

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

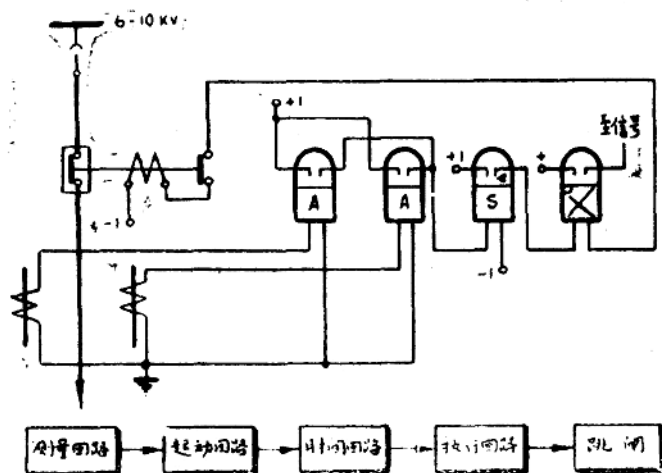


图1 有接点过电流保护装置原理图

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。

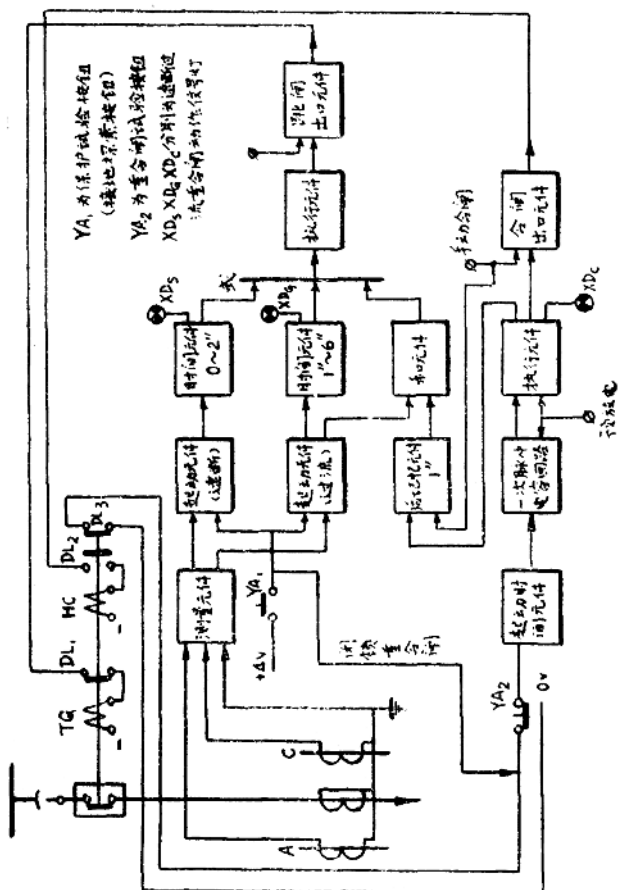


图 2 JSGC-1 型装置方框图

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——利用单结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 $\left(220\text{V} \begin{smallmatrix} +10\% \\ -20\% \end{smallmatrix}\right)$ 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, 它的任务是按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

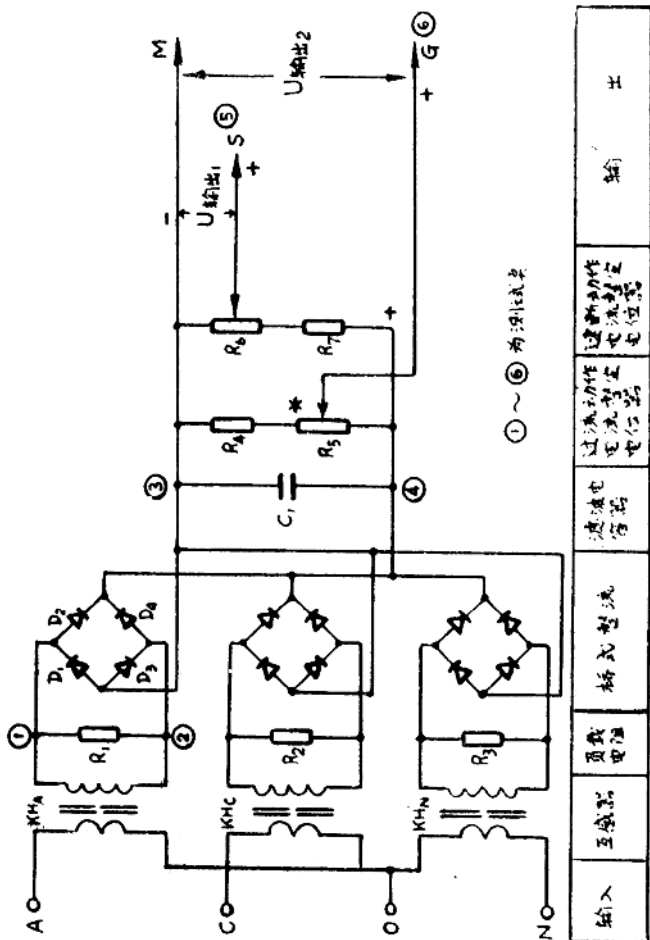


图 3 测量元件

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。

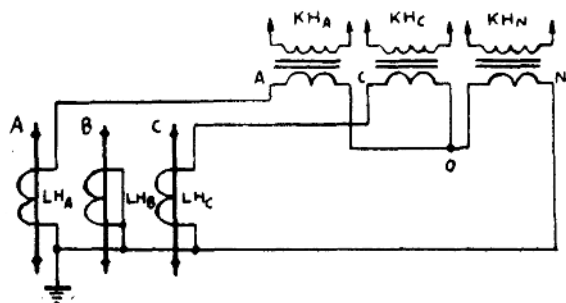


图 4 互感器的联接

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：

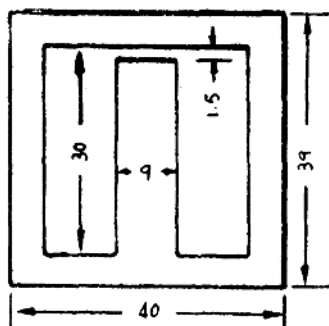


图 5 III—9 铁芯

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。

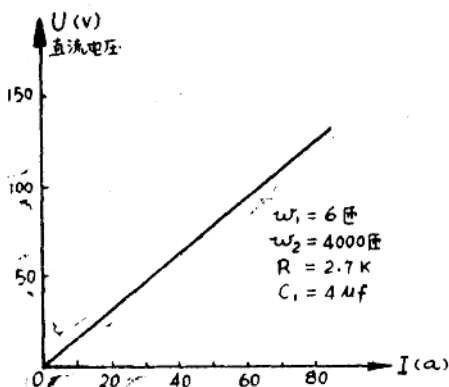


图 6

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 $100\text{M}\Omega$ 。

⑤ 耐压试验：交流 50 周， $2000\text{V}/1$ 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。

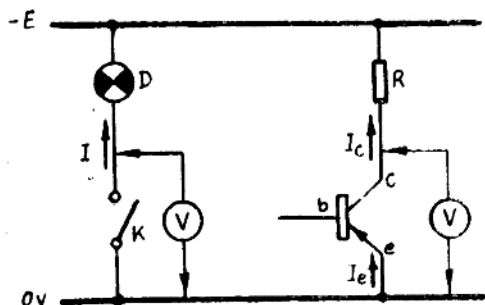


图 7

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 $U_{ce} = 0.3 \sim 0.8V$ （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。

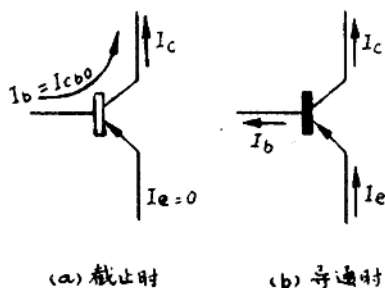


图 8 三极管电流

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。

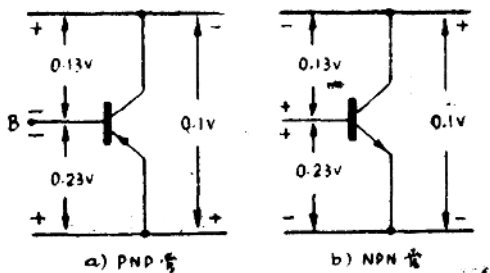


图 9 三极管饱和状态的极性

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

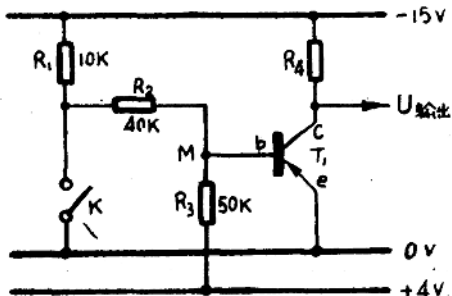


图 10

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 $U_{\text{输出}} = 0V$ 。(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, $U_{\text{输出}} \approx 0$ V。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, $U_{\text{输出}} \approx 0$ V。

什么时候能使 D_2 由导通变为截止呢? 那就是线路上发生