

直流电源特性

实验报告

PB22051031 李毅

PHYS1008B.02

教室：一教 1402 座位号：10

2023 年 6 月 12 日

第一部分 实验目的

直流电是指方向和时间不作周期性变化的电流，但电流大小可能不固定，可以有一定的波动，本实验的目的是掌握直流电源特性的测量方法，了解负载对电源输出特性的影响，掌握非线性内阻电源开路电压和短路电流的测量方法。

第二部分 实验数据

1. 基础内容—不同负载下纹波系数的测量

(1) 测量负载功率曲线

信号源频率选 500Hz， $V_{p-p} = 10V$ ，正弦交流信号；电容选 $1\mu F$ ，在面包板上连接 π 型全波整流滤波电路，通过电阻箱改变负载电阻，电阻选取的思路为：先在 20-2000 Ω 的范围内近似等差取 6-8 个点，然后在功率最大值点附近再取 4 个点。实验测得直流，交流电压与负载功率如下：

表 1: π 型滤波， $1\mu F$ 下，电阻与负载功率关系数据记录表

R/ Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	P/mW	R/ Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	P/mW
20	0.053	0.010	0.140	1800	2.028	0.036	2.285
300	0.644	0.053	1.382	2000	2.121	0.034	2.249
600	1.088	0.051	1.973	1100	1.584	0.044	2.281
900	1.414	0.047	2.222	1300	1.727	0.041	2.294
1200	1.665	0.043	2.310	1400	1.792	0.040	2.294
1500	1.855	0.039	2.294	1600	1.913	0.038	2.287

绘制负载功率曲线如下：

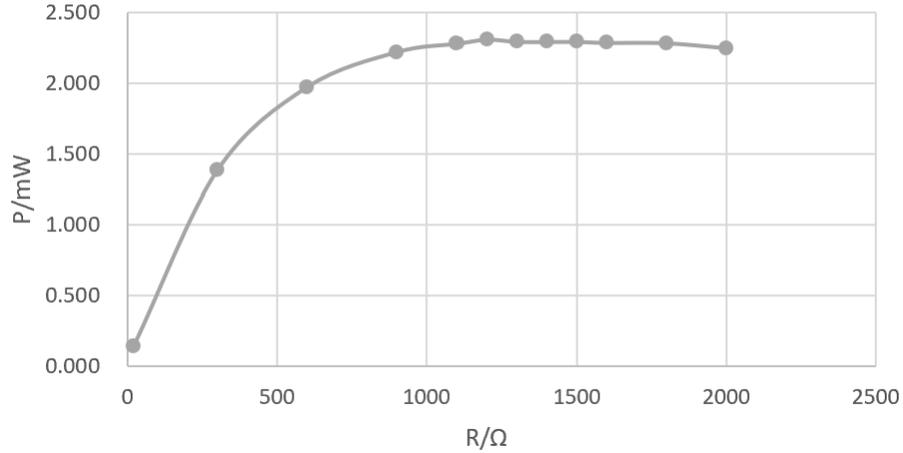


图 1. π 型滤波, $1\mu F$ 下的负载功率曲线

观察得, 在信号源频率为 500Hz , $V_{p-p} = 10\text{V}$, 电容 $1\mu F$, 使用 π 型滤波电路时, 当 $R=1200\Omega$ 左右时负载功率最大, 为 2.310mW 。

(2) 测量纹波系数曲线

信号源频率选 500Hz , $V_{p-p} = 10\text{V}$, 正弦交流信号; 电容选 $1\mu F$, 在面包板上连接 π 型全波整流滤波电路, 通过电阻箱改变负载电阻, 电阻选取的思路为: 在 $20\text{-}2000\Omega$ 的范围内先密后疏的取 10 个点。实验测得直流, 交流电压与纹波系数数据如下:

表 2: π 型滤波, $1\mu F$ 下, 电阻与纹波系数关系数据记录表

R/Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	纹波系数	R/Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	纹波系数
20	0.051	0.009	17.65%	500	0.930	0.051	5.48%
50	0.123	0.021	17.07%	700	1.176	0.048	4.08%
100	0.237	0.034	14.35%	1000	1.470	0.044	2.99%
200	0.444	0.047	10.59%	1500	1.826	0.038	2.08%
300	0.626	0.051	8.15%	2000	2.084	0.033	1.58%

绘制纹波系数曲线如下:

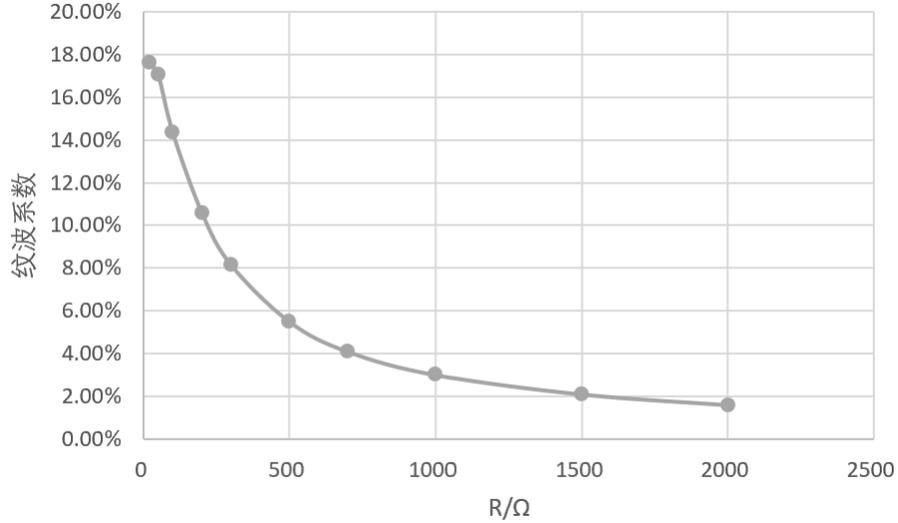


图 2. π 型滤波, $1\mu\text{F}$ 下的纹波系数曲线

观察得, 在信号源频率为 500Hz , $V_{p-p} = 10\text{V}$, 电容 $1\mu\text{F}$, 使用 π 型滤波电路时, 纹波系数随着电阻增大而减小。

(3) 电容对纹波系数的影响

改用单个 $10\mu\text{F}$ 电容, 连接全波整流滤波电路, 其他条件不变。通过电阻箱改变负载电阻, 电阻选取的思路为: 先在 $20\text{-}2000\Omega$ 的范围内近似等差取 6-8 个点, 然后在功率最大点附近再取 4 个点 (后为更加精确增取了 3 个点)。实验测得直流, 交流电压与负载功率如下:

表 3: 电容滤波, $10\mu\text{F}$ 下, 电阻与负载功率关系数据记录表

R/Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	P/mW	R/Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	P/mW
20	0.472	0.206	11.139	100	1.371	0.209	18.796
300	2.128	0.132	15.095	200	1.875	0.164	17.578
600	2.571	0.088	11.017	400	2.352	0.115	13.830
900	2.791	0.067	8.655	500	2.492	0.101	12.420
1200	2.928	0.055	7.144	40	0.786	0.232	15.445
1500	3.024	0.046	6.096	60	1.027	0.229	17.579
1800	3.095	0.040	5.322	80	1.219	0.220	18.575
2000	3.133	0.037	4.908				

绘制负载功率曲线如下:

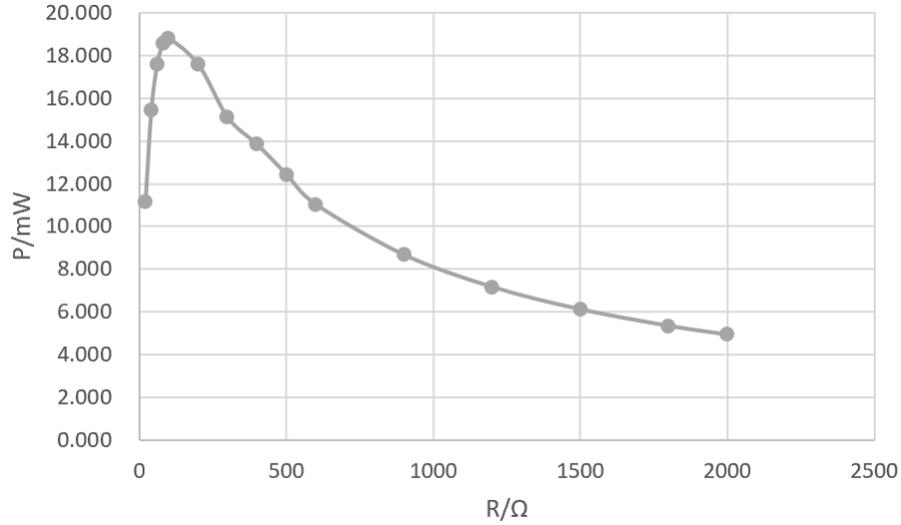


图 3. 电容滤波, $10\mu F$ 下的负载功率曲线

观察得, 在信号源频率为 500Hz , $V_{p-p} = 10\text{V}$, 电容 $10\mu F$, 使用电容滤波电路时, 当 $R=100\Omega$ 左右时负载功率最大, 为 18.796mW 。

接着, 我们在在 $20\text{-}2000\Omega$ 的范围内先密后疏的取 10 个点。实验测得直流, 交流电压与纹波系数数据如下:

表 4: 电容滤波, $10\mu F$ 下, 电阻与纹波系数关系数据记录表

R/Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	纹波系数	R/Ω	U_{DC}/V	U_{AC}/V	P/mW
20	0.471	0.205	43.52%	500	2.497	0.101	4.04%
50	0.919	0.233	25.35%	700	2.689	0.081	3.01%
100	1.380	0.210	15.22%	1000	2.869	0.064	2.23%
200	1.884	0.165	8.76%	1500	3.044	0.047	1.54%
300	2.169	0.135	6.22%	2000	3.151	0.037	1.17%

绘制纹波系数曲线如下:

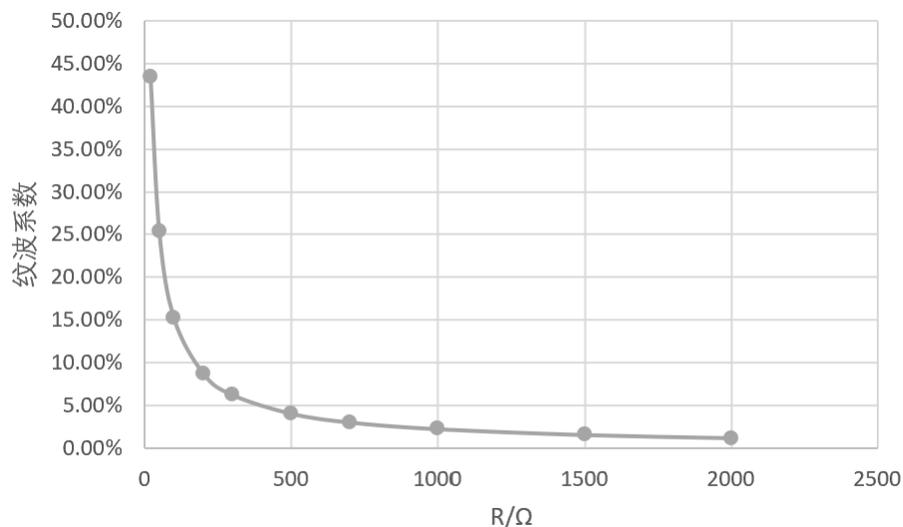


图 4. 电容滤波, $10\mu F$ 下的纹波系数曲线

观察得, 在信号源频率为 500Hz , $V_{p-p} = 10\text{V}$, 电容 $10\mu F$, 使用电容滤波电路时, 纹波系数同样随着电阻增大而减小。

2. 提升内容-非线性内阻电源开路电压和短路电流的测定

我们采用等效电路或补偿法来进行测量, 电路图如下:

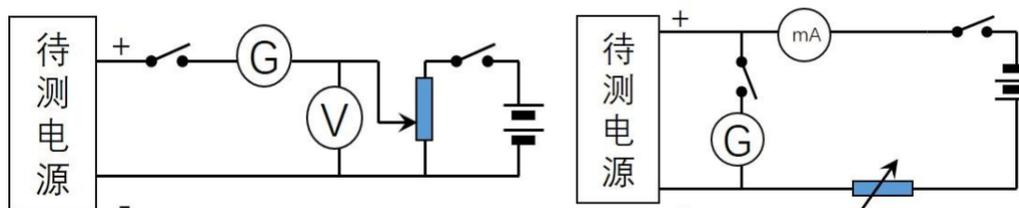


图 5. 等效电路法测量开路电压和短路电流电路图

测得开路电压 $U = 1.599\text{V}$, 短路电路 $I = 5.404\text{mA}$, 电源内阻 $R = \frac{U}{I} = 295.9\Omega$

3. 进阶内容—电表改装

如图 6 所示，设计等效替代法，测量电表内阻
 测得电表内阻 $R_A = 1160\Omega$ 。

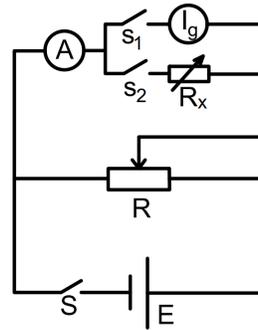


图 6. 等效替代法测量电表内阻

如图 7 所示，给电流表串联一电阻，得到改装电压表。

由电流表满偏电流 $I_g = 100\mu A$ ，得改装电压表内阻 $R_V = \frac{U_g}{I_g} = 20000\Omega$ 。

因为电流表内阻 $R_A = 1160\Omega$ ，得 $R = R_V - R_A = 18840\Omega$ ，可利用电阻箱调节出一个 18840Ω 的电阻与电流表串联得到改装电压表。

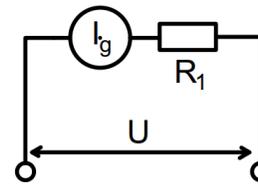


图 7. 改装电压表原理图

4. 高阶内容—改装电表的定标

设计如图 8 的定标电路，使用万用表作为标准电压表，得到数据如下：

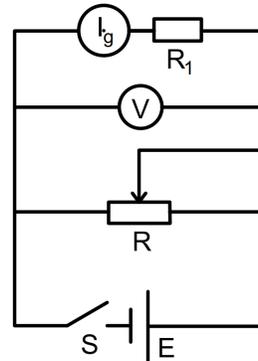


图 8. 定标电路

表 5: 定标数据表

$U_{\text{标}}/V$	$I_{\text{表}}/\mu A$	$U_{\text{表}}/V$
0.459	22.9	0.458
0.613	30.2	0.604
0.857	42.2	0.844
0.271	13.1	0.262
0.158	7.9	0.158

对比上述数据发现，改装电压表读数略微偏小，可能是分压内阻偏大的缘故

第三部分 思考题

简述单大电容和小电容 π 型滤波的优劣

综合基础实验部分中的四组实验数据，我们将输出功率曲线和纹波系数曲线绘制在一起，得到下图：

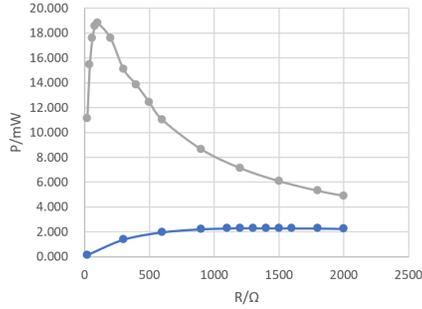


图 9. 负载功率曲线

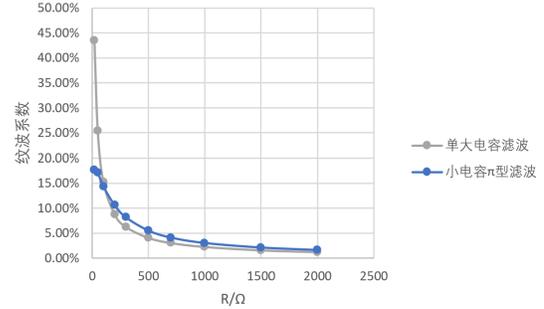


图 10. 纹波系数曲线

从图中，我们发现：

1. 从输出功率方面看，小电容 π 型滤波电路与单大电容滤波电路的负载输出功率都随着负载电阻变化而变化，变化趋势为先增大后减小。但功率峰值时对应的阻值不同，小电容 π 型滤波电路达到功率最大时的阻值大于电容滤波电路的。而且在同一负载阻值下，比较两次实验结果可知，电容滤波电路直流电压更大，因此功率更大。
2. 从纹波系数方面，随着负载电阻增大，两种滤波方式的纹波系数均减小。且在同一负载阻值下，当阻值较大时，单大电容滤波电路纹波系数较小，效果更好。阻值较小时，小电容 π 型滤波电路纹波系数较小，效果更好。

综上所述，两种方法各有优劣，要结合需求来选择合适的滤波方法。

致谢

感谢中国科学技术大学物理实验教学中心和牟一鹏老师