



# 直流电源特性

姓名：刘元彻 学号：PB21020505 班级：21 级物理学院 1 班 日期：2022 年 4 月 20 日

## 1 实验目的

练习应用电流表、检流计、电阻箱、滑线变阻器、电池等常见电学仪器仪表及比较法、补偿法等常见实验方法

画出电路图，再根据电路图正确连接导线。练习排查断路、短路等常见电路故障的能力。

## 2 实验原理

### 2.1 纹波系数

实验中所用到的直流电源是由正弦交流信号经过整流滤波得到的。在这些直流稳定分量中，含有一定的交流成分。

纹波系数按照如下方式定义：

$$\text{纹波系数 } K_u = \frac{\text{交流电压有效值}}{\text{直流电压}} \times 100\%$$

实验中使用万用表的直流电压档和交流电压档分别测定负载电阻上的直流电压和交流电压有效值。实验还会采用不同的滤波电路，以比较不同滤波方法对纹波系数的影响。

### 2.2 电源的开路电压和短路电流

开路电压是指电源在断路时的输出电压值，短路电流是指外电源短路时的最大电流。

由于真实的电表不是理想元件，且使用的电源（干电池）内阻并非线性，所以不可以直接使用图像外推法进行测量

本实验中采用补偿法，分别测定开路电压和短路电流。电路图设计如下：

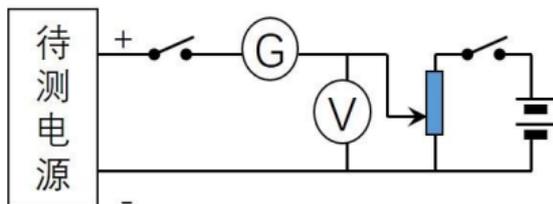


图 1: 电压补偿法测开路电压

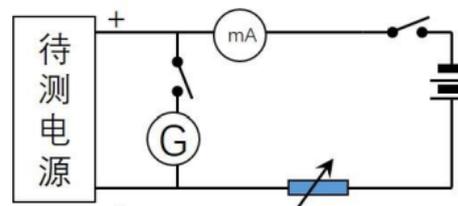


图 2: 电流补偿法测短路电流

调节滑动变阻器滑片，当检流计  $G$  示数为  $0.000\text{mA}$  时读出电压表/毫安表示数，即为所要测定的开路电压/短路电流。



## 2.3 (提高实验) 电表改装和定标

利用等效替代法和欧姆表直接测量法测定 100mA 微安表的内阻 (实验中考虑到了保护电表的安全措施)。将微安表串联一电阻后改装成量程为 2V 的电压表。

利用标准电压表 (数字电压表直流电压档) 进行定标。定标时使用的电路图如图所示:

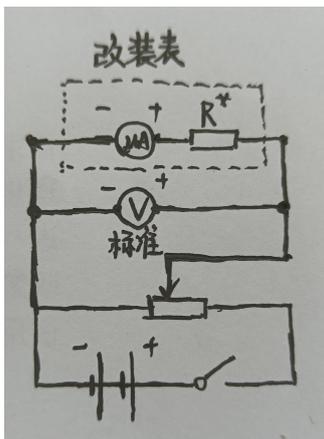


图 3: 定标电路图

## 3 实验器材

信号发生器、数字电压表 (直流电压档、交流电压档)、检流计、电阻箱、滑线变阻器、微安表、电源、电池、面包板、整流二极管 4 个、电容、电阻、导线若干

## 4 实验步骤

### 4.1 纹波系数

1. 将信号源输出参数设置为 500Hz,  $V_{p-p} = 10V$  (正弦交流信号)。
2. 使用 4 个二极管, 2 个  $1\mu F$  电容和  $1k\Omega$  电阻组装全波整流滤波电路 ( $\pi$  型滤波电路), 使用电阻箱作为负载  $R_L$ , 连接电路
3. 闭合开关, 使电阻箱在  $20\Omega$   $2000\Omega$  范围内变化, 使用万用表测量负载  $R_L$  (即电阻箱) 两端的直流电压和交流电压有效值。
4. 计算不同负载时该电源的纹波系数  $K_u$  和输出功率  $P$ , 分别绘制  $K_u$  和  $P$  随  $R_L$  的变化曲线。
5. 改用单个  $10\mu F$  电容器进行滤波, 仿照上述步骤连接电路并测定相同数据, 绘制曲线。
6. 通过曲线和测量结果分析优劣。

## 4.2 电源的开路电压和短路电流

1. 根据电路图示意，连接电压补偿法电路
2. 闭合开关，调节滑动变阻器滑片，直到检流计示数为 0，读出此时电压表的示数，即为电源开路电压的测量值
3. 类似地，连接电流补偿法电路
4. 闭合开关，调节滑动变阻器滑片，直到检流计示数为 0，读出此时毫安表的示数，即为电源短路电流的测量值
5. 根据测量的数据计算待测电源的内阻

## 4.3 电表改装和定标

1. 将微安表与电阻箱串联，电阻箱调至较大电阻，使用欧姆表（万用表电阻档）直接测量两者串联电压
2. 调整电阻箱电阻至合适位置（本实验中，可恰好除去电阻箱而使微安表示数在量程范围内）
3. 通过欧姆表示数，直接读出微安表阻值（本实验中，微安表内阻在欧姆表中值电阻附近，所以不需要进行更精确的测量）
4. 计算出改装为 2V 电压表所需串联的电阻阻值，并进行改装
5. 按电路图连接定标电路。
6. 闭合开关，移动滑动变阻器滑片，每间隔 0.20V 左右记录两电表示数
7. 将记录示数进行比较，绘制定标曲线

# 5 实验数据

## 5.1 纹波系数和功率曲线

表 1: 小电容  $\pi$  型滤波实验

负载 $R_L(\Omega)$	直流电压 (V)	交流有效值 (V)	功率 (W)	$K_u$	负载 $R_L(\Omega)$	直流电压 (V)	交流有效值 (V)	功率 (W)	$K_u$
20	0.0514	0.0086	0.0001	16.7%	750	1.2505	0.0482	0.0021	3.8%
30	0.0765	0.0129	0.0002	16.7%	900	1.4073	0.0464	0.0022	3.3%
50	0.1255	0.0205	0.0003	16.3%	1000	1.4977	0.0450	0.0022	3.0%
80	0.1965	0.0295	0.0005	15.0%	1200	1.6586	0.0421	0.0023	2.5%
100	0.2420	0.0342	0.0006	14.1%	1400	1.7966	0.0397	0.0023	2.2%
200	0.4525	0.0473	0.0010	10.4%	1500	1.8586	0.0385	0.0023	2.1%
300	0.6371	0.0514	0.0013	8.1%	2000	2.115	0.0335	0.0022	1.6%
500	0.9461	0.0515	0.0018	5.4%					

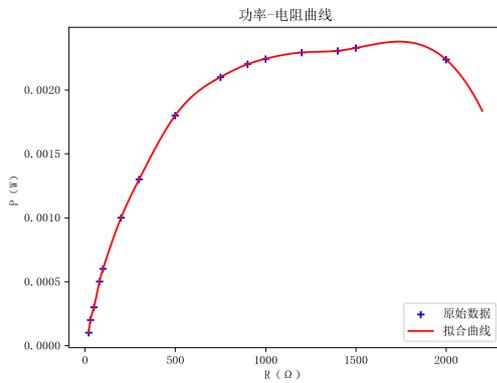


图 4: 小电容  $\pi$  型滤波——功率-电阻曲线

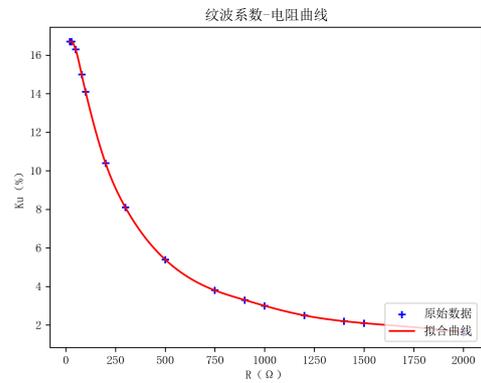


图 5: 小电容  $\pi$  型滤波——纹波系数-电阻曲线

表 2: 大电容单电容滤波实验

负载 $R_L(\Omega)$	直流电压 (V)	交流有效值 (V)	功率 (W)	$K_u$	负载 $R_L(\Omega)$	直流电压 (V)	交流有效值 (V)	功率 (W)	$K_u$
20	0.4942	0.2145	0.0122	43.4%	750	2.759	0.0759	0.0101	2.8%
30	0.6747	0.2359	0.0152	35.0%	900	2.845	0.0667	0.0090	2.3%
50	0.9594	0.2408	0.0184	25.1%	1000	2.896	0.0617	0.0084	2.1%
80	1.2695	0.2259	0.0201	17.8%	1200	2.978	0.0538	0.0074	1.8%
100	1.4279	0.2140	0.0204	15.0%	1400	3.042	0.0479	0.0066	1.6%
200	1.9311	0.1656	0.0186	8.6%	1500	3.076	0.0453	0.0063	1.5%
300	2.213	0.1353	0.0163	6.1%	2000	3.181	0.0358	0.0050	1.1%
500	2.535	0.0999	0.0129	3.9%					

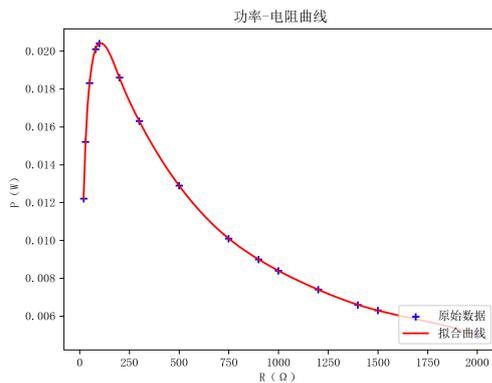


图 6: 大电容单电容滤波——功率-电阻曲线

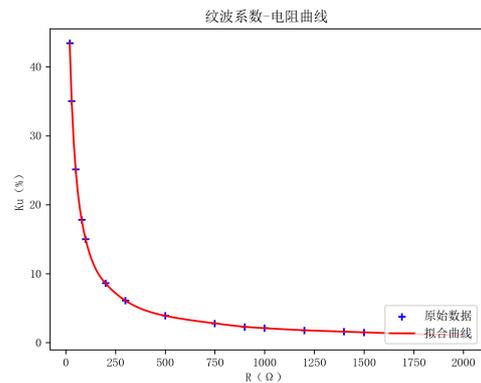


图 7: 大电容单电容滤波——纹波系数-电阻曲线

## 5.2 电源的开路电压和短路电流

测定出待测电源的开路电压为 1.6070V，短路电流 5.50mA，计算得到的内阻为  $R = 292\Omega$ （只能保留到三位有效数字）



### 5.3 改装电表定标曲线

测定出  $100\mu\text{A}$  微安表的内阻为  $1138.4\Omega$ ，计算得需要串联的电容为  $R^* = 18861.6\Omega$

定标数据如下（因为改装表读数只能保留到 2 位有效数字，所以将标准表示数也改为两位有效数字）：

表 3: 大电容单电容滤波实验

标准表示数 (V)	改装表示数 (V)	差值 (V)
0.21	0.21	0.00
0.40	0.41	-0.01
0.60	0.62	-0.02
0.80	0.81	-0.01
1.00	1.00	0.00
1.20	1.21	-0.01
1.40	1.42	-0.02
1.60	1.60	0.00
1.80	1.79	0.01
2.00	2.00	0.00

于是可以绘制出定标曲线：

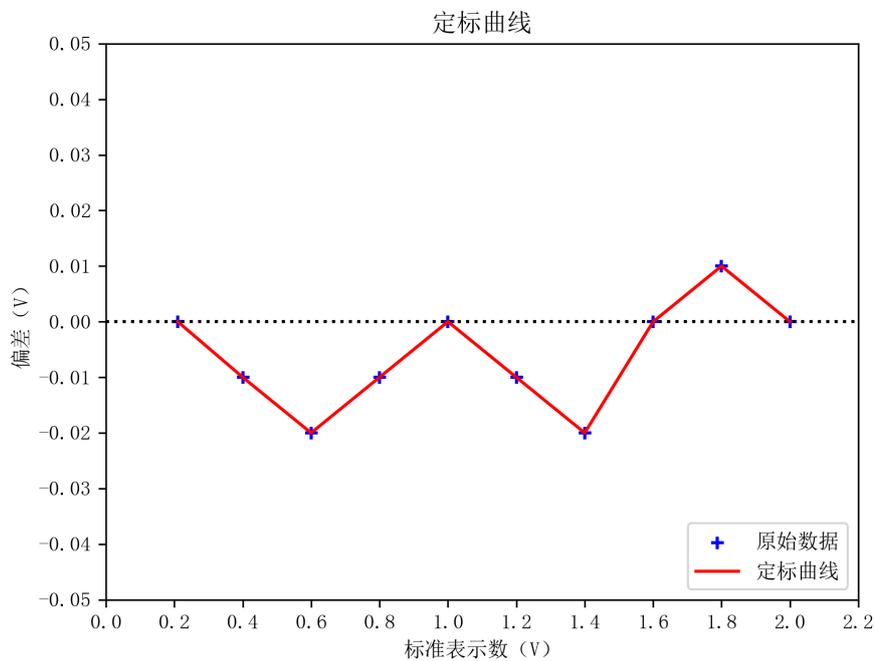


图 8: 定标曲线



## 6 讨论与思考题

### 6.1 讨论

#### 6.1.1 最大功率点

从图像上可以大致看出，小电容  $\pi$  型滤波的功率最大值大约出现在  $R_L \approx 1600\Omega$  左右， $P_{max} \approx 0.0023W$ ；

而大电容单电容滤波功率最大值大约在  $R_L \approx 150\Omega$  处，最大功率大约是  $P_{max} \approx 0.0204W$

#### 6.1.2 定标曲线的观察

通过观察定标曲线可以看出，在小电压时，常出现单向（负向）偏差，而在大电压时偏差方向相反。这种情况下，应当根据定标结果，对所串联的电阻  $R^*$  进行微调，使得定标计算的残差尽可能小。

### 6.2 思考题：关于两种滤波方法的比较

从图像上可以看出，小电容  $\pi$  型滤波输出的直流电纹波系数较低，所含交流分量很少；但由于滤波需要使用电阻，造成功率损耗，因此同等负载下输出电压较小，功率较低；

大电容单电容滤波在同样负载电阻时，纹波系数较大；但是随着负载增大，纹波系数也能迅速降低；而且由于滤波中无滤波电阻损耗，所以同等负载下输出电压较大，输出功率较高。