## 实验四 直流稳压电源的设计

**一、实验目的**

1、掌握单相桥式整流的工作原理和电容滤波的作用。

2、掌握常用电子器件的使用法。

3、掌握基本稳压电路的工作原理。

4、掌握集成稳压器的特点和使用方法。

**二、实验原理**

电子设备一般都需要直流电源供电。这些直流电除了少数直接利用干电池和直流发电机外，大多数是采用把交流电（市电）转变为直流电的直流稳压电源。

直流稳压电源由电源变换电路、整流电路、滤波电路、稳压电路和负载五部分组成，其原理框图如图4-1所示。电网供给的交流电压（220V，50Hz）经电源变压器降压后，得到符合电路所需要的交流电压，然后由整流电路变换成方向不变、大小随时间变化的脉动电压，再用滤波器滤去其交流分量，就可得到比较平直的直流电压。但这样的直流输出电压，还会随交流电网电压的波动或负载的变动而变化。在对直流供电要求较高的场合，还需要使用稳压电路，以保证输出直流电压更加稳定，这样就得到了稳定的直流电压。



图4-1 直流稳压电源方框图

**1．电源变换电路**

电源变换电路通常是将220V的工频交流电源变换成所需的低压电源，一般由变压器或阻容分压电路来完成。电源变压器的作用是将交流电（市电）变换成整流电路、滤波电路所需要的交流电压。

理想电源变压器是不消耗能量的，所以副边与原边的功率比为1:1。但在实际应用的变压器是消耗能量的，副边与原边的功率比为



式中：为电源变压器原边的功率；为电源变压器原边的功率；为电源变压器的效率，一般小型变压器的效率如表4-1所示。

表4-1 小型变压器的效率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 副边功率（W） |  |  |  |  |
| 效率 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |

**2．整流电路**

整流电路主要是利用二极管的单向导电性的原理，将交流电压变化为单向脉动电压。整流电路可分为单相半波整流电路，单相全波整流电路，单相桥式整流电路。本实验中采用单相桥式整流电路，如图4-2所示。



图4-2 单相桥式整流电路

单相桥式整流电路的输出的脉动电压的平均值为



输出电流的平均值（即负载电阻中的电流平均值）



桥式整流电路中流过二极管的平均电流



桥式整流电路中二极管承受的最大反向电压



考虑到电网电压的波动范围为，在实际选用二极管时，应至少有的余量，选择最大整流电流和最高反向工作电压分别为





**3．电容滤波电路**

滤波电路是利用电容和电感的充放电储能原理，将波动变化大的脉动电压滤波成较平滑的电压。滤波电路有电容式、电感式、电容电感式、电容电阻式。具体须根据负载电流大小和电流变化情况以及纹波电压的要求而选择滤波电路形式。最简单的滤波电路就是把一个电容与负载并联后接入整流输出电路，即电容器滤波（*C*滤波器），具体电路如图4-3所示。



图4-3 电容滤波电路

通常，桥式整流电容滤波电路的输出电压



采用电容滤波电路时，输出电压的脉动程度与电容器的放电时间常数有关系。时间常数大一些，脉动就小一些。为了得到比较平直的输出电压，一般要求



式中，为交流电源的角频率，即。

所以有



式中，为交流电源的周期，即。

考虑到电网电压的波动范围为，在实际选用滤波电容时，应至少有的余量，则电容的耐压值为



**4．稳压电路**

稳压电压是直流稳压电源的核心。因为整流滤波后的电压虽然已是直流电压，但它还是随输入电网的波动而变化，是一种电压值不稳定的直流电压，而且纹波系数也较大，所以必须加入稳压电路才能输出稳定的直流电压。最简单的稳压电路是由一只电阻和稳压管组成，它适用于电压值固定不变，而且负载电流变化较小的场合。随着半导体工艺的发展，稳压电路也制成了集成器件。由于集成稳压器具有体积小，外接线路简单、使用方便、工作可靠和通用性等优点，因此在各种电子设备中应用十分普遍，基本上取代了由分立元件构成的稳压电路。集成稳压器的种类很多，应根据设备对直流电源的要求来进行选择。对于大多数电子仪器、设备和电子电路来说，通常是选用串联线性集成稳压器。而在这种类型的器件中，又以三端式稳压器应用最为广泛。

**（1）基本应用电路**

L78XX系列三端式集成稳压器的输出电压是固定的，在使用中不能进行调整。L78XX系列三端式稳压器输出正极性电压，一般有5V、6V、9V、12V、15V、18V、24V七个档次，输出电流最大可达0.1A（此时需要加散热片）。同类型M78系列稳压器的输出电流为0.5A，W78系列稳压器的输出电流为1.5A。

L78XX系列的外形图如图4-4所示，它有三个引出端，分别是引出端1称为输入端（不稳定电压输入端，IN）；引出端2称为输出端（稳定电压输出端，OUT）；引出端3称为公共端（接地端，GND）。L78XX系列的基本应用电路如图15-5所示，输出电压和最大输出电流决定于所选的三端稳压器。图4-5中的电容用于抵消输入线较长时的电感效应，以防止电路产生自激振荡，其容量较小，一般小于；电容用于消除输出电压中的高频噪声，可取小于的电容。除固定输出三端稳压器外，尚有可调式三端稳压器，例如L317，可调式三端稳压器可通过外接元件对输出电压进行调整，以适应不同的需要。

 

图4-4 外形图 图4-5 L78XX的基本应用电路

直流稳压电源的输出电压和最大输出电流决定于所选的集成三端稳压器。所以在设计直流稳压电压时，一定要了解所选用的集成三端稳压器。例如三端固定正稳压器L7812，它的主要参数有：输出直流电压，输出电流*L*：0.1A，*M*：0.5A，电压调整率10mV/V，输出电阻，输入电压*u*i的范围14～16V。因为一般*u*i要比*u*o大2～4V，才能保证集成稳压器工作在线性区。

**（2）正、负输出稳压电路**

L79XX系列集成三端稳压器的输出电压是固定的。L79XX系列三端式稳压器输出负极性电压，一般有-5V、-6V、-9V、-12V、-15V、-18V、-24V七个档次，输出电流最大可达0.1A（此时需要加散热片）。同类型M78系列稳压器的输出电流为0.5A，W78系列稳压器的输出电流为1.5A。使用方法与L78XX系列稳压器相同，只是要特别注意输入电压和输出电压的极性。L79XX系列的外形图如图4-6所示，基本应用电路如图4-7所示。

L78XX系列和L79XX系列相配合，可以得到正、负双电压输出电路。例如需要，，则可选用L7812和L7912三端稳压器，电路如图4-8所示，这时的*u*i应为单电压输出时的两倍。

 

图4-6 外形图 图4-7 L79XX的基本应用电路



图4-8 正、负输出稳压电路

**三、实验设备与器件**

基本运算电路的设计实验所需实验设备与器件如表15-2所示。

表15-2 基本运算电路的设计实验所需实验设备与器件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 |
| 1 | 交流毫伏表 |  | 1 |
| 2 | 直流数字式毫安表 |  | 1 |
| 3 | 直流数字式电压表 |  | 1 |
| 4 | 二极管 | 1N4007 | 4 |
| 5 | 电阻 | 120Ω、240Ω | 1 |
| 6 | 电容 | 1000μF、470μF、0.1μF | 1 |
| 7 | 双踪示波器 | YB4328 | 1 |
| 8 | 三端稳压器 | L7812 | 1 |
| 9 | 三端稳压器 | L7912 | 1 |
| 10 | 变压器 |  | 1 |

**四、实验内容**

1．设计任务：

设计一个输出为的直流稳压电源。

2．指标要求：

（1）输出电压为；

（2）最大输出电流为；

（3）电压调整率；

（4）输出电压的偏差为。

3．电路测试：

（1）变压、整流电路的测试

1）放置变压器

单击菜单栏上Place/Component，弹出Select a Component对话框，或者单击元器件库工具栏按钮。在Group下拉菜单中选择Basic，在Family中选择TRANSFORMER，在Component中选择1P1S，单击OK按钮，就可将变压器1P1S放置在电路工作区。系统默认为初级线圈匝数为10，次级线圈匝数为1。双击直流电流源的图标，弹出TRANSFORMER的属性对话框，在Value选项卡中可以设置初级线圈和次级线圈的匝数，如图31-7所示，将该变压器的初级线圈匝数设置为220，次级线圈匝数设置为8，单击OK按钮完成变压器参数的设置。



图31-7 变压器1P1S属性对话框

2）放置二极管

单击菜单栏上Place/Component，弹出Select a Component对话框，或者单击元器件库工具栏按钮。在Group下拉菜单中选择Diodes，在Family中选择DIODE，在Component中选择1N4007GP，单击OK按钮，就可将二极管1N4007GP放置在电路工作区。

3）放置交流电压源

单击菜单栏上Place/Component，弹出Select a Component对话框，或者单击元器件库工具栏按钮。在Group下拉菜单中选择Sources，在Family中选择VOLTAGE\_SOURCES，在Component中选择AC\_POWER，单击OK按钮，就可将AC\_POWER放置在电路工作区。系统默认有效值为120V，频率为60Hz，初相位为0°。双击交流电压源的图标，弹出AC\_POWER的属性对话框，在Value选项卡中可以设置交流电压源的有效值、频率和相位，如图31-8所示。设置该交流电压源参数，有效值为220V，频率为50Hz，初相位为0°，单击OK按钮完成交流电压源参数设置。



图31-8 AC\_POWER属性对话框

4）绘制测试电路

在电路工作区绘制图31-2所示的仿真实验电路，如图31-9所示，仿真波形如图31-10所示。



图31-9 变压、整流仿真电路

利用双踪示波器同时观察变压器次级线圈的输出电压和整流电路输出电压的波形，仿真波形如图31-10所示并读出波形的幅值、周期以及它们之间的相位关系，将数据填入表31-3中。



图31-10 变压、整流仿真电路波形

表31-3 变压、整流电路的测量数据

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量名称 | 变压器次级线圈输出电压 | 整流电路输出电压 |
| 波形 |  |  |
| 幅值 |  |  |
| 周期 |  |  |

（2）变压、整流、滤波电路的测试

1）放置电容器

单击菜单栏上Place/Component，弹出Select a Component对话框，或者单击元器件库工具栏按钮。在Group下拉菜单中选择Basic，在Family中选择CAP\_ELECTROLIT，在Component中选择4.7mF，单击OK按钮，就可将电容器放置在电路工作区。

2）放置开关元件

单击菜单栏上Place/Component，弹出Select a Component对话框，或者单击元器件库工具栏按钮。在Group下拉菜单中选择Basic，在Family中选择SWITCH，在Component中选择开关元件SPST，单击OK按钮，就可将开关元件SPST放置在电路工作区。双击开关元件图标，弹出开关元件属性对话框，如图31-11所示。在Value选项卡中，对开关元件属性进行参数设置：Key for toggle表示设置开关元件的控制键，有效键为0-9、A-Z、Space中的一个，单击下拉按钮可进行选择。



图31-11 开关元件SPST属性对话框

3）绘制测试电路

在电路工作区绘制图31-3所示的仿真实验电路，如图31-12所示。



图31-12 变压、整流、滤波仿真电路

当开关元件S1断开时，利用双踪示波器同时观察变压器次级线圈的输出电压和整流电路输出电压的波形，如图31-13所示，并读出波形的幅值、周期以及它们之间的相位关系，将数据填入表31-4中。



图31-13 变压、整流、滤波仿真电路波形（开关元件S1断开）

表31-4 变压、整流、滤波电路的测量数据（开关元件S1断开）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量名称 | 变压器次级线圈输出电压 | 滤波电路输出电压 |
| 波形 |  |  |
| 幅值 |  |  |
| 周期 |  |  |

当开关元件S1闭合时，利用双踪示波器同时观察变压器次级线圈的输出电压和整流电路输出电压的波形，如图31-14所示，并读出波形的幅值、周期以及它们之间的相位关系，将数据填入表31-5中。



图31-14 变压、整流、滤波仿真电路波形（开关元件S1闭合）

表31-5 变压、整流、滤波电路的测量数据（开关元件S1闭合）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量名称 | 变压器次级线圈输出电压 | 滤波电路输出电压 |
| 波形 |  |  |
| 幅值 |  |  |
| 周期 |  |  |

（3）直流稳压电源的测试

1）放置稳压器

单击菜单栏上Place/Component，弹出Select a Component对话框，或者单击元器件库工具栏按钮。在Group下拉菜单中选择Power，在Family中选择VOLTAGE\_REGULATOR，在Component中选择LM7805CT，单击OK按钮，就可将稳压器LM7805CT放置在电路工作区。

2）绘制测试电路

在电路工作区绘制图31-6所示的仿真实验电路如图31-15所示；



图31-15 变压、整流、滤波、稳压仿真电路

利用直流数字式电压表和直流数字电流表测量表31-6中的数据。

表31-6 直流稳压电源的测试数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试条件 | 测 试 数 据 | | |
| 稳压器输入电压（V） | 输出电流（mA） | 输出电压（V） |
| 开关元件S1断开 |  |  |  |
| 开关元件S1闭合 |  |  |  |