



记录单个神经细胞放电用的负电容补偿式

高输入阻抗前置放大器的调试方法

本刊1974年第四期发表“记录单个神经细胞放电用的负电容补偿式高输入阻抗前置放大器”(以下称“放大器”)一文后,编辑室和作者收到部分读者来信,主要是关于放大器的调试问题,下面是作者李朝义同志的答复。

补充介绍放大器的调试步骤、方法等如下:

1. 检查工作电流

先仔细检查整个电路,不得有错接或虚焊。接通补偿校正开关 K_1 , 断开电源开关 K_2 ; 用电流表跨接在 K_2 两端, 测量“消耗电流”, 应为4毫安左右。电流太大或太小都表明电路有故障, 应找出原因, 予以排除。

据实际经验, 在一般的工作情况下, 一节小型9伏积层电池通常可供本放大器使用三个月。

2. 调整三角波电压发生器

先调好三角波电压发生器, 以便在调试放大器时提供补偿校正信号。接通开关 K_1 和 K_2 后, 在 BG_1 和 BG_2 的集电极上应有矩形波产生; 在 W_1 的滑动端上应有三角形波。如果三角波形不好, 可调节 R_{11} 或适当改变 R_{10} 的阻值。

3. 调整放大器静态工作点

将输入端接地, 输出端接示波器。断开 K_1 , 接通 K_2 。如有高频振荡, 则应先调节 C_7 和 W_1 , 使其消除。然后, 再调节 R_{11} , 使 BG_1 的射极电压等于电源电压的 $1/2$ 。这时, 如果电源电压为9伏, 则各级的工作点大致如图2中所注明的数值。电路中引入了深度直流负反馈, 有自动稳定工作点的作用。调整工作点时, 最好注意用新电池(如10伏)和旧电池(如8伏)分别试一下, 这样可保证在使用过程中电池电压降低时, 不影响放大器的正常工作。测量工作点电压一定要用高内阻的电压表。

4. 测试增益和通频带

测试前, 放大器和引线都要妥善地加以屏蔽, 以消除50赫市电的干扰。将放大器输入端通过10兆欧电阻接到音频发生器, 送入500赫左右的信号。输入信号如为100毫伏, 输出信号则应为1伏。如果放大倍数大于或小于10, 应检查反馈回路中 W_2 和 R_{10} 的阻值是否正确。逐渐增大输入信号幅度, 用示波器测出最大不失真输入信号值。然后, 校试通频带。断开音频发生器电源, 但放大器输入端仍通过10兆欧电阻与音频发生器相接。接通 K_1 , 送入补偿校正方波, 把频带选择开关 K_3 置于位置 II; 调整 W_2 和 C_7 , 使引线和放大器的输入电容得到正确补偿(方波最佳, 无高频振荡)。断开 K_1 , 再接通音频发生器电源, 从低到高改变输入信号的频率, 在示波器上观察不同频率时输出信号幅度的变化, 测出放大

器频带 II 的频率响应范围。再将 K_3 换到位置 I, 测试经过双 T 网络滤波后的通频带。这时, 应着重观察 50 赫的衰减情况。如果峰值位置有偏离, 或衰减曲线不够尖锐, 可能是双 T 网络的阻容元件数值不准确或不对称造成的, 可换用经电桥精选的元件一试。

5. 测试内部噪声

只有在增益、通频带和电容补偿均已调好时, 测试噪声才有意义。将输入端接地, 这样, 除了放大器本身的内部噪声外, 没有其它信号, 在示波器荧光屏上显示为一条平线; 再开大示波器的增益(200 微伏/厘米), 扫描速度也放慢一些, 就可以使噪声清楚地显示出来。测量其峰—峰值, 再除以 10 (放大倍数), 就是本放大器的内部噪声。必须把放大器的内部噪声与实验中通过微电极所记录的噪声区别开来。后者是微电极电阻的热噪声, 比放大器的内部噪声大约要大一个数量级, 它是实验记录中噪声的主要来源。热噪声的大小, 取决于微电极的阻值、绝对温度和放大器的通频带。为了减小热噪声、提高信噪比, 一方面, 不宜用阻值太大的微电极(通常不大于 50 兆欧); 另外, 在不影响信号传输的前提下, 要尽可能压缩通频带。如果微电极电阻为 10 兆欧, 实际测得这个放大器频带 I 的热噪声约 300—400 微伏。

6. 测量输入阻抗

放大器输入端串联 100 兆欧电阻, 接到音频发生器(电阻要屏蔽起来, 否则会有 50 赫干扰)。按测试通频带的同样步骤, 补偿好在测试条件下的输入电容。然后, 开启音频发生器电源, 送入 200 赫音频信号 (E_{λ}), 以示波器测量放大器的输出信号幅度 ($E_{出}$), 按下式可求出此放大器的输入阻抗 Z_{λ} :

$$Z_{\lambda} = \frac{100E_{出}}{10E_{\lambda} - E_{出}} \quad (\text{单位兆欧})$$

如输入信号为 110 毫伏, 输出信号为 1 伏, 则输入阻抗等于 1,000 兆欧。然后, 再按同样方法, 测出 20 千赫时的输入阻抗。

7. 作微电极阻值校正表

在放大器输入端和地之间, 分别接上从 10 兆欧到 100 兆欧已知各种不同阻值的电阻(代替微电极电阻), 频带选择开关 K_3 置于位置 II, 接通校正开关 K_1 以后, 在荧光屏上即出现校正方波。测出不同阻值下相应的方波振幅, 作成方波振幅—微电极阻值校正表。实验过程中, 需要测量插在生物体内的微电极阻值时, 只需接通校正开关 K_1 , 即可根据荧光屏上方波的振幅, 按校正表查出。调节 W_1 , 可以把阻值与振幅的关系, 固定在一个容易记忆的整数位置上。

上海生理研究所 李朝义