

电容器降压整流电路分析和设计

刘 福 之

(基础课部)

摘 要

本文分析了电容器降压的整流电路,给出了各元件的选择原则,对耗电少的冰箱保护器、警报器、遥控开关等小型设备的电源设计有一定的参考价值。

在小型简易设备或耗电少的集成电路中,利用电容器降压供电,具有价格便宜,体积小,重量轻等优点。如果设计合理,可以承受高电压(380V)。这是一般利用变压器降压所做不到的。

一 电路分析

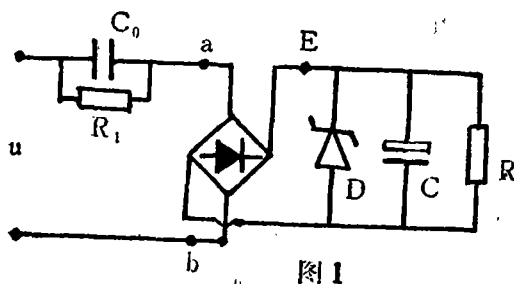


图1

利用电容器降压,一般采用桥路整流和稳压管稳压。电路如图1所示,一般 $R_1 \gg \frac{1}{\omega C_0}$,此电路ab以右部分可以以一等效电阻代替,见图2。

设电路输入为正弦电压

$$u = U_m \sin(\omega t + \phi)$$

$$\text{且 } t = 0 \quad q_{C_0} = 0$$

回路方程可写做

$$u = r \cdot C_0 \frac{du_{C_0}}{dt} + u_{C_0} \quad (1)$$

(1)式的稳态解是

$$i = C_0 \frac{du_{C_0}}{dt} = I_m \sin(\omega t + \phi - \varphi)$$

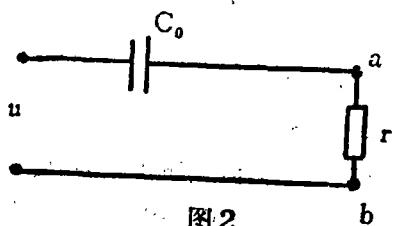


图2

本文于1989年12月22日收到

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{r^2 + \left(\frac{1}{\omega c_0}\right)^2}} \quad \varphi = \operatorname{tg}^{-1} - \left(\frac{1}{\omega c_0 r}\right) \quad (2)$$

正常运用时稳压管应处于稳压状态，所以无论负载R如何变化，下式成立。

$$r \ll \frac{1}{\omega c_0}$$

由(2)式可得

$$\begin{aligned} I_m &= \omega c_0 U_m \\ I &= \omega c_0 U \end{aligned} \quad (3)$$

式中I和U为电流电压的有效值。

(3)式说明，降压电容相当一个恒流源。电路供给负载的电流和电容器的电容量及外电压有关。当 c_0 选定后，电流I随外电压的波动而波动，由有效值和平均值的关系可得电路能提供的直流电流为

$$I_0 = \frac{I}{1.11} \quad (4)$$

在图1的电路中，取 $c_0 = 0.47 \mu\text{f}$ ，稳压管稳压值 $U_D = 11.8\text{V}$ ， $c = 150 \mu\text{f}$ 。实测数据见表1。从表中可看出：同一电压下，负载变化时，电路提供的直流电流 I_0 基本不变。电压变化，电流随之改变，基本上符合(3)式和(4)式

二 适用条件

降压电容相当于一个恒流源，使用这一电路时必须注意两点：

- 1、稳压管的稳压值一般是由负载工作电压所决定，电路正常工作时，稳压管应处于稳压状态。由图3可知，要使稳压管稳压，负载电阻须满足：

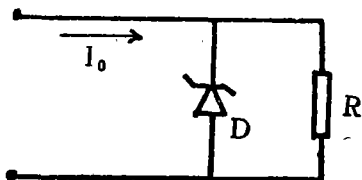


图3

$$I_{R_{\min}} \cdot R \geq U_D \quad (5)$$

式中 $I_{R_{\min}}$ 是通过负载最小工作电流。 U_D 是稳压管的稳压值。

- 2、稳压管若开路或损坏(断路)，负载电压为

$$U_R = I_0 R \quad (6)$$

降压电容选定后，由(3)(4)式可知 I_0 是定值，稳压管开路后，电流全部通过负载，一般负载电阻较大，负载电压会骤然升高，烧坏负载。这是使用时须特别注意的。在图1中去掉稳压管D，滤波电容 c ，整流后直接供给负载R，实测数据见表2。从表中可以看出，供给负载的电流应由(3)(4)式决定。由(6)式可知负载电压将升高，会烧坏负载。对于贵重设备或在要求可靠性较高的场合下，可以用两只同样的稳压管并联使用，正常情况下，只有一只在工作，另一只处于备用状态。

三 电路设计

1、泄流电阻 R_1

电阻 R_1 的作用是当断开电源后,给电容 c_0 提供放电通路, R_1 一般取 $1-2\text{M}\Omega$ 。

2、降压电容 c_0 的选取

降压电容 c_0 的选择决定于负载电流的大小。电容 c_0 提供的电流应满足在最低工作电压时能提供负载需要的最大工作电流。

由(3)(4)式得:

$$c = \frac{I}{\omega U_{\min}} = \frac{1.11 I_0}{\omega U_{\min}} \quad (7)$$

式中

I_0 = 稳压管工作电流 I_1 + 负载最大工作电流 I_2

$U_{\min}$ 为最低工作电压的有效值

取 $c_0 \geq c$

由过渡过程的分析,在任何条件下,电容上电压不会超过稳态时电压的2倍,所以电容器的耐压可取

$$U \geq (1.5 \sim 2) U_{\max} \quad (8)$$

式中 $U_{\max}$ 是最高工作电压。

3、稳压管的选择

稳压管允许通过的电流应大于在最高工作电压时降压电容 c_0 能提供的直流电流与负载最小工作电流之差。由(7)式得:

$$I_D \geq \frac{\omega c_0 U_{\max}}{1.11} - I_{\min}$$

为了可靠可用下式:

$$I_D \geq \frac{\omega c_0 U_{\max}}{1.11} \quad (9)$$

式中, I_D 为稳压管允许电流, $U_{\max}$ 为最高工作电压有效值, $I_{\min}$ 是负载最小工作电流。为了安全起见应取:

$$I_D \geq (1.5 \sim 2) \frac{\omega c_0 U_{\max}}{1.11} \quad (10)$$

在市电供电情况下,如果要防止错接入动力电而烧毁设备,则 $U_{\max}$ 可取380V,但这样将要求稳压管有较大的功率。

稳压管允许电流若用(10)式计算,则稳压管功率应满足:

$$P \geq I_D \cdot U_D \quad (11)$$

4、桥路计算

电路正常工作时稳压管处于稳压状态,通过整流元件的电流不是通过负载的电流,而是通过降压电容 c_0 的电流,由桥路理论可知:

$$I_f = \frac{1}{2} \frac{\omega C_o U_{max}}{1.11} \quad (12)$$

$$U_f = \sqrt{2} E \quad (13)$$

$$U_R = U_D = 0.9 E \quad (14)$$

式中 I_f 是通过整流二极管的电流， U_f 是二极管承受的反向电压， E 是加于桥路两端电压的有效值。 U_R 为负载电压， U_D 为稳压管稳压值。由(13)(14)可得：

$$U_f = 1.57 U_D$$

为了安全起见可选：

$$U_f = (2.5 \sim 3) U_D$$

表 1

R(K)	电源电压(伏)	$I_{\sim}$ mA	I_o mA
0.1	190	31	28.1
	220	35.8	31.9
	230	37.6	33.7
1	190	30.2	26.8
	220	35.2	31.3
	230	36.9	32.5
2	190	30.5	26.7
	220	35.1	31.1
	230	36.5	32.5
3	190	30.0	26.6
	220	35.0	31.1
	230	36.6	32.5

表 2

R(K)	电源电压(伏)	I_o mA
0.1	190	28.2
	220	32.7
	230	34.2
1	190	27.8
	220	32.3
	230	33.6
2	190	26.7
	220	30.8
	230	32.2
3	190	25.9
	220	30.1
	230	32.0

注：(1) $I_{\sim}$ 为图 1 中 a 点电流， I_o 为 E 点电流。

(2) 所用元件皆为标称值，实测数和计算值有些偏差。

参 考 文 献

- | | | |
|----------------------|-----------|-------|
| [1] 西安交大电工教研室编 | 电工基础 | 1964年 |
| [2] 北京电力器材二厂编 | 晶体管继电保护基础 | 1973年 |
| [3] 华中工学院《半导体电路基础》组编 | 半导体电路基础 | 1970年 |

The Analysis and Design of the Step-down Rectifier Circuits in Condensers

Liu Fuzhi

ABSTRACT

In this paper, the author formulates a principle of choosing the components concerned after analyzing the step-down rectifier circuits in condensers. It will be of some help to the design of power for such miniature equipment as refrigerator protector, warning device and remote control switch, and etc..