

## 一种新颖的电容降压型直流稳压辅助电源

本文介绍一种新颖的电容降压型直流稳压电路，电路不含变压器，只由几个简单的电子元件组成。输出 DC 电压可在很宽的范围内任意调节，只需要改变基准电压元件。

### 一、概述

电子工程师总是在不断追求减小设备体积，优化设计，以期最大限度地降低设备成本。其中，减小作为辅助电源的直流稳压电源电路部分的体积，往往是最难解决的问题之一。

普通的线性直流稳压电源电路效率比较低，电源的变压器体积大，重量重，成本较高。

开关电源电路结构较复杂，成本高，电源纹波大，RFI 和 EMI 干扰是难以解决的。

下文介绍的是一种新颖的电容降压型直流稳压电源电路。

这种电路无电源变压器，结构非常简单，具体有：体积小、重量轻、成本低廉、动态响应快、稳定可靠、高效（可达 90%以上）等特点。

### 二、电容降压原理

当一个正弦交流电源  $U$ （如 220V AC 50HZ）施加在电容电路上时，电容器两极板上的电荷，极板间的电场都是时间的函数。也就是说：电容器上电压电流的有效值和幅值同样遵循欧姆定律。

即加在电容上的电压幅值一定，频率一定时，就会流过一个稳定的正弦交流电流  $i_c$ 。容抗越小（电容值越大），流过电容器的电流越大，在电容器上串联一个合适的负载，就能得到一个降低的电压源，可经过整流，滤波，稳压输出。

电容在电路中只是吞吐能量，而不消耗能量，所以电容降压型电路的效率很高。

### 三、原理方框图



电路由降压电容，限流，整流滤波和稳压分流等电路组成。

1. 降压电容：相当于普通稳压电路中的降压变压器，直接接入交流电源回路中，几乎承受全部的交流电源  $U$ ，应选用无极性的金属膜电容（METALLIZED POLYESTER FILM CAPACITOR）。

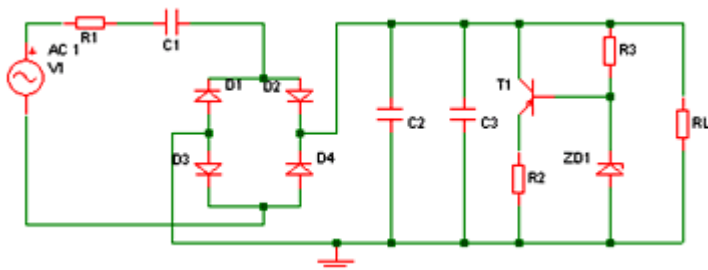
2. 限流电路：在合上电源的瞬间，有可能是  $U$  的正或负半周的峰\_峰值，此时瞬间电流会很大，因此在回路中需串联一个限流电阻，以保证电路的安全。

3. 整流滤波：有半波整流和全波整流，与普通的直流稳压电源电路的设计要求相同。

4. 稳压分流：电压降压回路中，电流有效值  $I$  是稳定的，不受负载电流大小变化的影响，因此在稳压电路中，要有分流回路，以响应负载电流的大小变化。

#### 四、设计实例

##### 1. 桥式全波整流稳压电路：



规格要求：输出 DC 电压 12V，DC 电流 300mA；输入电源 220V AC/50HZ 市电。

##### 1) 降压电容 C1 的选择：

##### a. C1 容值的选择：

电容值取决于负载电流，负载电流  $I$  确定后，可得：

$$C1 \geq 1/2 \pi f U$$

式中交流电源  $U$  值计算时取负 10%，即：  $I=300\text{mA}$ ，  $U=220\text{V} * (-10\%) = 198\text{V}$ ，  $f=50\text{HZ}$ ，  
 $C1 \geq 0.3 (2 * 3.14156 * 50 * 198) = 4.82\mu\text{F}$

电容值只可取大，不可取小，本例电容  $C1$  取值  $5\mu\text{F}$ 。

##### b. 耐压值的选择：

要考虑电源正 10%的情况，如本例用市电， $C1$  要选择 250V AC 的金属膜电容。

##### c. 耐瞬间冲击电流的选择：

金属膜电容的内阻是很低的，允许电容在吞吐能量时，有大的电流流过，这个电流的大小取决于电容值和它的  $du/dt$  值，此值由电容的结构，金属膜的类型，引出线的方式决定的。

$du/dt$  值与电容的耐压值有关，耐压越高， $du/dt$  值越大，不同厂家产品  $du/dt$  值也有很大的差别，如耐压为 250VAC 电容值为  $5\mu\text{F}$  的金属膜电容的  $du/dt$  值一般在 3—30 之间选择。

在本例中： $C1=5\mu\text{F}$ ， $du/dt$  值取 3，则  $C1$  耐瞬间冲击电流值为：

$$I = C du/dt = 5 * 3 = 15 \text{ (A)}$$

$$C1 \geq 1/2 \text{ л фU} = 0.12(2 * 3.14156 * 50 * 198) = 1.93 (\text{уF})$$

C1 的实际取值 2uF。

b. 选择耐压值为 250V AC 的金属膜电容。

c. 瞬间冲击电流值为：

$$I = Cdu/dt = 2 \times 3 = 6 \text{ (A)}$$

2) 限流电阻 R1 的选择：

电路的复阻抗：

$$X_c = 1 / (2 \times 3.14156 \times 50 \times 0.000002) = 1.464 \text{ K} \Omega$$
$$|Z| = 1.467 \text{ K} \Omega \quad (R1 \text{ 取值 } 100 \Omega)$$

求得电流有效值：

$$I = U / |Z| = 220 / 1.467 = 150 \text{ mA}$$

再求出电阻承受的有效电压值为：

$$U_R = 150 \text{ mA} \times 100 = 15 \text{ V}$$

求出电阻实际承受的功率：

$$P_R = 15 \text{ V} \times 150 \text{ mA} = 2.25 \text{ W} \quad (R1 \text{ 的功率取 } 3 \text{ W})$$

3) 半波整流电路：D1 作半波整流用，C2、C3 为滤波电容，交流电源 U 上半周时，经 C1、R1 降压，由 D1 整流后给电容 C2 平滑滤波输出

D2 的作用：交流电源 U 下半周时，降压电容 C1 经由 D2 放电。

4) 稳压分流：

ZD1、ZD2、R3 组成 DC 24V 稳压即分流电路，T1、ZD3 和 R4 组成 DC 5V 稳压电路。

## 五、结语

1、电路结构非常简单，具有体积小、重量轻，有利于实现电子设备的小型化；

2、省去了电源变压器，对元器件的要求也不高，成本非常低，有利于降低电子设备的成本；

3、电容降压电路是一个电流源，只需改变基准电压元件，就可得到很宽范围内的任一 DC 电压源；

4、注意：这种电路输出 DC 电压与输入 AC 电源之间是不隔离的，因此，它用在不需隔离的电子设备中，如在一些控制、检测、分析电子装置中，在家用电器等电子设备中，特别是在小家电领域具有广泛的实用价值；正因为没有隔离，所以应用在需要隔离的电子设备中不合适。

5、金属膜电容的容量还不能做得很大，因此，这种电路通常用在小功率直流稳压电源的电子设备中。