

1 整体设计

1.1 方案介绍和设计依据

1.1.1 为了将 220V 降到 5V，而且因为低电压可以更为方便的进行后续的设计，因此使用变压器将电源降为有效值为 10V 交流电压。

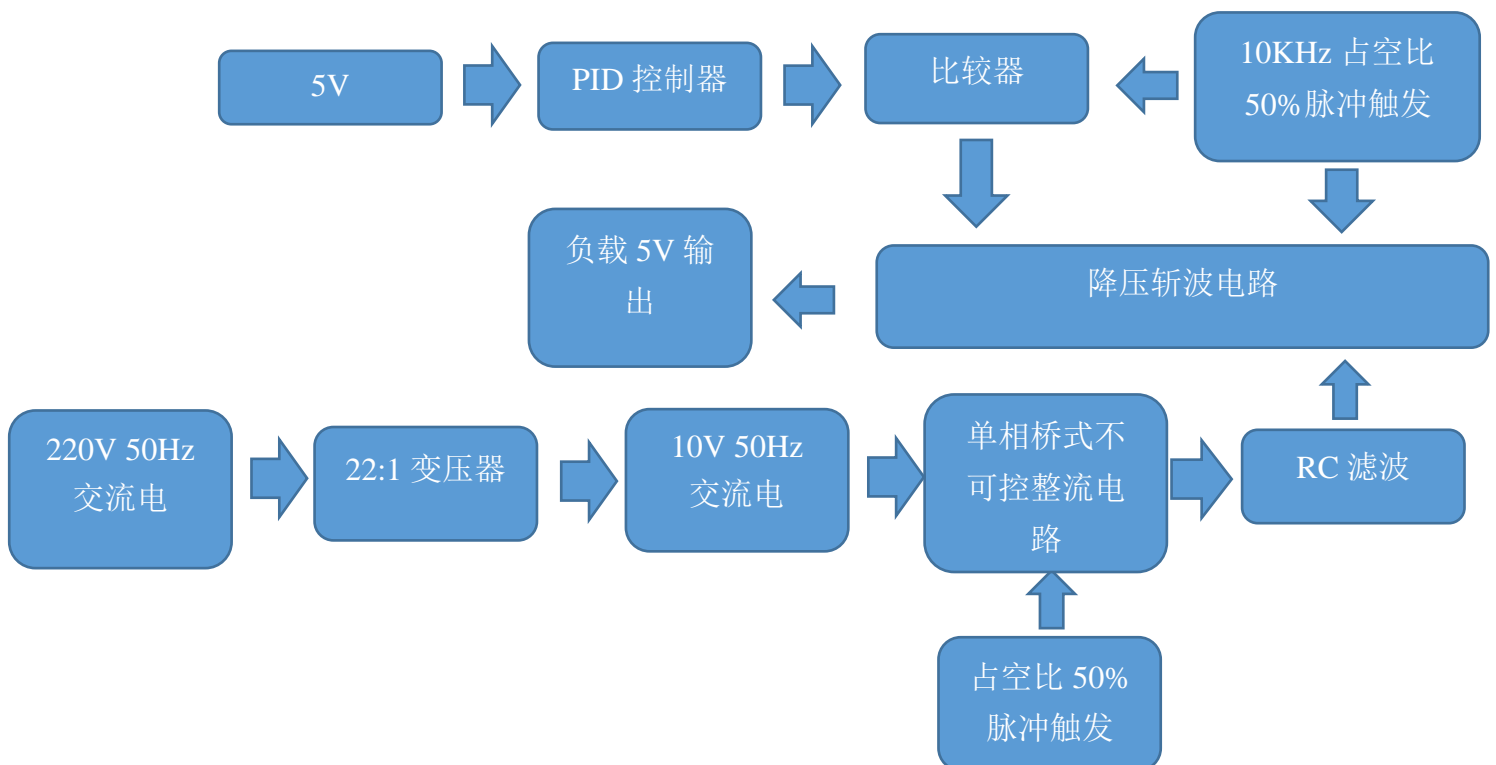
1.1.2 因为目的是将交流电转变为直流电，因此需要使用整流电路，这里使用的是单项桥式全控整流电路。

1.1.3 为了平稳地输出 5V 电压，所以要在输出前进行滤波操作，将杂波除去。

1.1.4 为了计算电路中电感、电容参数，使输出接上负载后能够输出特定电流的 5V 直流电压，使用降压斩波电路。

1.1.5 为了使输出更加精准，使用负反馈开关电源对输出进行调节。

1.2 系统框图



2 详细设计

2.1 变压部分

使用变压器将有效值为 220V 的正弦电压变为有效值 10V 的正弦电压。

变压器：利用电磁感应原理从一个电路向另一个电路传递电能或传输信号的一种电器，两个电路通过磁耦合，具有相同频率但电压、电流不同。通过理论及实验证明，可知变压器输入输出电压比即为变压器两端的一、二次线圈匝数比。

$$\text{即: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

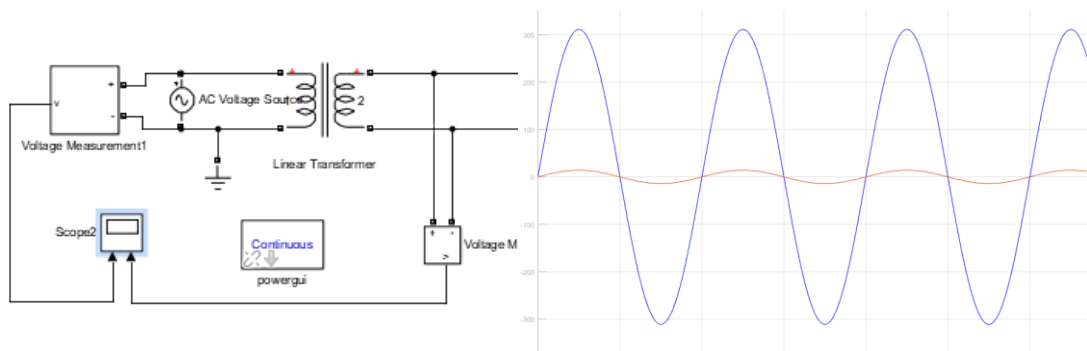


图 2-1-1 变压器部分电路及输入输出电压波形

2.2 整流及滤波部分

采用单相桥式不可控整流电路，该电路通过四个二极管的开通与关断整流。如下图所示

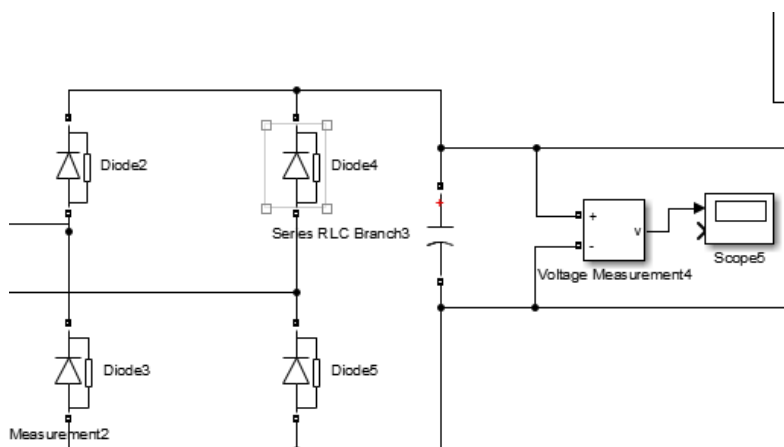


图 2-2-1 整流滤波电路

电路原理：使用四个二极管搭成一个单相桥式不可控整流电路，四个二极管两两一组，一组负责正半周期，另一组负责负半周期，通过控制不同二极管的导通情况，来进行整流，二极管缓冲电阻设置为 $5\ \Omega$ 。

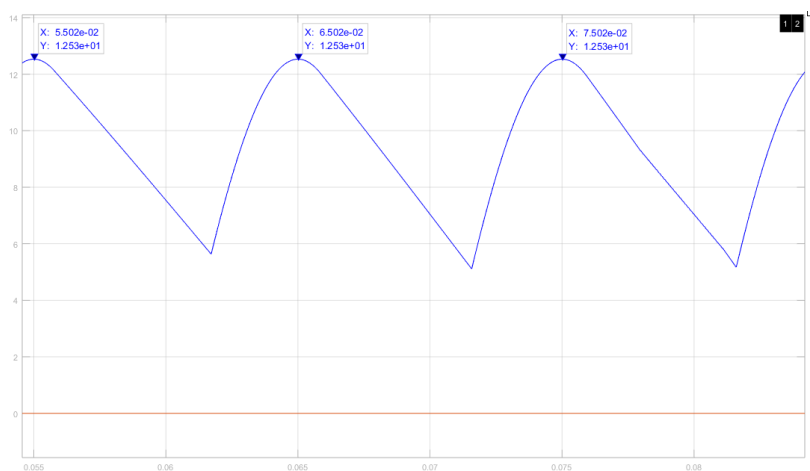


图 2-2-2 整流输出波形

由上图可知，输出电压在正常范围内。通过后面接一个大电容来进行滤波，电容具体数值可通过观察滤波后波形设置，波形呈现平稳的直流电。

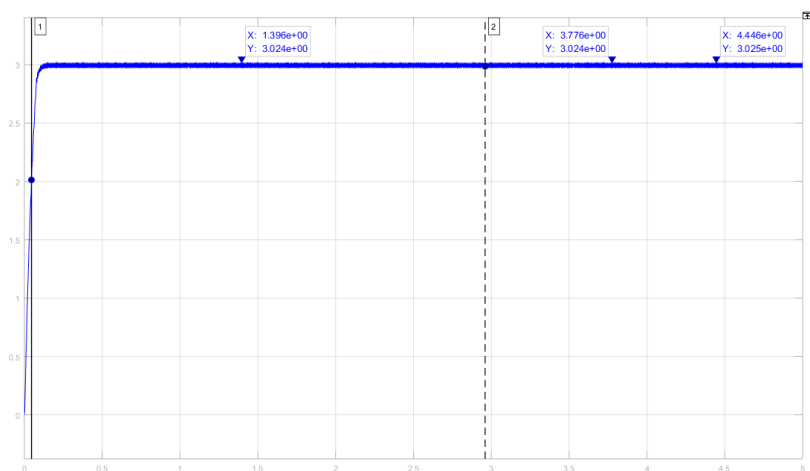


图 2-2-3 滤波后电压输出波形

2.3 降压部分及反馈调节部分

采用 DC/DC 变换电路中的 Buck 型降压电路，该电路能通过调节电路中开关器件的占空比来调节输出电压的大小，同时将脉动输入电流变为连续输出电流。

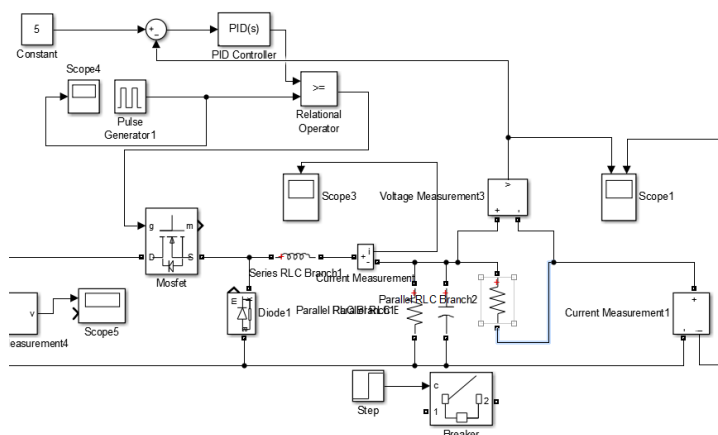


图 2-3-1 带负反馈的 Buck 型降压电路

工作过程：这里通过 2KHz 占空比为 50% 的脉冲来控制 Mosfet 的导通与关断。当 Mosfet 导通时，续流二极管因反向偏置而截止，电容开始充电，输入电压通过电感向负载传递能量。

参数计算与选择：

1. 触发脉冲频率为 10kHz，占空比为 50%；
2. 滤波电感：参数设置与负载电流的变化范围等有关，临界电感公式为：

$$L = \frac{(1-D)U_o}{2fI_o}$$

又 $D=50\%$ ， $U_o=5V$ ， $f=10kHz$ ， $I=1A$ ，算得临界电感 $L=1.25 \times H$ ，实际电感值选临界电感值的 2-3 倍，这里取 0.2H；

同理滤波电容 C ： $C = \frac{(1-D)U_o}{8 \times U_o L f^2}$ ，经计算取电容 1mF。

同时电路使用了负反馈控制的开关电源。输出电压会与参考电压相比较，得到误差，控制器根据误差调整控制量，即设置比例 P 和积分 I 参数来使电路达到稳定状态，比例项依据偏差的大小来动作，积分项目依据偏差是否存在来动作，在系统中消除余差。调试方法如下：

- a. 设置一个较小的 P 项，在输出不振荡时，增大比例增益 P。
- b. 设置一个较大的 I 项，在输出不振荡时，减小积分时间常数 T_i 。

通过不断试验，最终选择 $P=5000$ ， $I=2$ 时电路输出较为稳定。

最后接上负载电阻，可查看输出电压。

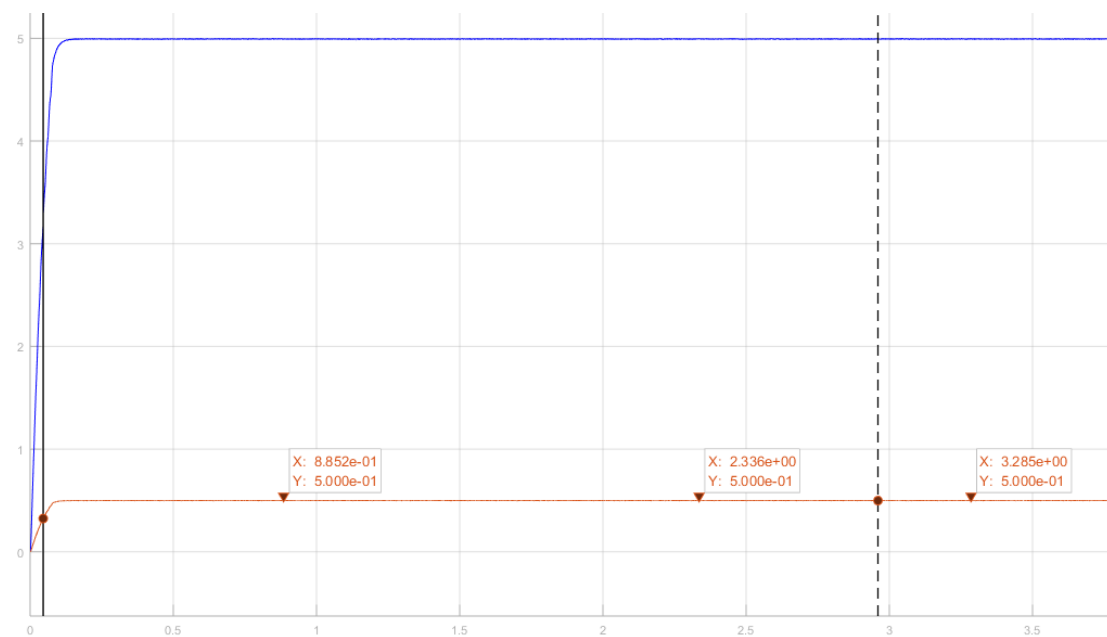


图 2-3-2 输出 5V 电压

3 仿真实验

3.1 整体仿真图

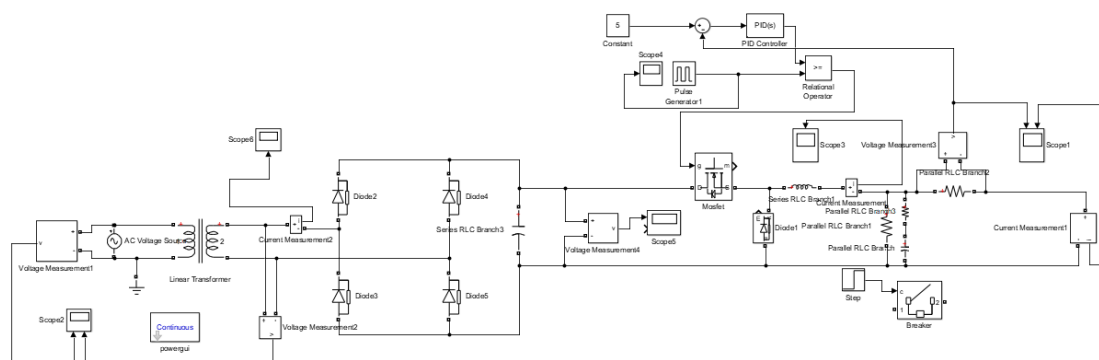


图 3-1 整体仿真图

3.1 输入电流 I_{in}

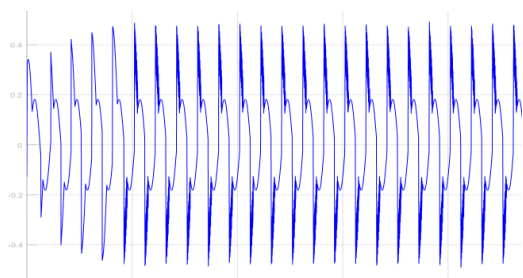


图 3-2 输入电流（电流表在变压器左）

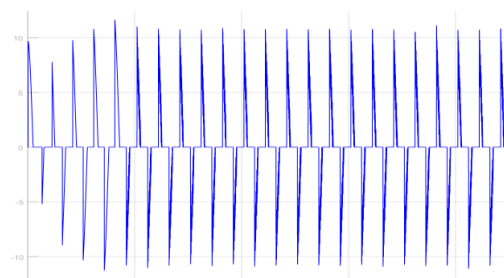


图 3-3 输入电流（电流表在变压器右）

3.2 输出电压 U_{out} 和输出电流 I_{out} （蓝色曲线为电压，红色曲线为电流）

3.2.1 2.5 Ω 负载下

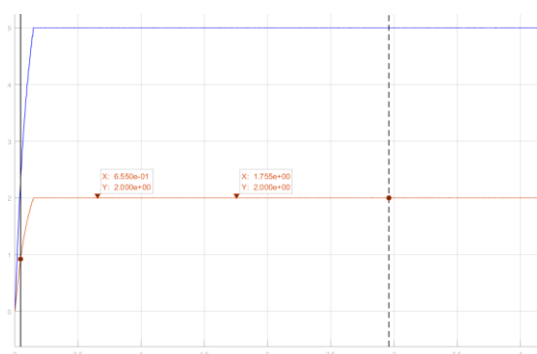


图 3-4 输出电压 U_{out} 和输出电流 I_{out}

3.2.2 5 Ω 负载下



图 3-5 输出电压 U_{out} 和输出电流 I_{out}

3.2.3 10 Ω 负载下

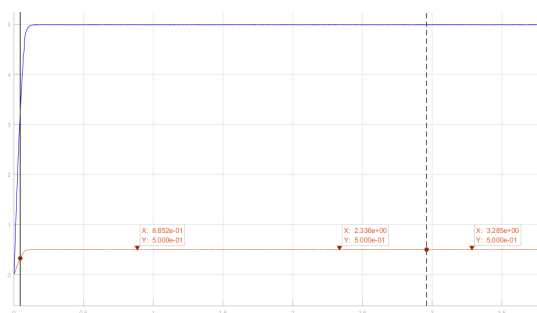


图 3-6 输出电压 U_{out} 和输出电流 I_{out}

3.2.4 1K Ω 负载下

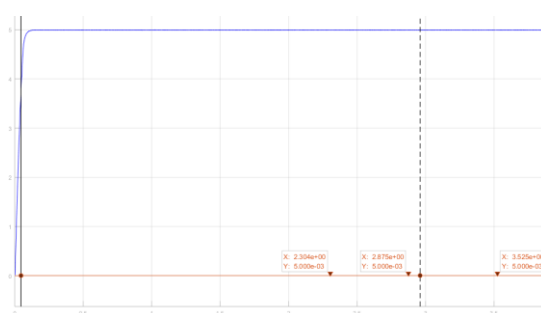


图 3-7 输出电压 U_{out} 和输出电流 I_{out}

3.2.5 2.5/5 Ω 负载切换

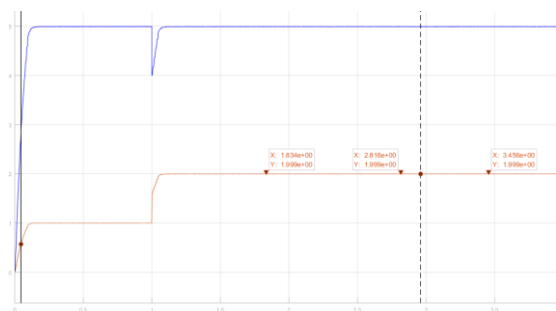


图 3-8 输出电压 U_{out} 和输出电流 I_{out}

3.4 电感电流模型 I_L

3.2.1 $2.5\ \Omega$ 负载下



图 3-9 电感电流模型 I_L

3.2.2 $5\ \Omega$ 负载下

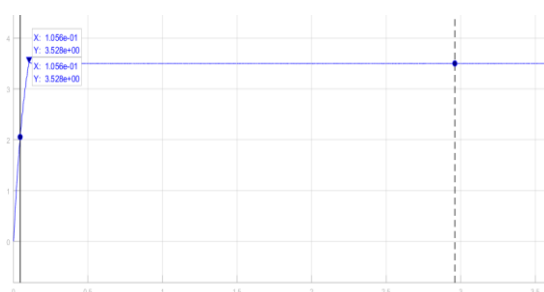


图 3-10 电感电流模型 I_L

3.2.3 $10\ \Omega$ 负载下



图 3-11 电感电流模型 I_L

3.2.4 $1K\ \Omega$ 负载下



图 3-12 电感电流模型 I_L

3.2.5 $2.5/5\ \Omega$ 负载切换

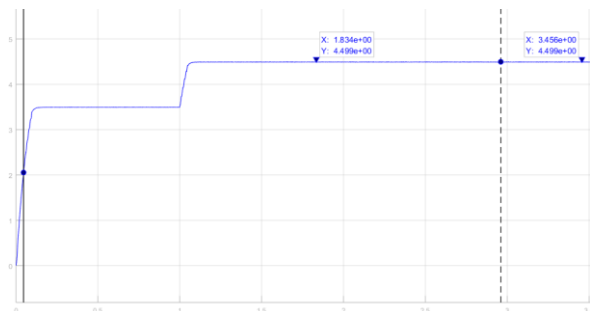


图 3-13 电感电流模型 I_L

其中，蓝色曲线为输出电流波形，在 5ms 时刻负载由 5 欧姆变为 2.5 欧姆，电流输出由 1A 变为 2A，负载切换的瞬间由于影响到了 RC 电路的充放电，所以电压波形会出现些许振荡，但相对快速，表明电路较为稳定，电压仍稳定输出 5V。

4 总结

本次课题设计充分结合了自动化专业所学的各门知识，同时也锻炼了我们设计一个简单电路系统的能力。这次设计我使用课上学习到的专业知识并结合同学的意见完成了 simlink 仿真设计，并按照要求实现相关功能，使用了课上学习到的一些新元件和新电路，并自行进行参数计算和仿真测试，在 2.5/5/10/1K 等负载下都能稳定输出 5V，但其中还是存在不少问题：在开关闭合的一瞬间电压下降幅度过大；变压器处电流波形非常奇怪；当负载电阻特别大时，电压输出的超调量会逐渐增大，振荡也会增多等。因此还有很多地方需要进行改进。