

硅湖职业技术学院毕业论文（设计）

题目 直流稳压电源抗干扰分析与设计

年级 2012 级

专业 机电一体化

姓名 高佳

学号 120000777

指导老师 潘世丽

2015 年 6 月 6 日

直流稳压电源抗干扰分析与设计

高佳

【摘要】直流稳压电源是一种将 220V 工频交流电转化为稳压输出的直流电压的装置。直流稳压电源一般是由电源变压器，整流电路，滤波电路和稳压电路这几个部分组成。变压器是把高压交流电转化为低压交流电，整流电路是把交流电转化为直流电的过程，转化为直流电经过滤波后，再利用稳压芯片将不稳定的电流转化为稳定电压。稳压电路中还会存在着一些稳压电源的干扰问题，需要利用一些装置尽量减弱干扰的问题。本文主要介绍了稳压电路的设计过程，包括降压、整流、滤波、稳压四个环节，并对电源的干扰问题的进行了分析。

【关键词】直流 稳压电源 整流 滤波 干扰

一、引言

随着现代科技的不断发展，各种各样的电气、电子设备已经广泛应用于日常工作、科研、学习等各方面。电源作为电气、电子设备必不可少的能源供应部件，需求日益增加，而且对电源的功能、稳定性等各项指标也提出了更高的要求。对电源的研究和开发已经成为新技术、新设备开发的重要环节，在推动科技发展中起着重要的作用。

二、系统设计

本文所设计的直流稳压电源为单相小功率电源，其功能是将50Hz、有效值为220V的单相交流电压转换为幅值稳定、输出电流为几百毫安以下的直流电压，它包含电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路四部分（见图1）。

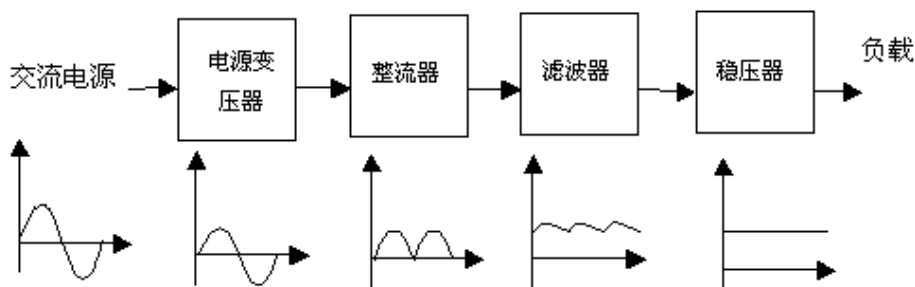


图1 稳压电源电路框图

单相交流电经过电源变换器、整流电路、滤波电路和稳压电路转换成稳定的直流电压。直流电源的输入为220V的电网电压,对于一般的直流电压的数值和电网电压的有效值相差较大,因而需要通过电源变换器降压后,再对交流电压进行处理,同时也可以采用其它的方法来实现降压。

整流电路则是将经过降压后的交流电压转换为直流电压,但经过整流后的电源电压含有较大的交流成分,这会对所供电电路的稳定性产生较大的影响。滤波电路则解决了这个问题,它减小了电压的脉动,使输出电压更加的平滑。但是当电网电压的波动,或者负载变化的时候,其电压的平均值将会受到很大的影响。

为了提高电源电路的稳定性,使输出电压变为基本不受电网电压波动或者负载电阻变化的影响,则设计了稳压电路。

2.1 稳压电源的组成

直流稳压电源是一种将220V 工频交流电转换成稳压输出的直流电压的装置,它需要经过变压、整流、滤波、稳压四个环节才能完成。

四个环节的工作原理如下:

(1) 电源变压器:是降压变压器,它将电网220V 交流电压变换成符合需要的交流电压,并送给整流电路,变压器的变比由变压器的副边电压确定。

(2) 整流滤波电路:整流电路将交流电压 U_i 变换成脉动的直流电压。再经滤波电路滤除较大的纹波成分,输出纹波较小的直流电压 U_1 。常用的整流滤波电路有全波整流滤波、桥式整流滤波等。

(3) 滤波电路:可以将整流电路输出电压中的交流成分大部分加以滤除,从而得到比较平滑的直流电压。各滤波电容 C 满足 $RL-C = (3 \sim 5) T/2$, 或中 T 为输入交流信号周期, RL 为整流滤波电路的等效负载电阻。

(4) 稳压电路:稳压电路的功能是使输出的直流电压稳定,不随交流电网电压和负载的变化而变化。

常用的集成稳压器有固定式三端稳压器与可调式三端稳压器。本次使用可调式正压集成稳压器LM317,它们的输出电压从1.25V至37V可调;LM337,它的输出电压-1.2V至-37V负电压输出可调。最简单的电路外接元件只需一个固定电阻和一只电位器。其芯片内有过渡、过热和安全工作区保护,最大输出电流为1.5A。

2.2 整流电路设计

整流电路是将正弦波电压转换为单一方向的脉动信号,常用的整流电路有单相半波整流电路与单相桥式整流电路两种。

单相半波整流电路只利用了交流电压的半个周期,输出的电压较低,交流分量低,效率低,为了克服上述电路的缺点,我们采用如图2所示单相全波整流电路。全波整流整流前后的波形与半波整流所不同的是在全波整流中利用了交流的两个半波,这就提高了整流器的效率,并使已整电流易于平滑。因此在整流器中广泛地应用着全波整流。

在应用全波整流器时其电源变压器必须有中心抽头。无论正半周或负半周,通过负载电阻 R_L 的电流方向总是相同的。当输入电压为正弦波的正半轴的时候,A点电压为正、B点为负,D3、D2导通,D1、D4截止,电流经过D3、 R_L 、D2流向输入电压的负端;当输入电压为正弦波的负半轴的时候,A点电压为负、B点为正,D1、D4导通,D2、D3截止,电流经过D1、 R_L 、D4流向输入电压的负端。因此D1、D4与D2、D3交替导通给负载提供电流,实现连续不断的给负载提供电流。

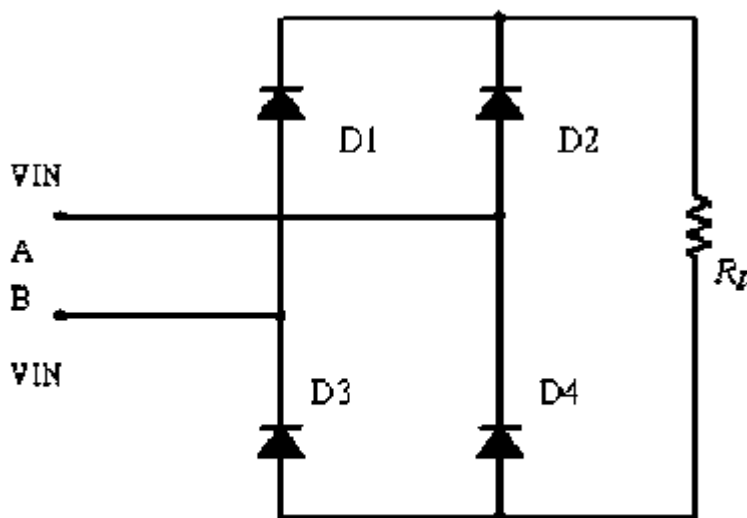


图 2 单相全波整流电路

2.3 滤波电路设计

尽管整流后的电压为直流电压,但波动较大,仍然不能直接作为电源使用,还需进一步滤波,将其中的交流成份滤掉,本文采用图 3 所示电容滤波。全波

整流电路在电源一个周期内两次对电容充电，并且电容两次对负载放电，使负载得到的输出电压更加平滑，输出电压更高。

电容滤波作用还可以这样粗略的理解：由于电容有隔直流，通交流的作用，整流后的脉动电压中的直流成分只能通过负载电阻，而交流成分被电容分流而滤掉。电容量越大，容抗越小，交流成分被滤掉的越多，滤波效果越好。

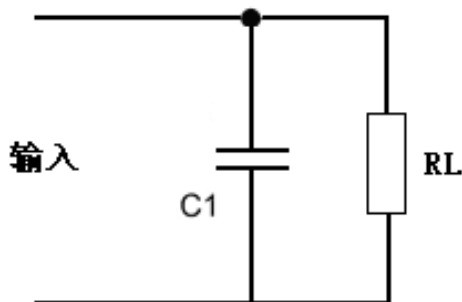


图3 电容滤波电路

2.4 稳压电路的设计

滤波电路能将正弦交流电压变换为较为平滑的直流电压，但由于输出电压平均值取决于变压器副边电压的有效值，所以当电网电压波动时，输出电压的平均值也将随之产生相应的波动，同时，由于整流滤波电路内阻的存在，当负载变化时，内阻上的电压将产生变化，于是输出电压的平均值也将随之产生相应的变化，为了改变负载内阻变化引起的直流电压的变化，我们采用78、79系列的集成稳压电源芯片（见图4）和LM317可调集成稳压电源芯片（见图5），来实现电源电路的稳压功能。

该电路能够给提供稳定的输出电压和-37V至37V电压可调，并且输出的电源电压稳定，其输出电压基本不受电网电压波动与负载电阻变化带来的影响。

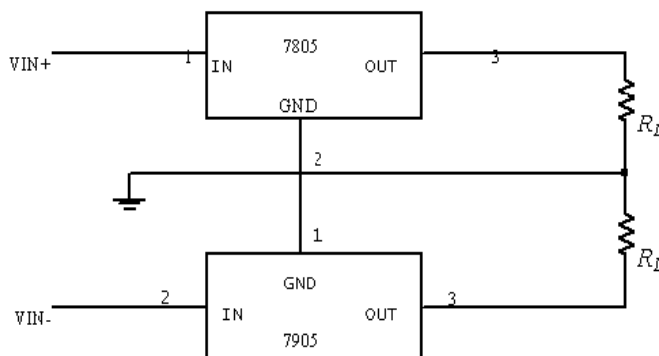


图4 三端集成电路

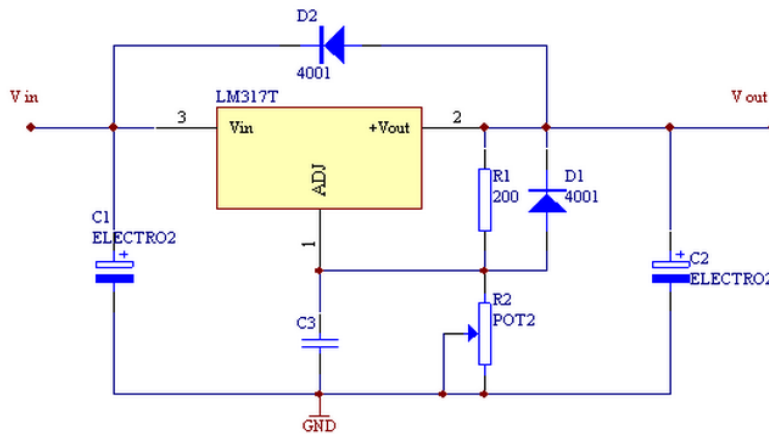


图5 三端可调式集成电路

2.5 多路直流稳压电源的实现

我们首先将220V的电网电压通过隔离变换器转换为+ 20V的正弦电压。进而通过整流、滤波电路将+20V的电源转换为较小干扰的直流。稳压电路将直流电压经过三端集成稳压芯片7815或7915, 转换为+15V或-15V稳定输出的直流电压(见图6)。

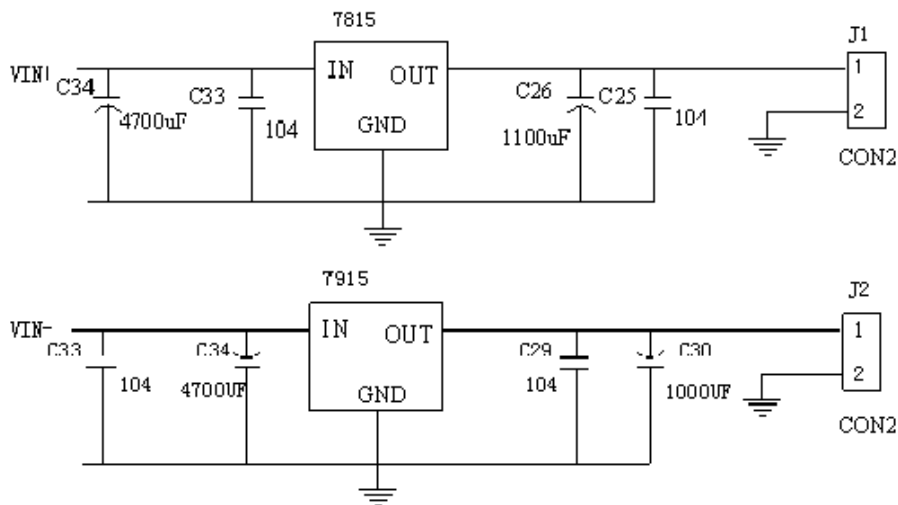


图6 ± 15V 电源电路

+5V电源电路的设计则将稳定输出的+15V的电源电压作为+5V电源电压的输入端, 并接入滤波电容电路则能够在输出端产生稳定的输出电压, 可调电源电路采用可调稳压芯片LM337以及一个可调电阻来实现1.2V至37V电压稳定输出。同时每级接入的滤波电路同时为每路输入、输出电压提供滤波的作用。负电源的设计采用了同样的方法, 同时值得注意的是, 每路滤波电容的连接方式不能反接, 即每路负电源电压的输出端必须连接电容了负极。图1为焊接调试成功的可调稳压电路板, 表1为元器件清单。

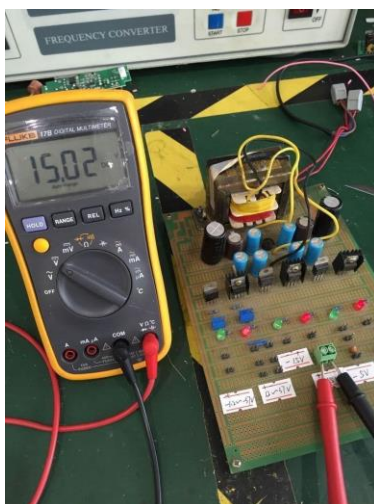


图7 15V 电源电路稳定输出

1) 为了提高系统的稳定性、减小由于负载变化带来的影响,我们在每路电源电压的输出端接入了去耦电容,减少了电路的干扰。表1为实际稳压电源电路中所采用的元器件参数。

(2) 在所要求的工作温度范围内,把直流开关稳压电源的输出电压、电流限制在所给定的技术指标之内。

(3) 要求保护电路本身的可靠性高、逻辑关系严密、电路最简单、元件最少。所以必须全面系统地考虑稳压电源各种保护措施,确保直流开关稳压电源的正常工作和高效率与高可靠性。

表1 元器件清单

参数	滤波电容 (u f)	去耦电容 (u f)	稳压芯片
+15V	2200	0.1	7815
-15V	2200	0.1	7915
+5V	1000	0.1	7805
-5V	1000	0.1	7905
-1.2V至-37V	2200	0.1	LM337
1.2V至37V	2200	0.1	LM317

三、 干扰分类

开关稳压器与线性稳压器的最大不同之处在于调整管工作于开关状态。调整管在理想开关工作状态下功耗极小,不需要设置大功率散热器。另外,开关电源的开关频率比工频(50Hz)高千倍至万倍,达到50KHz甚至1MHz以上,使得开关电源中的变压器可以相当小巧,不需要笨重的工频变压器。

总之，在大电流、大功率、输出电压稳定要求不太高的固定负载、固定输出电压的场合，开关稳压器显示出极大的优越性。但是开关稳压器与线性稳压器相比，电路机构复杂，容易产生干扰，稳压精度不高。

3.1 共模干扰

共模干扰是信号对地的电位差，主要由电网串入、地电位差及空间电磁辐射在信号线上感应的共态（同方向）电压迭加所形成。共模电压有时较大，特别是采用隔离性能差的配电器供电室，变送器输出信号的共模电压普遍较高，有的可高达130V 以上。共模电压通过不对称电路可转换成差模电压，直接影响测控信号，造成元器件损坏（这就是一些系统 I/O 模件损坏率较高的主要原因），这种共模干扰可为直流、亦可为交流。

抑制共模干扰的主要方法是应用共模扼流圈。共模扼流圈是共模插入损耗中起主导作用的电感元件。它是在一个磁环/闭合磁路的上下两个半环上（铁氟体），分别绕制相同匝数但绕向相反的线圈（见图8）。

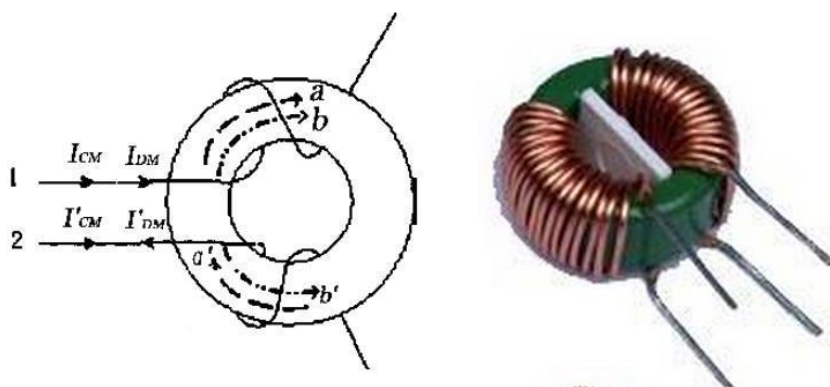


图8 共模扼流圈

上图中由于共模电流 I_{cm} 和 I'_{cm} 方向相同，所以在磁环中形成的磁力线 a 和 a' 是相互叠加的，即磁通相互叠加。由于磁通 $\Phi=L*I$ ，故共模扼流圈的总电感 $L_c= (\Phi_a+\Phi' a) /I_{cm}$ 。若将共模扼流圈串在电路中，则相当于在电路中串入一个共模电流产生的电感，此电感相当于一个低通滤波元件，从而起到共模抑制作用。而当两线圈流过差模电流时，磁环中的磁通相互抵消，几乎没有电感量，所以差模电流可以无衰减地通过。因此共模电感在平衡线路中能有效地抑制共模干扰信号，而对线路正常传输的差模信号无影响。

共模干扰是在信号线与地之间传输，属于非对称性干扰。消除共模干扰的方法还包括：

- (1) 采用屏蔽双绞线并有效接地。
- (2) 强电场的地方还要考虑采用镀锌管屏蔽。
- (3) 布线时远离高压线，更不能将高压电源线和信号线捆在一起走线。
- (4) 采用线性稳压电源或高品质的开关电源(纹波干扰小于50mV)。

3.2 差模干扰

差模干扰是指作用于信号两极间的干扰电压，主要由空间电磁场在信号间耦合感应及由不平衡电路转换共模干扰所形成的电压，这种让直接叠加在信号上，直接影响测量与控制精度。

差模干扰在两根信号线之间传输，属于对称性干扰。消除差模干扰的方法是在电路中增加一个偏值电阻（差模电感），并采用双绞线。

3.3 其他干扰

(1) 一次整流回路的干扰

开关电源中的主要噪声干扰之一是由二极管断开时的反向恢复现象引起的，一次整流回路中的整流二极管正向导通时有较大的正向电流流过，它受反偏电压而转向截止时，由于PN结中有较多的载流子积累，因而在载流子消失前的一段时间，电流会反向流动，从而导致很大的电流变化。即一次整流回路的干扰。

(2) 开关回路的干扰

电源工作时，开关处于高频通断状态，在高频电流环路中，可能会产生较大的空间辐射噪声。

(3) 二次整流回路的干扰

电源工作时，整流二极管处于高频通断状态，由脉冲变压器、整流二极管以及滤波电容构成的高频开关电流环路，可能向空间辐射噪声。

(4) 控制回路的干扰

控制回路中的脉冲控制信号是主要的干扰源。

(5) 分布电容引起的噪声干扰

四、抗干扰措施

由此可见，降低干扰是开关电源稳定工作的前提，其主要方法如下：

4.1 在电路设计上要优化布局

(1) 元器件布局时的抗干扰措施：根据印制板的安装方式，将散热元器件如功率开关器件、稳压器、变压器等安装在印制板的上方，以利于散热；热敏元件应尽量远离散热元件。在高频电路中，尽可能缩短高频元器件之间的连线，设法减少它们的分布参数和相互间的电磁干扰；尽量减小由高频脉冲电流所包围的面积。输入和输出元件应尽量远离。在双面印制板设计中，适当加入滤波电容，以便减小电源线阻抗，缩小电流环路，使电路工作更加稳定可靠。尽量减少环路面积。这是减少辐射噪声的重要途径，为此，要求开关电源的元件彼此间紧密排列。

(2) 印制板（PCB）布线抗干扰的措施：相邻电路之间走线尽量避免平行；若平行走线无法避免，则应在平行信号线之间加一条起屏蔽作用的地线，且尽量加大平行信号线间距，以降低两线之间电磁干扰。控制回路与输出回路分开，采用单点接地方式。根据 PCB 板电流的大小，尽量加粗电源线、接地线，减少环路阻抗；同时使电源线、地线的走向和数据传递的方向一致，这有助于增强抗噪声能力；对于密度很高的 PCB 板，采用多层板；在双面板设计中，还应该在电源线和地线之间留出一定的空间，以便安装高频特性好的去耦电容。印制线不要突然拐角，以免发生反馈耦合。电容引线不能太长，尤其是高频旁路电容不能有引线。

4.2 合理接地

电源系统的接地包括公共参考接地和安全及抗干扰接地。在电路设计中，要尽量减小接地回路中的公共电阻，且应遵循“一点接地”原则。如果形成多点接地，会出现闭合的接地环路，从而在磁力线穿过回路时将产生磁感应噪声。通常利用一个导电平面作为参考地，将接地的各部分就近接到该参考地上。

为减小地线干扰，在元件及 PCB 布线上应采取的措施：

(1) 尽可能缩短元件的引脚长度或者选用贴片元件，以减小元件分布电感的影响。

(2) 在电源端尽可能靠近器件接入滤波电容，以缩短开关电流的流通途径。

(3) PCB 板布局时，高频数字信号线要用短线，同时电源线尽可能远离高频数字信号线或用地线隔开。

(4) PCB 板的电源线和地线印制条尽可能宽，以减小线阻抗，从而减小公共阻抗引起的干扰噪声。

4.3 采用适当的电路隔离方式

开关电源包括两部分，变换部分与控制部分。

一般的变换部分是主要的电磁干扰源，而控制部分是被干扰对象。为了使电气设备可靠地运行，抗干扰问题的实质是解决电气设备的电磁兼容问题。隔离技术是电磁兼容性中的重要技术之一。在开关电源中，电路隔离主要有：模拟电路的隔离、数字电路的隔离、数字电路与模拟电路之间的隔离等。隔离的主要目的是通过隔离元器件把噪声干扰的路径切断，从而达到抑制噪声干扰的效果。在采用了电路隔离的措施以后，绝大多数电路都能够取得良好的抑制噪声效果。

五、结束语

本文基于直流稳压电源的结构与工作原理，完成了对直流稳压电源电路的设计，实现了电压稳定输出的目的。设计中电路各个模块完成的功能相辅相成，方法灵活可变，具有很强的通用性与实用性。并且通过稳压电源抗干扰问题的分析，大大的减少了在日常生活中稳压电源出现的简单的干扰问题。在当今社会中对电子设备的使用越来越广泛了，故而对电源的要求也越来越高。研究直流稳压电源就是为了更好的提高电源的使用性和安全性。

【参考文献】

- [1] 汪松体. 串联型直流稳压电源常见故障分析及检测[N]. 电子报, 2007, (8):21-23.
- [2] 孔保军. 直流稳压电源的设计及制作[J]. 电子制作. 2006, (6):34-36.
- [3] 张勇虎. 电源保护电路的设计[J]. 电子测量技术. 2006(4): 129-130.