15V	U _{标准}	“1”插件的⑧与⑨
	220V				
	242V				
	176V				

5. 额定电流 5 安时功率耗损测试。(带上有正常负载。)

KH_A , KH_C , KH_N 分别通入 5 安, 用毫伏表测量一次线圈的电压:

KH_A _____ mV, _____ VA。

KH_C _____ mV, _____ VA。

KH_N _____ mV, _____ VA。

二、保护装置在常温下直流电压 220V 时各点的电位(伏)。

表 9: $t =$ $^{\circ}C$

装置	状态	1	2	3	4	5	6	7	8
速断	正常								
	动作								
过流	正常								
	动作								

动作状态即按下 YA_1 试验按钮

三、重合闸装置在常温下直流电压 220V 时各点的电位(伏)。

表 10:

状 态	1	2	3	4	5	6	7	8
正 常								
动 作								

动作状态即按下 YA_2 试验按钮

四、装置动作时间及记忆时间的测定

1. 速断保护装置(从起动元件起动到出口跳闸的时间)
速断 0" 时间的测定测得多少算多少, 即不可能是 0"。一般测

表 11:

t = °C

插 孔	1	2	3	4	5	平 均	误 差 %
"0"							
最小时间							
最大时间							

定数值小于 40 毫秒。只要把时间整定螺丝拧在“0”位置,即把 C_3 与 +4V 断开,即可进行测量。

把时间整定螺丝放在“t”插孔位置,把电位器拧到最小整定位置,测定其整定时间,应小于 0.5",把电位器拧到最大整定位置,测定其整定时间,应大于 2"。试验接线见图 37。

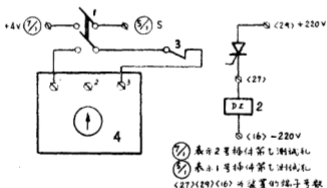


图 37

1—双刀单投闸刀, 2—快速中间继电器(可用 DZ—15 中间继电器代)。3—中间继电器的常闭接点。(继电器动作时间应测定,即从继电器得电到常闭接点断开所经过的时间。在测

量装置的整定动作时间时，应将此值减去)。4—BD—101 电动毫秒表。这个毫秒表在 1, 3 通时就转，就计时，在 1, 2 通时就停。

试验过程：

接上直流电源，将闸刀 1 闭合。一方面 +4V 使装置的起动元件动作，一方面使毫秒表开始计时，当可控硅触发，使中间继电器动作，其常闭接点 3 使毫秒表停转，这时毫秒表上的读数就是要测定的时间（要减去中间继电器的动作时间）。

2. 过流保护装置（从起动元件起动到出口跳闸的时间）。

过流保护时间的测定方法与速断相似，要求也相同，实测数值与名牌值误差不超过 $\pm 5\%$ 。试验接线如图 38。

表 12：

$t =$ °C

插孔	1	2	3	4	5	平均	误差% Δt
1 ^{''}							
2 ^{''}							
3 ^{''}							
4 ^{''}							
5 ^{''}							
6 ^{''}							

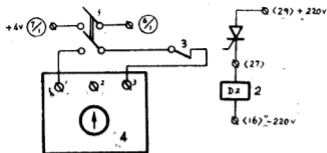


图 38

1—双刀单投闸刀, 2—快速中间继电器, 3—中间继电器 2 的常闭接点, 4—BD—101 电动毫秒表。

3. 重合闸起动时间(从 DL₃ 接点断开到出口合闸为止。)

表 13:

$t =$ °C

插 孔	1	2	3	4	5	平 均	误 差 %
最小时间							
最大时间							

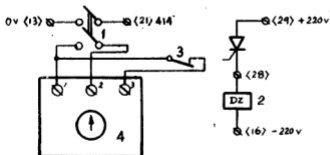


图 39

1—双刀单投闸刀，2—快速中间继电器，3—中间继电器2的常闭接点，4—BD—101型电动毫秒表。

测量方法与速断相似，最小整定时间应小于0.5"，最大整定时间应大于2"。

试验过程：

合上直流电源，打开闸刀1，一方面断OV，使重合闸起动，一方面使毫秒表开始计时。当可控硅触发，中间继电器得电动作，断开其常闭接点3，使毫秒表开始停止转动，这时毫秒表上的读数，就是所要测定的时间（要减去中间继电器动作时间）。

4. 重合闸后记忆时间 _____ 秒。

5. 重合闸一次脉冲时间 _____ 毫秒。

上述两项采用电子毫秒表测定。

五、整定动作电流的范围测定

表14：

装 置	整定动作电流电位器最小位置(安)	整定动作电流电位器最大位置(安)
过 流	< 3 A	> 15 A
速 断	< 10 A	> 50 A

六、出口元件调试

1. 可控硅 KG₁：触发电压 _____ V 应 < 1 V
触发电流 _____ mA 应在 5-20 mA

可控硅 KG₂：触发电压 _____ V 应 < 1 V
触发电流 _____ mA 应在 5-20 mA

2. 跳闸出口元件：脉冲变压器输出脉冲频率 _____ 赫芝
脉冲变压器输出脉冲电压幅值 _____ V

合闸出口元件：脉冲变压器输出脉冲频率 _____ 赫芝
 脉冲变压器输出脉冲电压幅值 _____ V

七、稳压电源试验

1. 稳压管测试：D₄₅ (2CW22C) U_{击穿} = _____ V

D₄₆ (2CW22C) U_{击穿} = _____ V

D₄₇ (2CW22) U_{击穿} = _____ V

2. 当电源电压波动时，稳压电源测试(带正常负载)。

表 15：

电源电压(伏)	-15	+4	
242			
220			
176			

3. 当电源电压为 220V 时，负载变化，测试稳压电源：

表 16：

负 载	-15	+4	
未动作 mA			
动 作 mA			

八、直流电源和稳压电源功率损耗测定

表 17：

负 载	220V	-15	0V	+4	D ₄₅	D ₄₇
未 动 作	mA	mA	mA	mA	mA	mA
动 作	mA	mA	mA	mA	mA	mA

装置正常运行功率损耗 _____ W

装置动作功率损耗 _____ W

九、绝缘试验

1. 绝缘电阻：测量元件（500V 摇表）_____ $M\Omega$ （包括全部背板线）

稳压电源（500V 摇表）_____ $M\Omega$

其它元件（100V 摇表）_____ $M\Omega$

2. 耐压试验：

KH_A , KH_C , KH_N , 稳压电源和背板线, 交流耐压 2000V/1 分钟 闪络, 击穿。

十、整组试验

1. 手动分合闸试验：

手动合闸：应能合上开关，不应发生再跳闸现象。

手动分闸：在手动合闸 25 秒钟后，进手动分闸，不应再重合闸。

2. 传动试验：

手动合闸 25 秒钟后，按保护试验按钮，模拟瞬时性故障，应在跳闸后，重合闸装置动作，使开关重新合闸，分别做过流与速断跳闸试验。注意在开关跳闸后应立即释放保护试验按钮，手动合闸 25 秒钟后，按保护试验按钮，模拟故障，使开关跳闸（立即释放试验按钮），重合闸把开关合闸，再立即按保护试验按钮，后加速应跳闸。

3. 拉合直流电源试验：

分别进行直流“+”电源、“-”电源单独拉合试验和同时拉合“+、-”电源试验；

开关在合闸状态，不应发生误跳闸现象。

开关在分闸状态，不应发生误合闸现象。

4. 抗干扰试验：

直流电源接地试验：分别把直流 220V “+”极和“-”极

接地，开关在分或合状态，应该都不发生误动。

直流电源“+、-”极分别接地，进行传动试验，动作应正常。

相邻线路跳合闸时，装置不应发生误动作。

烧电焊时，装置不应发生误动。

第十节 JSGC-1型装置的维护及 注意事项

伟大领袖毛主席教导我们说：“任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。”半导体无接点保护装置有很多优点。但是由于我们对于半导体无接点装置的客观规律性认识不足，往往会出现一些人们意想不到的问题。特别是在运行中，如何及时发现装置的某一部件、某一管子正在开始发生变化，以便及时进行维修处理。根据装置试运和试验的情况，它的抗干扰性能是有的，但有时也会发生误动。毛主席教导我们说：“不熟悉生活，对于所论的矛盾不真正了解，就不可能有中肯的分析。”所以经常地过细地观察分析装置的运行和动作情况，是十分重要的。

维护及注意事项：

一、经常地测量稳压电源的电压和功率损耗。稳压电源的工作状态对装置有很大影响。与以往的数据比较，看有没有变化。

二、经常地测量各三极管集电极基极电位，与以往的数据比较。

三、定期做装置传动试验，并检查三极管翻转后的集电极电位。

四、及时的分析研究装置的运行和动作情况，作好运行记

录。

五、注意事项：

1. 线路在正常运行，在定期检查保护装置，利用保护试验按钮作传动试验时，必须先把跳闸压板断开，防止误跳闸。

2. 整定过流和速断动作电流时，应先整定过流动作电流，再整定速断动作电流，并对过流动作电流进行复测。

3. 动作电流和动作时间整定好以后，应将电位器紧固螺母紧固，并复测其动作值。

4. 做进行重合闸装置调试时，为了节省时间，可以用-15伏进行人工充电，使重合闸的一次电容器很快充足电。但必须在油开关合闸状态（即DL₃接点处在闭合状态），使T₁₃三极管处在截止状态，以免损坏T₁₃管子。

5. 本装置无防跳回路，在手动合闸时，若线路已有永久性故障存在时，开关会发生跳跃现象。故在合闸回路应装设防跳继电器，或利用跳闸线卷的防跳接点。

6. 各插件插入装置的位置切不可插错。装置面板布置图见图40。

7. 装置在运行时，如发现过流、速断、或重合闸的插件有问题，需要拖出某插件时，请先把过流、速断或重合闸的压板投在退出位置，然后再拖出插件进行检查。过流插件拖出检查前，还应将后加速压板投在退出位置。如果是在正常运行中要求过流停用，则后加速也应退出停用。

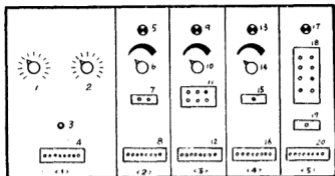


图 40 装置面板布置图

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1—速断动作电流整定电位器 | 2—过流动作电流整定电位器 |
| 3—保护试验按钮(接地探索按钮) | 4、8、12、16、20—测试孔座 |
| 5—速断动作信号灯 | 6—速断动作时间整定电位器 |
| 7—速断动作时间整定插孔 | 9—过流动作信号灯 |
| 10—过流动作时间整定细调电位器 | 11—过流动作时间整定插孔 |
| 13—重合闸动作信号灯 | 14—重合闸动作时间整定电位器 |
| 15—重合闸试验按钮 | 17—直流电源指示灯 |
| 18—装置投切压板 | 19—信号灯复归按钮 |

实例二 母线差动保护

第一节 工作原理及方框图

母线差动保护构成的工作原理是利用区内与区外故障短路电流方向不同来实现，如图 1 所示。

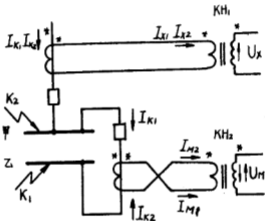


图 1

在区外故障 K_1 点短路时，根据一次短路电流 I_{K1} 的流向和电抗变压 KH_1 及 KH_2 的极性，可知两电抗变压器二次侧感应电压 U_X 与 U_M 在相位上相差 180° ，见图 2。

在区内（甲母线）故障 K_2 点短路时，由于母线联络开关电流互感器一次短路电流流向改变，使 KH_2 的二次感应电压 U_M 相位翻转 180° ，所以在区内故障时 U_X 与 U_M 同相。

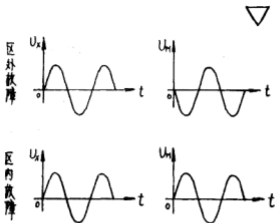


图2 区外、区内故障时 U_x 、 U_M

母线差动保护就是利用在区外故障（或正常运行）时， U_x 与 U_M 相位差 180° ，使保护装置不动作，在区内故障时 U_x 与 U_M 同相位，使保护装置动作跳闸。

保护装置构成的方框图见图3。



图3 方框图

测量回路是把线路侧电流互感器和母联侧电流互感器的二次电流 I_x 、 I_M 变为 U_x 、 U_M 直流电压讯号，输入鉴相回路。

鉴相回路是把二个直流电压 U_x 、 U_M 讯号进行鉴相，判断是区外故障（或正常运行）还是区内故障。如果是区外故障，则鉴相回路无输出，如果是区内故障，则鉴相回路有间断脉冲输出信号。

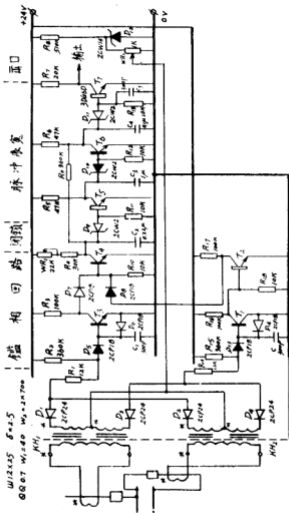


图 4 相比式选择元件原理图

脉冲展宽回路，使装置有一定的闭锁角，同时在区内故障时把鉴相回路输出的间断脉冲进行展宽成为一个持续脉冲，使之出口跳闸。

相位比较式选择元件原理图见图4。

第二节 测量回路和鉴相回路

一、在鉴相回路无输入信号（即 U_x 、 U_m 为零）时，各管子的工作状态见图4所示， T_1 、 T_3 、 T_4 、 T_6 均导通， T_2 、 T_5 、 T_7 均截止， T_7 集电极输出信号为“2”态，保护不动作。 T_4 管的基极电流由 $+24V$ 、 R_{17} 、 D_8 供给，电容器 C_2 被 T_4 导通而短路处在不充电状态，电容器 C_3 处在充电状态，其值约为 D_{10} 稳压二极管的稳定电压。 R_8 、 D_{12} 、 WR_2 组成标准电压回路，用以整定动作电流之用。

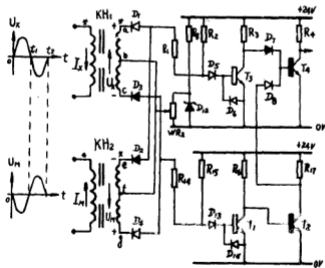


图5 区外故障 $0 \rightarrow t_1$ 时间内的工作情况

二、区外故障时，由于 I_x 是经 KH_1 一次线圈极性而流进的，而 I_M 是经 KH_1 一次线圈极性而流出的，所以 U_x 与 U_M 相位差 180° ，见图 5 所示。为研究方便起见设 U_x 与 U_M 的幅值相同，标准电压为 $0V$ 。

先研究 T_1 管的工作状态。 T_1 管的工作状态，取决于有无足够的基极电流，即 D_{13} 是导通还是截止。见图 6 a)， T_1 管

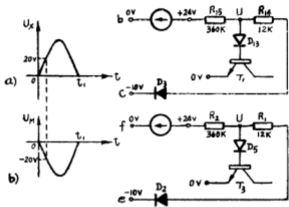


图 6 $0 \rightarrow t_1$ 时间内 T_1 、 T_3 管的基极回路的等效电路

基极回路的等效电路。图中设 $0 \rightarrow t_1$ 某瞬时 $U_x = U_M = 20V$ ，则 KH_1 二次线圈 b 点电位比 C 点电位高 $\frac{1}{2}U_x = 10V$ ， R_{15} 为 $360K$ ， R_{14} 为 $12K$ ，二极管 D_{13} 阳极电位 U 由 $+24V$ ， R_{15} ， R_{14} ， $-10V$ 系统取分压（忽略 D_{13} 管压降）为 $-8.9V$ ，故 D_{13} 截止， T_1 得不到基流也截止， T_2 管导通。

在同一时间， KH_2 二次线圈 f 点电位比 e 点电位高 $\frac{1}{2}U_M = 10V$ ，同理，二极管 D_5 也截止， T_3 故也截止， T_4 由 $+24V$ 、

R_5 、 D_7 得基流, 故 T_4 管仍导通, T_7 管仍截止, 保护不动作。

在 $t_1 \rightarrow t_2$ 时间内根据同样分析, T_1 、 T_3 截止, T_2 、 T_4 导通, 保护不动作其工作情况见下表所述:

区外故障	时间范围	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_{13}	D_7	D_8	T_1	T_2	T_3	T_4
区外故障	$0 \rightarrow t_1$	止	通	通	止	止	止	通	止	止	通	止	通
	$t_1 \rightarrow t_2$	通	止	止	通	止	止	通	止	止	通	止	通

当在 t_1 、 t_2 时刻, U_x 、 U_M 为零时, 相当于鉴相回路无输入信号则 T_1 、 T_3 导通, T_2 截止, T_4 仍导通, 保护不动作。

通过上述分析, 可知在区外故障的任何时刻 T_4 总有一路 (即通过 R_5 、 D_7 或 R_{17} 、 D_8) 供给其基极电流, T_4 一直保持导通, 所以保护不动作。

三、区内故障时, 由于 U_x 与 U_M 同相位, 假设 U_x 与 U_M 的幅值相同, 如图 7 所示。在 $0 \rightarrow t_1$ 时间内 U_x 、 U_M 都为正半

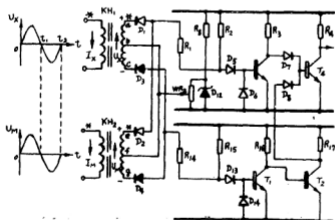


图 7 区内故障 $0 \rightarrow t_1$ 时间内的工作情况

周, D_3 、 D_4 导通, T_1 截止, T_2 、 T_3 导通, T_4 变截止, 输出信号为“2”态。 T_1 管的基极回路的等效电路见图 8。在 $t_1 \rightarrow t_2$ 时间内, U_x 、 U_M 都为负半周, D_1 、 D_2 导通(D_3 、 D_4 截止), T_3 由导通变截止, 而 T_1 由截止变导通, T_2 截止, 故 T_4 由截止变为导通。输出信号有变为“0”态。

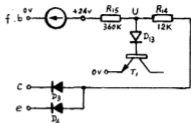


图 8 $0 \rightarrow t_1$ 时间内 T_1 管的基极回路的等效电路

当 U_x 、 U_M 再出现正半周时, T_4 再截止, 输出又为“2”态信号。所以在区内故障时 T_4 在 U_x 、 U_M 正半周的时间(10 毫秒)内, 为截止, 在 U_x 、 U_M 负半周的时间(10 毫秒)内, T_4 又导通。 T_4 就是这样周期性的导通截止的变化着。“按照实际情况决定工作方针”, 这样一个间断脉冲还不能可靠去跳闸, 还必须把这个间断脉冲进行展宽和考虑闭锁等问题。在区内故障时的工作情况见下表所述

区 内 故 障	时间 范围	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_{13}	D_7	D_8	T_1	T_2	T_3	T_4	输出
	$0 \rightarrow t_1$	止	止	通	通	通	止	止	止	止	通	通	止	“2”
	$t_1 \rightarrow t_2$	通	通	止	止	止	通	通	通	通	止	止	通	“0”
	$t_2 \rightarrow t_3$	止	止	通	通	通	止	止	止	止	通	通	止	“2”

第三节 脉冲展宽回路

一、闭锁角的考虑

上面假设的区外故障是在 I_x 与 I_M 、 U_x 与 U_M 相位差为

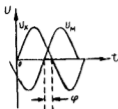


图 9

180° 时进行分析的,在实际工作中,由于一次侧的短路电流相位差不一定正好差 180°,尤其是在区外穿越性故障电流的暂态过程中,同时高压电流互感器的角误差一致,所以 I_x 与 I_M 的相位差不会等于 180°,经 KH 后, U_x 与 U_M 就更不会差 180°,如图 9 所示。 U_x 与 U_M 相位差为 $(180^\circ - \varphi)$,当 U_x 与 U_M 都为正值区, D_3, D_4 都导通, T_4 在 $\varphi \times \frac{20^\circ}{360}$ 毫秒时间内会截止,发出跳闸信号,会使保护误动作,为此采取一定的闭锁措施。见图 10 中 WR_1 、

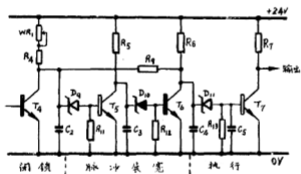


图 10

R_4, C_2 回路,此回路即为延时动作电路,当 T_4 截止后,由于 WR_1, R_4, C_2 存在, C_2 充电 5 毫秒后(即电气闭锁角为 90°), D_9 才反向击穿, T_5 导通。在区外故障时,由于 U_x 与 U_M 相位差不是 180°,而使 T_4 在截止状态,工作时间小于 5 毫秒, D_9 不能反向击穿, T_5 仍截止。当区内故障时, T_4 截止

时间大于5毫秒， D_0 反向击穿， T_1 导通，但在 T_4 由截止变导通时， T_5 也立即由导通变为截止，还不能使开关可靠跳闸。

二、脉冲展宽回路

区内故障 T_4 截止时间大于5毫秒， T_5 导通，使 C_3 电容器很快放电，稳压二极管 D_1 由导通变截止， T_6 即截止， T_7 导通，输出为“0”，给出跳闸信号，当 T_4 又导通时， T_5 立即截止，由于电容器 C_3 两端电压不能突变，故 T_6 虽然截止，但其集电极电位不能很快上升， D_1 仍不能反向击穿， T_6 截止， T_7 仍导通。为了保证可靠跳闸，在设计调整时，使 C_3 充电时大于20毫秒，才能使 D_1 反向不击穿， T_6 仍截止，当 T_4 由导通再变截止， T_5 导通，立即把 C_3 短路放电，使 D_1 、 T_6 一直处在截止状态， T_7 保持导通，所以脉冲展宽电路实质上是瞬时动作延时（大于20毫秒）返回的时间电路。

C_4 是防止拉合直流电源 T_7 误翻转。

C_5 为抗干扰用。

R_5 是一个反馈电阻，区内故障时， T_4 由导通变截止， T_6 要经过 WR_1 、 R_4 向 C_2 充电，使 T_5 延时5毫秒变导通， T_6 截止，经 R_5 反馈使 C_2 第二次充电时间缩短，即增长 T_6 在导通状态的工作时间，保证可靠跳闸。

保护装置动作图见图11所示。

请注意甲、乙母线分别要装母线差动保护，并且 T_7 导通后不直接去跳开关，还需经过其他闭锁装置（低压等）起动能跳闸。

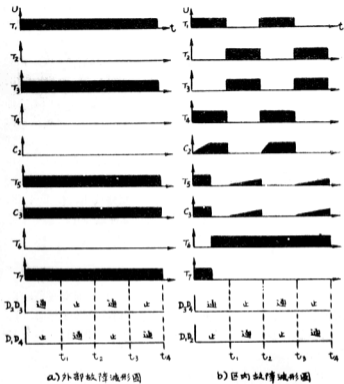


图 11 装置动作情况波形图 (各管子导电极与发射极之间电位)