**实　验　报　告** 评分：

2020 级 11 系 3 班 姓名 黄瑞轩 日期 2021年5月30日 № PB20111686

**实验目的：**了解整流滤波电路的基本工作原理，并测量两种电源的特性

**实验器材：**示波器、电源、面包板、导线、电阻、电容、二极管、万用表、电池、毫安表、检流计、电阻箱

**实验原理：**

**交流电：**大小、方向都随时间改变。常见的正弦交流电表达式为*i*(*t*)＝*IP*sin(*ω*1*t*＋*φ*1)、*u*(*t*)＝*UP*sin(*ω*2*t*＋*φ*2)，三要素为振幅、频率和相位。有效值为有效＝、有效＝。

**整流：**在现代工农业生产和日常生活中，使用的是交流电。而整流电路的作用是把交流电转换成直流电，严格地讲是单方向大脉动直流电，利用二极管的单向导电性可实现整流；滤波电路的作用是把大脉动直流电处理成平滑的脉动小的直流电。

本实验采用半波、全波整流方法来进行整流，半波电路图如图1所示。当输入的交流电*ui*(*t*)＝*UP*sin*ωt*时，经整流后的输出电压：0≤*ωt*≤π时*uo*(*t*)＝*UP*sin*ωt*，π≤*ωt*≤2π时为0。直流平均值为＝∫ *uo*(*t*)d*t*＝*UP*。

全波整流电路图如图2所示，当输入的交流电*ui*(*t*)＝*UP*sin*ωt*时，经整流后的输出电压*uo*(*t*)＝*UP*|sin*ωt*|，直流平均值为＝∫ *uo*(*t*)d*t*＝*UP*。

**滤波：**

1. 单电容滤波

在交流电变化一个周期的过程中，由于二极管的单向导通性，使得电容器被充、放电。如此周而复始，形成了周期性的电容器充电放电过程。由于电容器的电压不能突变，故在这一小段时间内，它可被看成一个反电动势。由电容两端的电压不能突变的特点，可达到输出波形趋于平滑的目的。经滤波后的输出波形如图3所示。

1. π型RC滤波

前述电容滤波的输出波形脉动仍较大，尤其是负载电阻*R*L较小时。除非将电容容量增加（实际应用时难于实现）。在这种情况下，要想减少脉动可利用多级滤波方法，此时再加一级RC低通滤波电路，如图4所示，这种电路也称π型RC滤波电路，这种方法使得输出电压更平滑（但输出电压平均值要减少）。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 图1 半波整流电路图 | 图2 全波整流电路图 | 图3 单电容滤波器电路图 | 图4 单电容滤波的输出波形 |

**纹波系数：**直流稳压电源一般是由交流电源经过整流滤波稳压等环节而形成的，直流稳定量中不可避免地带有一些交流成分，这种叠加在直流稳定量上的交流分量就称之为纹波。一般可以用交流成分的有效值来表示纹波绝对强度的大小。 纹波系数是指负载上交流电压的有效值与直流电压之比，*Ku*＝，是表征直流电源品质的一个重要参数。除了与整流滤波电路品质有关之外，与外电路负载关系也很大。

**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。由于电压表的内阻不是无穷大，而电流表内阻也不可能为零，而且电源短路的时候容易烧毁电源，因此不能直接用电压表或电流表测量电源的开路电压和短路电流。因此采用等效电路或补偿法来进行测量，电路图如图5所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 图5 π型RC滤波电路 | 图6 等效电路法测量开路电压和短路电流电路图 |  |  |

**实验数据分析与处理**

1. 整流

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图7 半波整流输出  （图片经压平、负片处理，后同） | 图8 全波整流输出 |

1. 滤波

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图9 单电容滤波输出(1 μF) | 图10 π型RC滤波输出 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 1 μF单电容 | 10 μF单电容 | π型RC |
| 交流电压有效值 | 0.579 V | 27.39 mV | 0 mV |
| 直流电压 | 2.565 V | 2.916 V | 1.596 V |
| 纹波系数 | 0.2257 | 0.0094 | 0 |

表1 不同滤波电路纹波系数的计算数据

**观察分析：**用10 μF的电容进行滤波时，所得波形脉动更小，相应的纹波系数也更小。这是因为电容器的充放电时间常数，当外电阻*R*不变时，*C*越大，时间常数越大，充放电所需时间越长，在一个周期内波形的变化就越小。

1. 不同负载下纹波系数的测量

下面的表2、表3分别是π型RC电路的实验数据和单电容电路的实验数据，用Excel计算得到*P*和*Ku*。

**计算示例：**(表2第一组数据) ；

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RL | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 |
| 交流电压*u*/V | 0.0090 | 0.0135 | 0.0176 | 0.0213 | 0.0247 | 0.0278 | 0.0306 | 0.0331 | 0.0353 | 0.0391 | 0.0422 | 0.0446 | 0.0465 |
| 直流电压*U*/V | 0.051 | 0.077 | 0.102 | 0.127 | 0.151 | 0.176 | 0.199 | 0.222 | 0.246 | 0.291 | 0.335 | 0.377 | 0.419 |
| 功率*P*/W | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0008 | 0.0009 | 0.0010 |
| 纹波系数*Ku* | 0.1765 | 0.1753 | 0.1725 | 0.1677 | 0.1636 | 0.158 | 0.1538 | 0.1491 | 0.1435 | 0.1344 | 0.126 | 0.1183 | 0.111 |
| RL | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |
| 交流电压*u*/V | 0.0481 | 0.0518 | 0.0523 | 0.0515 | 0.0503 | 0.0488 | 0.0472 | 0.0443 | 0.0415 | 0.039 | 0.0367 | 0.0347 | 0.0329 |
| 直流电压*U*/V | 0.459 | 0.647 | 0.812 | 0.96 | 1.093 | 1.212 | 1.322 | 1.512 | 1.674 | 1.814 | 1.933 | 2.040 | 2.135 |
| 功率*P*/W | 0.0011 | 0.0014 | 0.0016 | 0.0018 | 0.0020 | 0.0021 | 0.0022 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0023 |
| 纹波系数*Ku* | 0.1048 | 0.0801 | 0.0644 | 0.0536 | 0.046 | 0.0403 | 0.0357 | 0.0293 | 0.0248 | 0.0215 | 0.019 | 0.017 | 0.0154 |

表2 π型RC电路的实验数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RL | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 |
| 交流电压*u*/V | 0.2203 | 0.2432 | 0.2483 | 0.247 | 0.2446 | 0.2396 | 0.2338 | 0.2277 | 0.2235 | 0.2115 | 0.2004 | 0.1903 | 0.1811 |
| 直流电压*U*/V | 0.5024 | 0.6852 | 0.8405 | 0.9688 | 1.099 | 1.202 | 1.295 | 1.379 | 1.442 | 1.575 | 1.688 | 1.785 | 1.870 |
| 功率*P*/W | 0.0126 | 0.0156 | 0.0177 | 0.0188 | 0.0201 | 0.0206 | 0.021 | 0.0211 | 0.0208 | 0.0207 | 0.0204 | 0.0199 | 0.0194 |
| 纹波系数*Ku* | 0.4385 | 0.3549 | 0.2954 | 0.255 | 0.2226 | 0.1993 | 0.1805 | 0.1651 | 0.155 | 0.1343 | 0.1187 | 0.1066 | 0.0968 |
| RL | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |
| 交流电压*u*/V | 0.1673 | 0.1358 | 0.1155 | 0.0931 | 0.0893 | 0.0815 | 0.0688 | 0.0638 | 0.0601 | 0.0567 | 0.052 | 0.0485 | 0.0436 |
| 直流电压*U*/V | 1.920 | 2.204 | 2.382 | 2.525 | 2.602 | 2.690 | 2.740 | 2.830 | 2.898 | 2.951 | 3.002 | 3.021 | 3.036 |
| 功率*P*/W | 0.0184 | 0.0162 | 0.0142 | 0.0128 | 0.0113 | 0.0103 | 0.0094 | 0.008 | 0.007 | 0.0062 | 0.0056 | 0.0051 | 0.0046 |
| 纹波系数*Ku* | 0.0871 | 0.0616 | 0.0485 | 0.0369 | 0.0343 | 0.0303 | 0.0251 | 0.0225 | 0.0207 | 0.0192 | 0.0173 | 0.0161 | 0.0144 |

表3 单电容电路的实验数据

用Origin作图，得到*P*-*R*L曲线、*Ku*-*R*L曲线如图所示。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 图11 *P*-*R*L曲线 | 图12 *Ku*-*R*L曲线 | 图13 π型RC电路*P*-*R*L曲线 |

图11对π型RC电路的功率峰值表示不佳，图13是单对π型RC电路作的*P*-*R*L曲线，可看到确有峰值出现。

**数据分析：**由图可见，单电容电路滤波的功率最大值出现在负载等于90欧姆处；π型RC电路滤波的功率最大值出现在负载等于1.4千欧姆处。单电容电路滤波的优点在于波形输出功率较大。但负载较小时纹波系数较大、且其随负载的变化也较大，不太稳定。π型RC电路优点在于纹波系数小、随负载变化小，输出波形比较稳定。但是相比于单电容电路波形的输出功率较小。

**误差分析：**本实验的主要误差在于万用表读数不太稳定，采集某些数据点时后几位不稳定，采用HOLD模式人为选取了一个数据，具有较大偶然性。

1. 非线性内阻电源开路电压和短路电流的测定

测量数据为开路电压1.6176 V、短路电流5.51 mA。

由此计算得内阻。

**误差分析：**本实验的主要误差在于读取检流计零刻度线处有一定的偏差，因为电阻箱最小单位是0.1Ω，导致不一定能准确地调到零刻度线处。此外，毫安表、电压表有系统误差。

**思考题**

1、整流、滤波的主要目的是什么？

整流的主要目的是将交流电变换为直流电；滤波的主要目的是把大脉动直流电处理成平滑的脉动小的直流电。

2、滤波电路中电容是否越大越好？请根据实验过程简述理由。

滤波电路中电容不是越大越好。根据实验过程，理由如下：

1. 电容容量的增大，会使电路体积变大，增加成本、影响空气流动和散热。
2. 电容上存在寄生电感，电容放电回路会在某个频点上发生谐振。在谐振点，电容的阻抗小。因此放电回路的阻抗最小，补充能量的效果也最好。但当频率超过谐振点时，放电回路的阻抗开始增加，电容提供电流能力便开始下降。电容越大，谐振频率越低，电容能有效补偿电流的频率范围也越小。

3、简述单大电容和小电容π型滤波的优劣。

**大电容优势：**容量大的电容容抗小，对交流成分的衰减量更大，可以提高滤波效果。

**大电容劣势：**开机时对电容的充电时间长，这一充电电流通过整流二极管时，如果电流强度太大、时间太长，则会损坏二极管。

小电容滤波的优劣与之相对应。