

直流电源特性实验报告

少年班学院 小组2号 PB21000004 吴越 2022年5月9日

摘要

本实验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。

- π 型全波整流电路负载功率和纹波系数的测量。
- 单电容型全波整流电路负载功率和纹波系数的测量。
- 非线性内阻电源开路电压和短路电流的测定。
- 实验结果分析。

背景介绍

- 简介：直流电（Direct Current，简称 DC）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。
- 作用：主要应用于各种电子仪器、电解、电镀、直流电力拖动等方面。
- 方法：本实验采用采用等效电路或补偿法来测量开路电压和短路电流。因为干电池具有非线性内阻，不适用 U-I 曲线外推法进行测量。

第一部分 实验方法

1.实验器材:

信号发生器, 示波器, 数字电压表(直流电压档、交流电压档), 电阻箱, 面包板, 整流二极管, 电容, 电阻, 导线若干, 检流计, 滑动变阻器, 微安表, 电源, 电池。

2.实验原理:

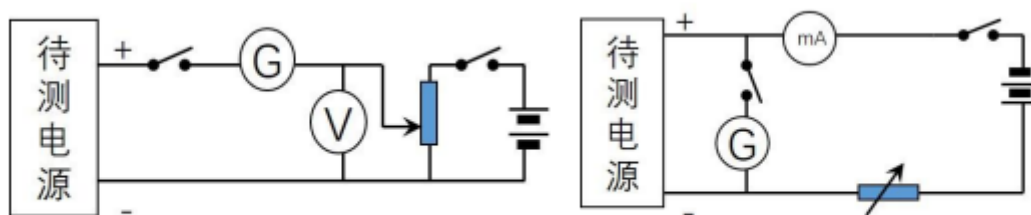
2.1 纹波系数

直流稳压电源不可避免地在直流稳定量中带有一些交流成分, 这种叠加在直流稳定量上的交流分量就称之为纹波。纹波系数是指负载上交流电压的有效值与直流电压之比, 是表征直流电源品质的一个重要参数。

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

2.2 电源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。对于有些具有非线性内阻的电源, 不适用 $U-I$ 曲线外推法进行测量, 故采用等效电路或补偿法来进行测量, 电路图如下: 由电路知识可知, 当G的示数为0时, 电压表, 微安表的示数就分别为电源开路电压和短路电流了。



等效电路法测量开路电压和短路电流电路图

3.实验步骤

(1) 测量负载功率与纹波系数曲线实验:

- 1.检查仪器是否正常工作, 用万用表检查二极管的连通性是否正常。
- 2.将信号发生器调节至 $U_{p-p} = 10V$, 频率为 500Hz, 在面包板上连接 π 型全波整流电路。
- 3.负载 R_L 连接电阻箱, 调节至 10Ω , 用万用表测量负载上的直流和交流电压。
- 4.改变电阻箱电阻 20~2000 Ω (本试验中取 12 个点), 重复 3 步骤。
- 5.换用 $10\mu F$ 单电容连接全波整流电路, 重复 3,4 步骤。

(2) 电源 E_x 的开路电压与短路电流测量实验:

- 1.调零各电表, 按照图示连接电路图。
- 2.测量开路电压, 先调节滑动变阻器至最下端, 闭合开关。
- 3.目视检流计, 缓慢调节滑动变阻器至检流计实数为零, 读出此时的电压表示数。
- 4.连接测量短路电流的电路图, 调节电阻箱至合适位置后闭合两开关。
- 5.目视检流计, 缓慢调节滑动变阻器至检流计实数为零, 读出此时的电流表示数。

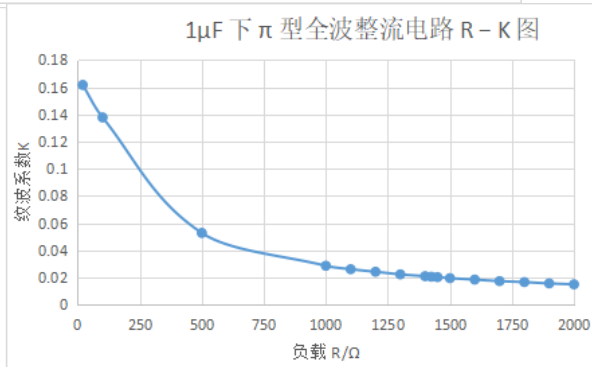
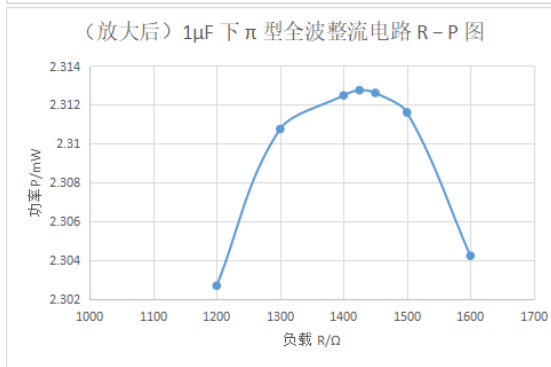
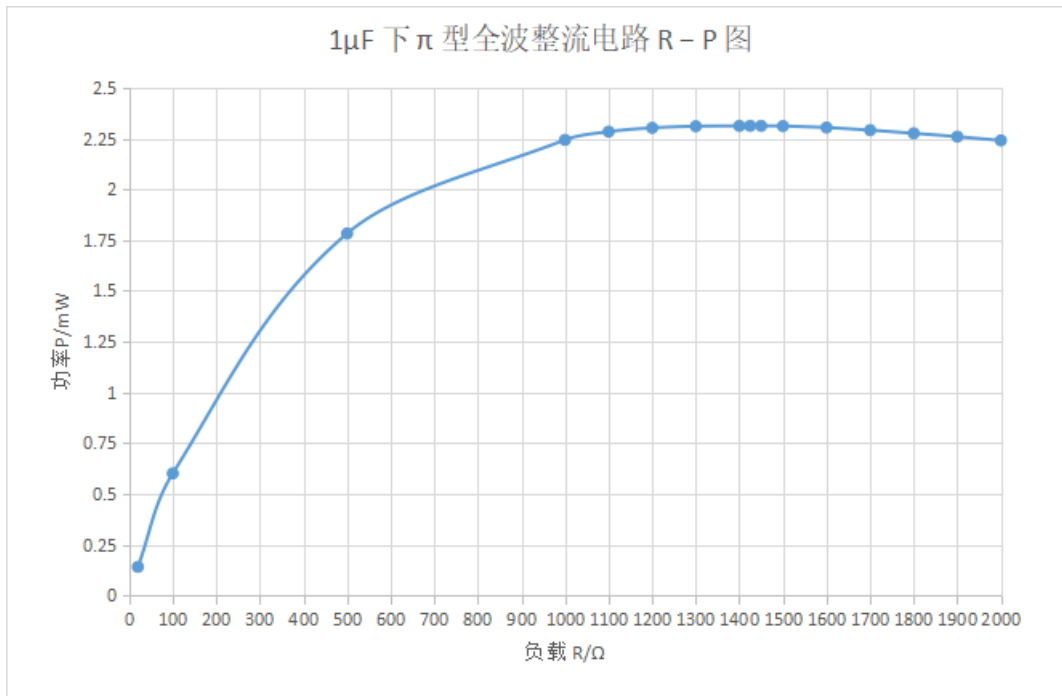
第二部分 结果和分析

1. π 型全波整流滤波电路

电容选用 $1\mu F$ ，在面包板上连接 π 型全波整流滤波电路，数据和曲线如下。

负载 R/ Ω	直流电压/V	交流电压/V	功率P/mW	纹波系数K
20	0.0532	0.0086	0.1415	16.165 %
100	0.2453	0.0338	0.6017	13.779%
500	0.9441	0.0499	1.7826	5.285%
1000	1.4979	0.043	2.2437	2.871%
1100	1.5851	0.0415	2.2841	2.618%
1200	1.6623	0.0404	2.3027	2.430%
1300	1.7332	0.0388	2.3108	2.239%
1400	1.7993	0.0379	2.3125	2.106%
1425	1.8154	0.0375	2.3128	2.066%
1450	1.8312	0.0373	2.3126	2.037%
1500	1.8621	0.0365	2.3116	1.960%
1600	1.9201	0.0356	2.3042	1.854%
1700	1.9737	0.0344	2.2915	1.743%
1800	2.024	0.0338	2.2759	1.670%
1900	2.072	0.0326	2.2596	1.573%
2000	2.117	0.0319	2.2408	1.507%

选取思路：实际测量时，当负载从1400 Ω 增加到1500 Ω 时，计算发现功率P有下降，说明功率最大值在1400 Ω 到1500 Ω 之间，因此我们在1400 Ω 到1500 Ω 进一步使用二分法缩小最大功率负载范围区间，以进一步测得最大功率对应的负载。



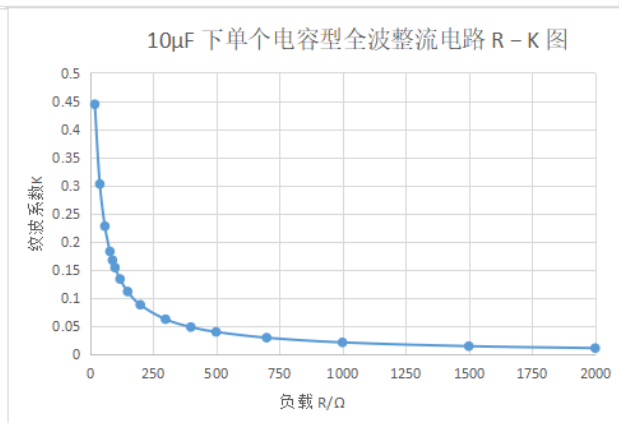
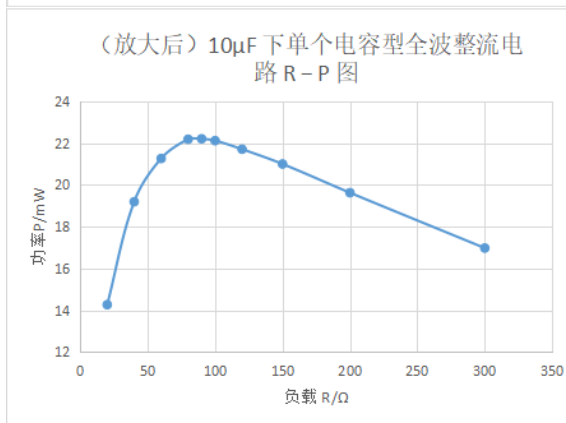
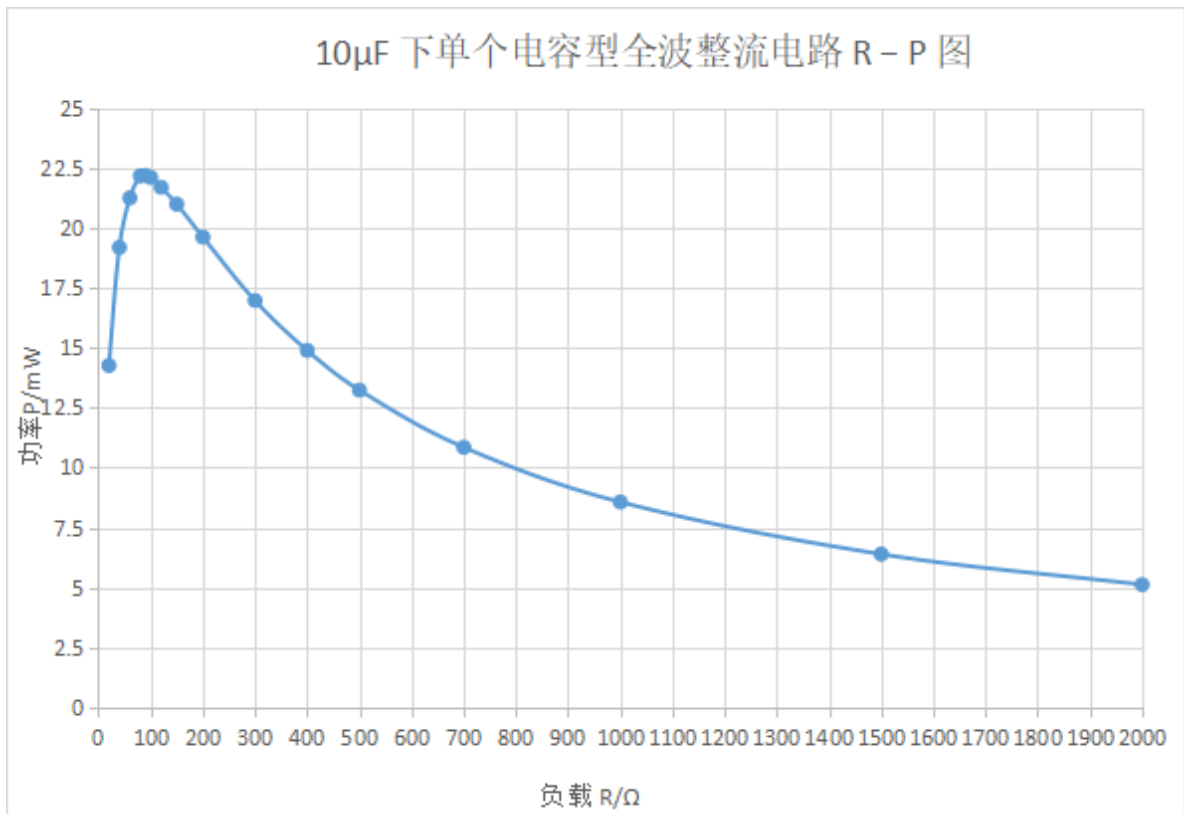
由图像可知，负载 $R=1425\Omega$ 左右时，电容 $1\mu F$ 下 π 型全波整流电路输出功率最大，约为 2.313mW

2. 单个 $10\mu F$ 电容型全波整流滤波电路

电容选用 $10\mu F$ ，在面包板上连接单个电容型全波整流滤波电路，数据和曲线如下。

负载 R/Ω	直流电压/V	交流电压/V	功率P/mW	纹波系数K
20	0.5342	0.2372	14.268	44.403%
40	0.8763	0.2651	19.198	30.252%
60	1.1296	0.2572	21.267	22.769%
80	1.3323	0.2436	22.188	18.284%
90	1.4138	0.2367	22.209	16.742%
100	1.4873	0.2295	22.121	15.431%
120	1.6141	0.2162	21.711	13.394%
150	1.7750	0.1984	21.004	11.177%
200	1.9814	0.1748	19.630	8.822%
300	2.257	0.1412	16.980	6.256%

负载 R/ Ω	直流电压/V	交流电压/V	功率P/mW	纹波系数K
400	2.441	0.1188	14.896	4.867%
500	2.573	0.1031	13.241	4.007%
700	2.756	0.0821	10.851	2.979%
1000	2.927	0.0628	8.567	2.146%
1500	3.096	0.0458	6.390	1.479%
2000	3.199	0.0363	5.117	1.135%



根据测量结果，负载 $R = 85\Omega$ 附近时，单个 $10\mu\text{F}$ 电容型全波整流滤波电路功率 P 最大，约为 22.21mW 。

综合上面两个实验分析：

(1) 输出功率：由图像可知， π 型全波整流电路与单电容全波整流电路的负载输出功率都随着负载变化而变化，都有先增后减的趋势。但达到功率最大值时的负载阻值不同， π 型全波整流电路达到功率最大值时的负载比单电容全波整流电路阻值要大。且在同一负载阻值下，比较两次实验结果可知单电容全波整流电路，直流电压更大，因此功率更大。

(2) 纹波系数：由图像可知，随着负载阻值的增大，两种电路纹波系数均减小，且在同一负载阻值下，比较两次实验结果可知阻值较小时，单电容全波整流电路纹波系数较小，效果更好。阻值较大时， π 型全波整流电路纹波系数较小，效果反而更好。

综上所述，两种电路各有优劣，要结合实际情况来选择合适的滤波方法。

3.非线性内阻电源开路电压和短路电流的测定

测量待测电源 E_x 的开路电压和短路电流，并计算 E_x 内阻。结果如下：

直流电压/V	短路电流/mA	电源内阻 r/Ω
1.6014	5.27	303.87

测得开路电压 $U = 1.6014V$ ，短路电流 $I = 5.27mA$ ，内阻 $r = \frac{U}{I} \approx 303.87\Omega$

误差分析：

根据分析，在实验过程中主要有以下因素引起误差：

1. 二极管等元件存在一定阻抗，对电路有影响，使电压在电路中有损耗。
2. 万用表本身也存在一定内阻，会分得部分电流，给实验结果带来误差。
3. 电路本身并不稳定，在测量时电压值的波动较大，给测量带来一定困难。

实验讨论：

通过直流电源特性实验，我：

- (1) 掌握了电路的连接，排查错误能力。
- (2) 掌握用面包板连接电路的能力。
- (3) 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。
- (4) 实践并掌握了非线性内阻电源开路电压和短路电流的测量方法。
- (5) 懂得了分析基本误差的来源，提出进行修正和改进的方法。
- (6) 提升了其他与试验相关的能力。

第三部分 思考题

Q:简述单大电容和小电容 π 型滤波的优劣。

答：

(1) 单大电容：更适用于频率较低，负载阻值较小的情况。在使用单大电容进行滤波时，由实验结果可知负载阻值较小时单大电容负载的直流电压大，功率大，纹波系数小，滤波效果更好。

(2) 小电容 π 型滤波：更适用于频率较高，负载阻值较大的情况。在使用小电容 π 型滤波行滤波时，由实验结果可知负载阻值较大时小电容 π 型滤波行滤波的纹波系数小，滤波效果更好。

综上所述，在相同负载单大电容滤波后输出的直流电压较高，输出功率大，但是纹波系数相较于小电容 π 型可能会偏大，滤波效果偏差；小电容 π 型滤波效果在负载阻值较大时更好，但是滤波后的直流电压较小，电压的损耗较大。因此在实际应用中，应当结合实际情况来选择合适的滤波方法，不存在绝对的优劣之分。