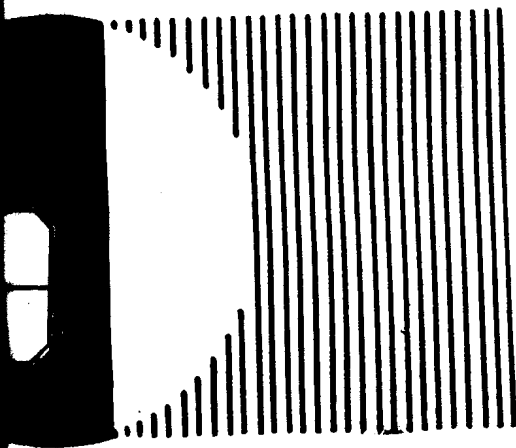


安装工人技术等级培训教材

电气调整工

● (中级工)

本培训教材编委会 组织编写



中国建筑工业出版社

安装工人技术等级培训教材

电 气 调 整 工

(中 级 工)

本 培 训 教 材 编 委 会	组 织 编 写
陕西省设备安装工程公司	陈连生 编
北京市设备安装工程公司	吴天惠 主审

中国建筑工业出版社

(京)新登字035号

本书是在总结实践经验的基础上,参照建设部颁发的《安装工人技术等级标准》(JGJ43-88)中对电气调整工(中级工)应知应会要求编写的。主要内容有:晶体管交流放大器、晶体管直流放大器、安装式测量仪表的检定、直流电机及其试验、交流电动机拖动控制系统、继电保护装置和自动装置、交流电梯及其调整、二次回路及其检验、接地装置试验、电气绝缘安全用具试验、常用电力设备的检查试验、电力电缆故障的测寻、班组管理及附录。

本书是建设部指定的建筑安装单位电气调整工(中级工)的技术培训教材,也可供施工管理人员参考。

安装工人技术等级培训教材

电 气 调 整 工

(中 级 工)

本培训教材编委会 组织编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 13¹/₂ 插页: 3 字数: 295千字

1995年9月第一版 1995年9月第一次印刷

印数: 1—8,100册 定价: 14.00元

ISBN 7-112-02127-8

TU·1630 (7147)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

出版说明

为贯彻落实建设部教育工作会议精神，认真搞好建设系统职工的培训工作，尽快提高建设系统职工队伍的技术素质，我司在中国安装协会的协助下，在注意吸收国内外先进培训经验的基础上，组织编写了本套“安装工人技术等级培训教材”。

该套教材覆盖了建筑安装十个主要工种。每个工种的教材按初级工、中级工和高级工三个等级编写，并附有一本《安装工人技术等级培训计划和培训大纲》与之配套，全套教材共计31种。

本套教材在编写时以《安装工人技术等级标准》(JGJ43—88)为依据，针对目前建设系统职工技术素质的实际情况和职工培训的实际需要，力求做到应知应会相结合。全套教材突出实用性，即侧重于全面提高职工的操作技能，辅以工人必须掌握的基本技术知识和管理知识，并较详细地介绍了成熟的、并已推广应用的新材料、新设备、新技术、新工艺。初、中、高三个等级的教材内容既不重复，又相互衔接，逐步深化。培训计划与培训大纲在编写时力求做到实用、具体，并列出了考核项目，供各地参照执行。

本套教材及培训计划与培训大纲已通过全国各地有关方面专家审定，现由中国建筑工业出版社出版，可供建筑安装工人培训、自学及技术竞赛之用。在使用过程中如发现问题，请及时函告我们，以便修正。

“安装工人技术等级培训教材”编委会

主任委员：杨筱梯 强十渤 吴小莎

委员(以姓氏笔画为序)：

王 旭 卢建英 刘克峻 李 忠

杨同起 张 崢 张文祥 林汉丁

孟宪明 赵恒忱 钱大治 蔡耀恺

目 录

一、晶体管交流放大器	1
(一) 放大电路及其分析	1
(二) 放大器工作性能的稳定	12
(三) 阻容耦合多级放大器	15
(四) 前置放大器的工作特点	22
(五) 交流功率放大器	24
(六) 放大器中的反馈	35
复习题	43
二、晶体管直流放大器	45
(一) 直流放大器概述	45
(二) 级间耦合的方法	46
(三) 零点漂移的克服	50
(四) 平衡差动式直流放大电路	58
(五) 直流放大器控制滑差电机	62
(六) 常用的直流放大器	68
复习题	76
三、安装式测量仪表的检定	77
(一) 仪表检定的一般规定	77
(二) 功率表的检定与调整	80
(三) 电能表的检定与调整	86
(四) 功率因数表的检定与调整	97
(五) 指针型频率表的检定与调整	100
(六) 有功、无功功率表和功率因数表接线的检查	102
(七) 三相无功电能表的检定	103

复习题	107
四、直流电机及其试验	108
(一) 直流电机概述	108
(二) 直流电动机的机械特性	111
(三) 直流电动机的调速方法	116
(四) 直流电动机的制动	121
(五) 测量直流电阻	130
(六) 绝缘试验	133
(七) 炭刷中性位置的检查	133
(八) 绕组极性及其连接正确性检查	136
(九) 励磁机特性试验	141
复习题	143
五、交流电动机拖动控制系统	144
(一) 鼠笼式电动机的正反转控制系统	144
(二) 鼠笼式电动机的降压起动控制系统	145
(三) 鼠笼式电动机的制动控制系统	150
(四) 双速鼠笼式异步电动机的控制系统	159
(五) 绕线式异步电动机的起动控制系统	160
(六) 同步电动机控制系统	163
复习题	167
六、继电保护装置和自动装置	169
(一) 中性点不接地系统单相接地保护	169
(二) 纵联差动保护	174
(三) 备用电源自动投入装置	181
(四) 自动重合闸装置	188
(五) 继电保护装置的操作电源	195
复习题	202
七、交流电梯及其调整	204
(一) 电梯概述	204
(二) 交流电梯的电气控制系统	209

(三) 电梯各控制环节的结构原理	214
(四) 检查调整和试运行	230
复习题	235
八、二次回路及其检验	236
(一) 二次回路概述	236
(二) 二次回路接线图	239
(三) 二次回路的检查	264
(四) 二次回路的通电试验	269
(五) 信号回路的检验和投入	277
(六) 控制回路的检验和投入	284
(七) 保护回路的检验和投入	288
复习题	289
九、接地装置试验	291
(一) 测量接地电阻	291
(二) 测量土壤电阻率	302
复习题	304
十、电气绝缘安全用具试验	305
(一) 绝缘棒试验	306
(二) 绝缘夹钳试验	309
(三) 绝缘手套试验	311
(四) 绝缘靴、鞋试验	312
(五) 绝缘站台试验	313
(六) 装有绝缘柄的工具的试验	315
(七) 电压指示器试验	316
复习题	319
十一、常用电力设备的检查试验	321
(一) 电机的抽芯检查	321
(二) 电力变压器的吊芯检查	322
(三) 少油断路器的安装与调整	329
(四) 常用电力设备的故障类型	336

复习题	340
十二、电力电缆故障的搜寻	342
(一) 电力电缆故障的原因与分类	342
(二) 电缆故障点距离的测量	344
(三) 电缆故障点绝缘的烧穿	358
(四) 故障点的确定	361
复习题	363
十三、班组管理	364
(一) 设备安装工程试调工作	364
(二) 班组建设	369
(三) 施工计划进度管理	374
(四) 班组质量管理	380
(五) 班组安全管理	393
(六) 班组材料、机具管理	398
(七) 班组经济核算	404
复习题	408
附录	410
附录一 中级电气调整工技术标准	410
附录二 法定计量单位表、构成十进倍数和分数单位的词头 ..	411

一、晶体管交流放大器

在自动调节与控制系统中，经常需要把微弱的电信号放大成为需要的大的电信号，这一任务是由放大器来完成的。交流放大器是用来放大在一定频率范围内的交变信号。收音机中的放大器，自动控制与调节系统、自动检测系统中的放大组件等，均属于这种放大器。

（一）放大电路及其分析

晶体管基本放大电路如图1-1所示。

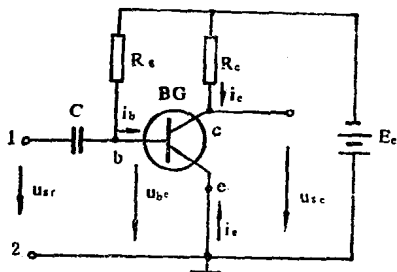


图 1-1 固定偏流放大电路

图中电压、电流的正向是假定的：电压正方向以共同端为负端，其它电极为正端；电流仍以流入各电极为电流正方向。

电源 E_c 通过集电极电阻 R_c 供给集电极电压和电流，又通过电阻 R_b 供给基极电流，一般把无信号时的基极电流 I_{b0} 称为“偏流”，获得偏流的电路称为偏流电路， R_b 称作基极偏流

电阻。

$$I_{b0} = \frac{E_c - U_{be0}}{R_b} \quad (1-1)$$

因实际上 E_c 一般有几伏至十几伏，而 U_{be0} 只有零点几伏，故

$$I_{b0} \approx \frac{E_c}{R_b} \quad (1-2)$$

偏流 I_{b0} 决定于 E_c 和 R_b ，它基本上是不变的，故这种电路常称为固定偏流电路。

如果把待放大的信号电压 u_{sr} 加到 1、2 端，由于信号的加入，使 u_{be} 产生一个变量，从而 i_b 产生一个变量，引起 i_c 的变量， i_c 的变量比 i_b 的变量大许多倍， i_c 的变量在 R_c 上产生一个电压变量，这个电压变量比输入电压大得多，从而实现了电流、电压的放大。

晶体三极管是一个非线性元件，因此分析晶体管放大电路常采用非线性电路的图解法和等效电路分析法。

1. 用图解法确定静态工作点：

在无信号输入时（即输入信号 $u_{sr} = 0$ ），放大器处于静止状态，这时电路上的电压、电流决定于电路参数。而有输入信号时，电路上的电压、电流就是在这个基础上的叠加。因此，无输入信号时放大器所处的工作状态就是放大器工作的基础。输入信号为零时，放大器的工作状态称为静态。静态时的电压电流在晶体管的伏安特性曲线上确定了一个点，称为静态工作点，简称工作点，它表示放大器静态的工作状况。

为了全面了解放大器的特性，先分析一下无信号输入时放大器的工作状态，在此基础上再讨论加入信号的情况。

从图1-1可以看出, 这个电路存在着两个直流回路: 集电极回路(输出回路): 从发射极 $e \rightarrow$ 集电极 $c \rightarrow R_c \rightarrow E_c \rightarrow$ 发射极 e ; 基极回路(输入回路): 从发射极 $e \rightarrow$ 基极 $b \rightarrow R_b \rightarrow E_c \rightarrow$ 发射极 e 。

在无信号时两个回路的电压电流都是恒定的, 这时的电压电流值决定了静态工作点 Q 。确定 Q 点的步骤如下 (见图1-2);

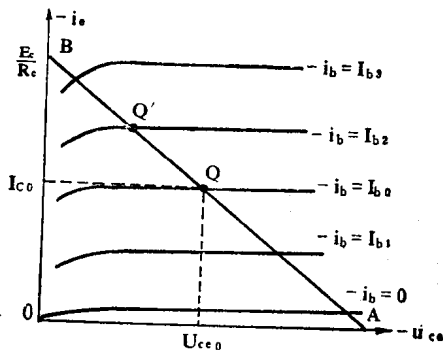


图 1-2 Q 点图解图

(1) 作出晶体三极管的输出特性 $i_c = f(u_{ce})$ 。

(2) 由输出回路方程作直线负载线 AB 。输出回路方程为

$$-u_{ce} = E_c - (-i_c)R_c \quad (1-3)$$

为了在图上作出直流负载线, 可取两个特殊点: 当 $-i_c = 0$,

$-u_{ce} = E_c$ 得 A 点; 而当 $-u_{ce} = 0$, $-i_c = \frac{E_c}{R_c}$ 得 B 点。连接

AB 两点即为直流负载线。

(3) 由输入回路方程决定偏流 I_{b0} 。

$$I_{b0} \approx \frac{E_c}{R_b} \quad (1-4)$$

(4) 直流负载线AB与 $-i_b = i_{b0}$ 的特性曲线的交点就是静态工作点Q。

(5) 由Q点定出的 I_{b0} 、 I_{c0} 、 U_{ce0} 及通过输入特性由 I_{b0} 定出的 U_{be0} 表示无信号输入时三极管的工作状态。

静态工作点是可以调节的，例如调节 R_b ，使 I_{b0} 改变，则静态工作点将沿着负载线移动，如 $-i_b = I_{b2}$ 时，工作点就移到了Q'点，三极管的工作状态就决定于Q'点的电压和电流。

2. 放大原理的图解分析：

为了对放大器的工作有一个直观了解，用图解法画出有信号输入时的电流电压波形图，便可了解放大电路是如何把微弱的交变信号进行放大的。

按下列步骤作图：

(1) 画出三极管的输入和输出特性，如图1-3所示。

(2) 作直流负载线定出静态工作点Q： $I_{b0} = 40\mu A$ 、 $I_{c0} = 1.5mA$ 、 $U_{be0} = 0.15V$ 、 $U_{ce0} = 2.5V$ 。

(3) 加入正弦信号 u_{sr} 的最大值为 $0.05V$ ，则各级电压电流值将相应发生变化，下面用图解法分别画出这些量的波形：

1) 将信号 u_{sr} 和 U_{be0} 叠加，即得加入信号后基极电压 $-u_{be}$ 的变化曲线，如图1-3中曲线①，显然基极电压 $-u_{be}$ 已不再是固定的 $0.15V$ 了，而是在 $0.1V$ 到 $0.2V$ 间变动。

2) 由曲线①对应输入特性可得信号加入后 $-i_b$ 的变化曲线，如图中曲线②，可见 $-i_b$ 已不再是固定的 $40\mu A$ 了，而是在 $10 \sim 80\mu A$ 间变动。

3) 由于 $-i_b$ 随时间在 $10 \sim 80\mu A$ 间变化，则工作点位置

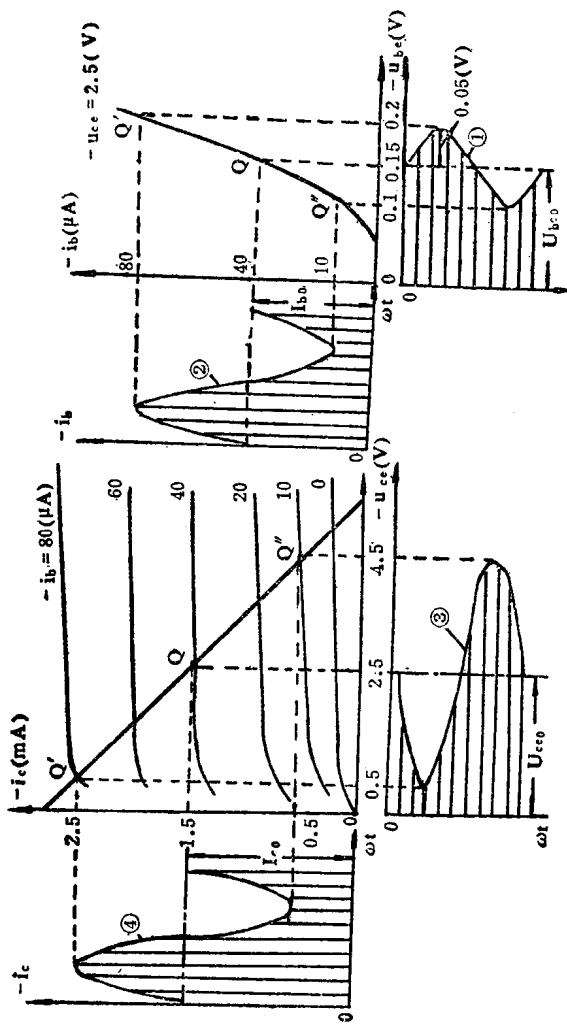


图 1-3 放大器的图解分析

就不是固定在Q点不动，而是在相应于 $10\mu\text{A}$ 的Q'点和对应于 $80\mu\text{A}$ 的Q''点间变动，由输出特性可得集电极电压 $-u_{ce}$ 变化曲线③和集电极电流 $-i_c$ 变化曲线④。由图可见，此时集电极电压已不再保持 2.5V 不变，而是在 0.5V 到 4.5V 间变化， $-i_c$ 也不再保持 1.5mA 不变，而是在 $0.5\sim 2.5\text{mA}$ 间变化。

从上面的图解分析，可以从以下几点反映放大电路内部规律的结论：

(1) 在交变信号加入前，集电极和基极电压电流都是不变的直流。而在交变信号加入后，这四个量都在原有直流分量的基础上叠加一个交流分量，因此晶体管在作交流放大时的电压电流是在交直流叠加的情况下工作的，交流分量就是由于信号加入所引起的增量。对应于不同波形的输入信号，各电极电压电流的波形是不同的，但总可以分解成直流分量和交流分量两个部分。本电路集电极上电压电流的交流分量就是我们所需要的输出量。因此，所谓“放大”是针对交流分量而言。

(2) 当基极接入信号后，集电极上就相应出现与输入信号形状基本相同而幅度增加很多的交流分量，从而体现电压电流的放大效果。

电压放大倍数

$$K_u = \frac{\Delta u_{ce}}{\Delta u_{be}} = \frac{0.5 - 4.5}{0.2 - 0.1} = -40(\text{倍}) \quad (1-5)$$

电流放大倍数

$$K_i = \frac{\Delta i_c}{\Delta i_b} = \frac{2.5 - 0.5}{(80 - 10) \times 10^{-3}} = 29(\text{倍}) \quad (1-6)$$

上两式中， Δu_{ce} ——集电极电压变量； Δu_{be} ——基极电压变

量； Δi_c ——集电极电流变量； Δi_b ——基极电流变量。

(3) 输出对输入有一定的相位关系。由图1-3可知，信号电压 u_{sr} 的波形（曲线①）和集电极电压交流分量的波形（曲线③）在相位上是相反的。即 $|u_{be}|$ 变大时， $|u_{ce}|$ 变小，也就是当基极电位负得大时，集电极电位负得小了。这种现象称作三极管的倒相作用。

(4) 变大的表面现象是把变化的幅度由小变大，但是用放大器来放大电信号并不是说放大器可以产生或增加新的能量。在放大电路中，三极管的基极电流对集电极电流起控制作用，微小的基极电流变化就能起到较大的集电极电流的变化，因此体现了小电流控制大电流。而集电极电流是电源 E_c 供给的，因此实质上是用小能量的信号去控制大能量的 E_c 。就其实质而言，放大器是一个能量控制装置。

(5) 放大器的静态工作点的位置要适当，否则输出波形要“失真”，放大倍数要下降，甚至损坏三极管。一般宜选在特性曲线中心位置。如选得不适当，工作点太偏上或太偏下，这时加入信号后，集电极电压或电流的变化就会受到限制，而不再与基极电压电流的形状相同，如图1-4所示。图中，把工作点 Q 取在 $I_{b0} = 0\mu A$ 处，当有正弦信号输入时，基极电流将在 Q 点周围变化，但由于 Q 点太偏下了，三极管工作到“截止区”，使 i_c 和 u_{ce} 的波形半周被削去一块，不象输入的正弦波了。同样当工作点过于偏上，使三极管工作到“饱和区”，也会产生类似的情况。这种放大后的波形不象输入波形的现象称为失真。失真是由于三极管特性曲线的非线性引起的，故称为“非线性失真”。

工作点是放大器正常工作的基础。工作点选择不适当，不仅会影响放大器的放大性能，如产生失真、放大倍数

下降，甚至有可能使放大器完全失去放大作用或损坏晶体管。通常要求三极管工作点选择在如图1-5所示的阴影部分。

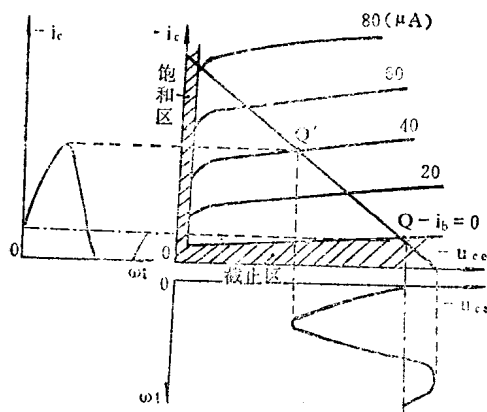


图 1-4 工作点选择不当引起的波形失真

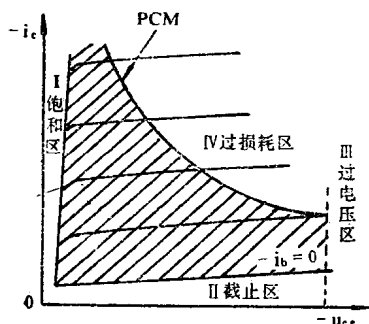


图 1-5 放大器工作点的范围

I 为饱和区，约在 $-u_{ce} < 1V$ 以下；II 为截止区，在 $-i_b = 0$ 的一条特性曲线下面，工作点进入饱和区或截止区，都将引起较严重的波形失真。III 是过电压区，IV 是过损耗区，是为保证三极管不超过其极限定额而规定的。

3. 利用等效电路分析放大性能

放大电路的性能指标，也就是表征放大器质量的指标，