

第九章 输入输出级电路设计

9.1 输入级电路设计

9.2 输出级电路设计

9.3 回馈型电路

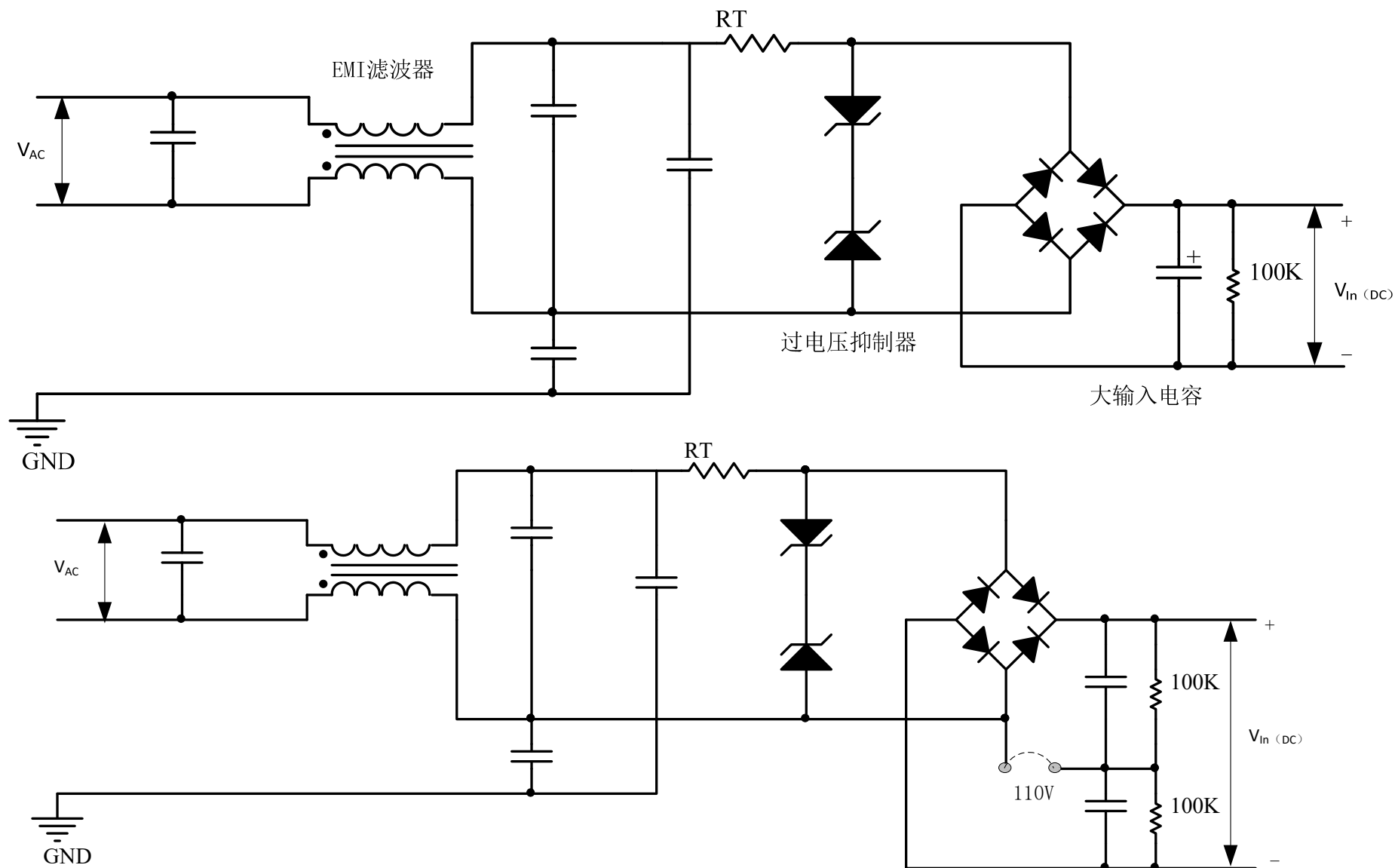
第九章 输入输出级电路设计

高频开关电源对滤波电路也有特殊的要求，一般由以下组成：

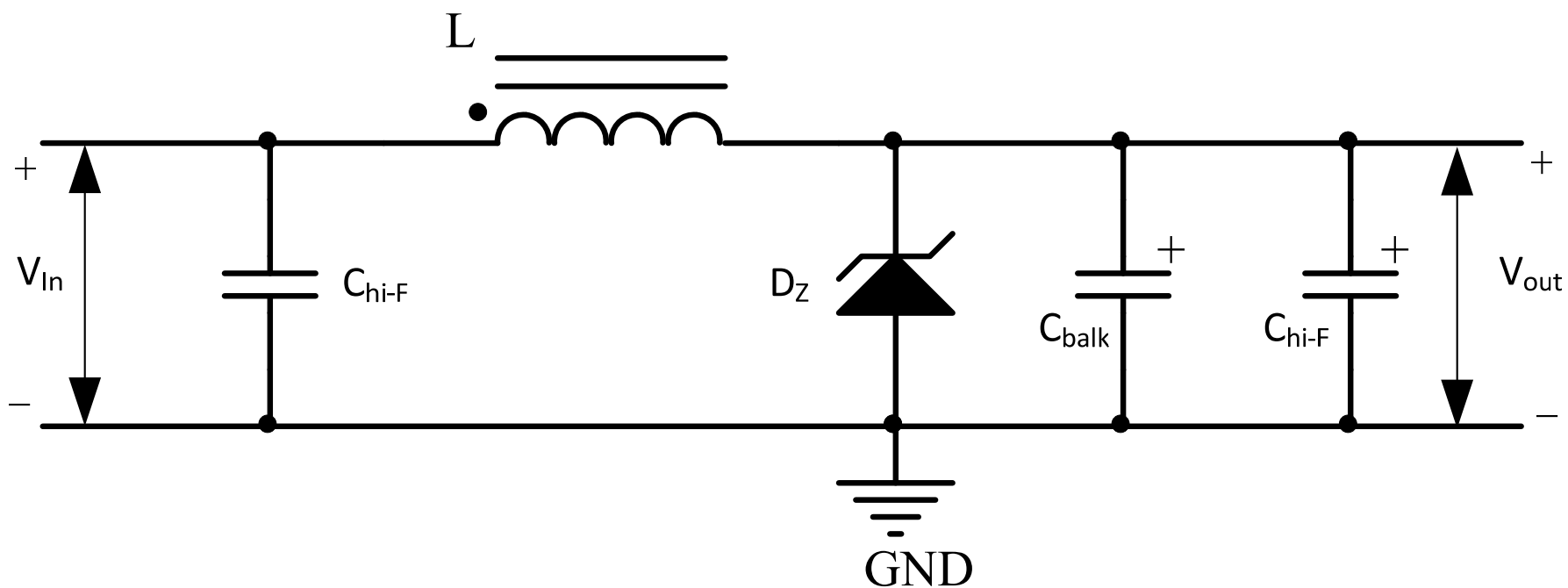
- 输入保护电路
- 输入滤波电路（低通滤波器）
- 由整流桥和大容量电容构成的工频滤波电路
- 输出整流滤波电路
- 回馈型电路

• 下面逐一进行介绍——

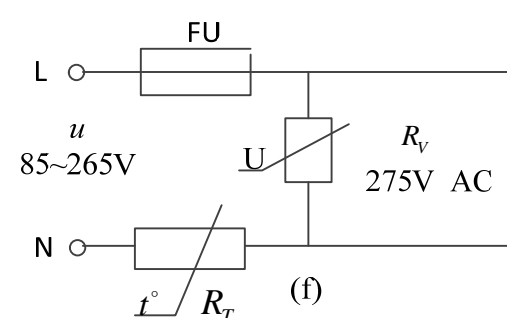
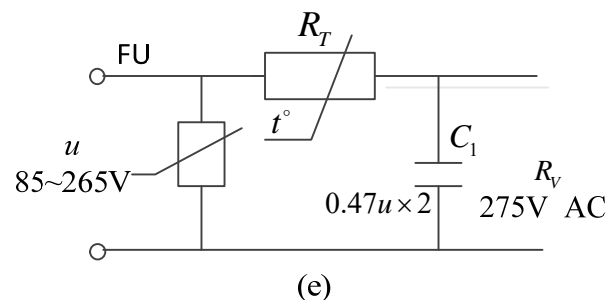
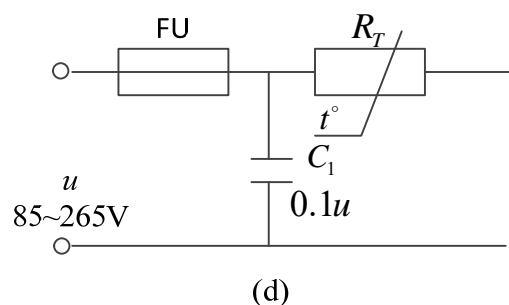
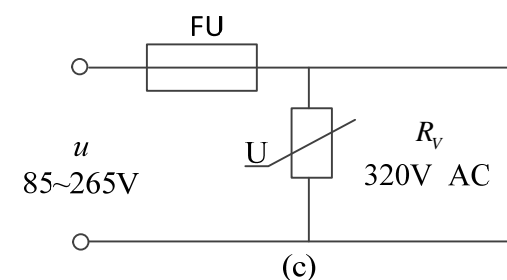
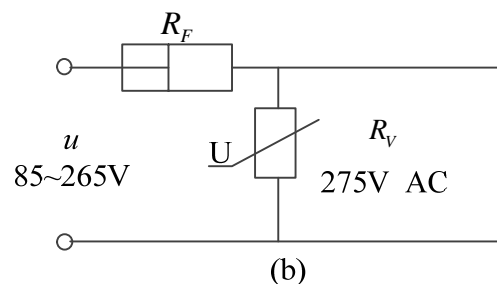
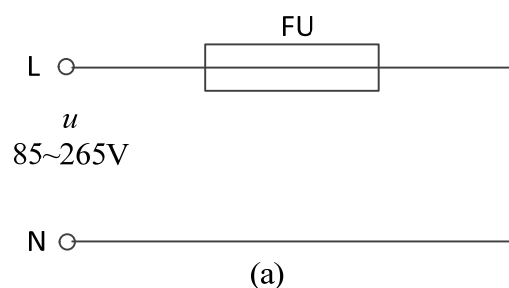
9.1 输入级电路设计



9.1 输入级电路设计



输入保护电路设计



开关电源输入保护电路的基本构成

(a)由熔丝管构成的输入保护电路；(b)由熔断电阻器和压敏电阻器构成的输入保护电路；(c)由熔丝管和压敏电阻器构成的输入保护电路；(d)由熔丝管和负温度系数热敏电阻器构成的输入保护电路；(e)由压敏电阻器和负温度系数热敏电阻器构成的输入保护电路；(f)由熔丝管、压敏电阻器和负温度系数热敏电阻器构成的输入保护电路

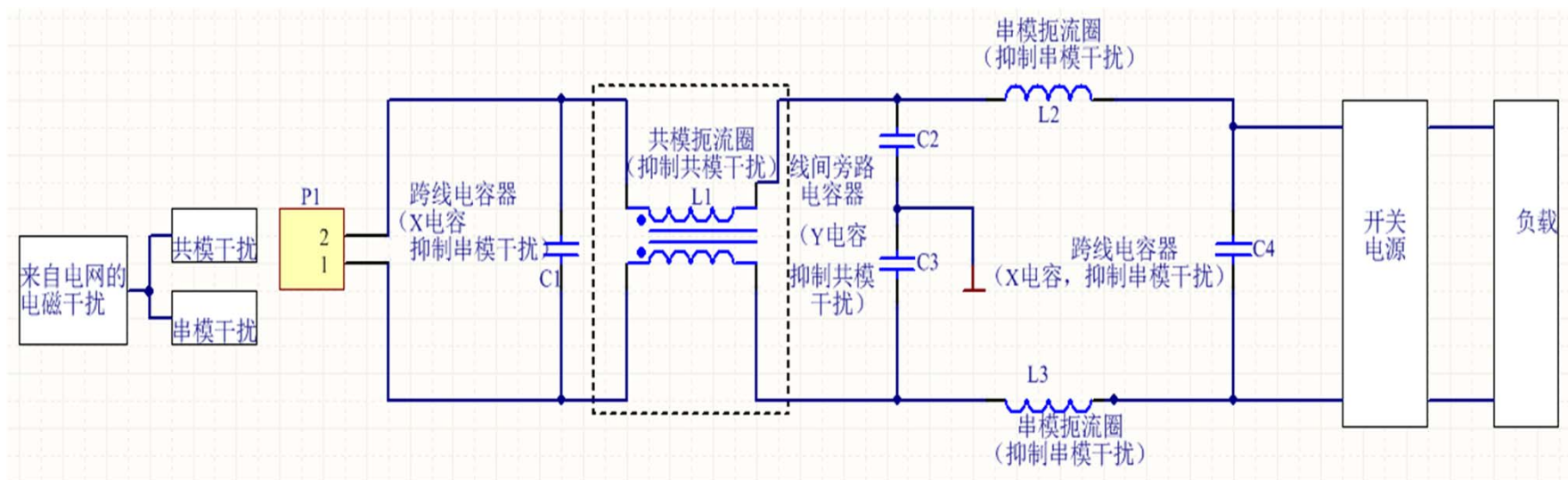
输入保护电路设计

开关电源常用输入保护元件的主要性能比较

保护元件类型	熔丝管	熔断电阻器	负温度系数热敏电阻器	压敏电阻器
电路符号	FU	RF	RT	R_x
英文缩写	FU	RF	NTCR	VSR
主要特点	熔点低，电阻率高，熔断速度快，成本低廉；但熔断时会产生火花，甚至管壳爆裂，安全性较差	熔断时不会产生电火花或烟雾，不会造成火花干扰，安全性好	电阻值随温度升高而降低，电阻温度系数 αT 一般为 $-(1\sim6)\%/^{\circ}\text{C}$	电阻值随端电压而变化，对过电压脉冲响应快，耐冲击电流能力强，漏电小，电阻温度系数低
功能	过电流保护	过电流保护	通电时瞬间限流保护	吸收浪涌电压防雷击保护
种类	普通熔丝管，快速熔丝管	阻燃型、防爆型	圆形、垫圈形、管形	普通型、防雷击型
中小功率开关电源常用元件值	熔断电流应等于额定电流的1.25~1.5倍	4.7~10 Ω ，1~3W	1~47 Ω 、2~10W	275V,320V(AC)

输入EMI滤波

- 开关电源是交流电网和电源负载之间的中间环节。为使电网的噪声干扰不传递到电源，以及电源产生的噪声干扰不传递给电网支持的其他电子设备，在电网与电源之间设置输入滤波电路。



- 输入滤波器一般由低通滤波与共模扼流圈等元件组成
- 低通滤波器是**PWM**开关电源抑制噪声干扰最常用的方式。

输入EMI滤波

差模干扰（噪声）：主回路引线（两根电源线）间的噪声。（也称串模干扰）

共模干扰（噪声）：主回路引线（两根电源线）与地线（两根电源线与地线）间的噪声。（也称共模干扰）

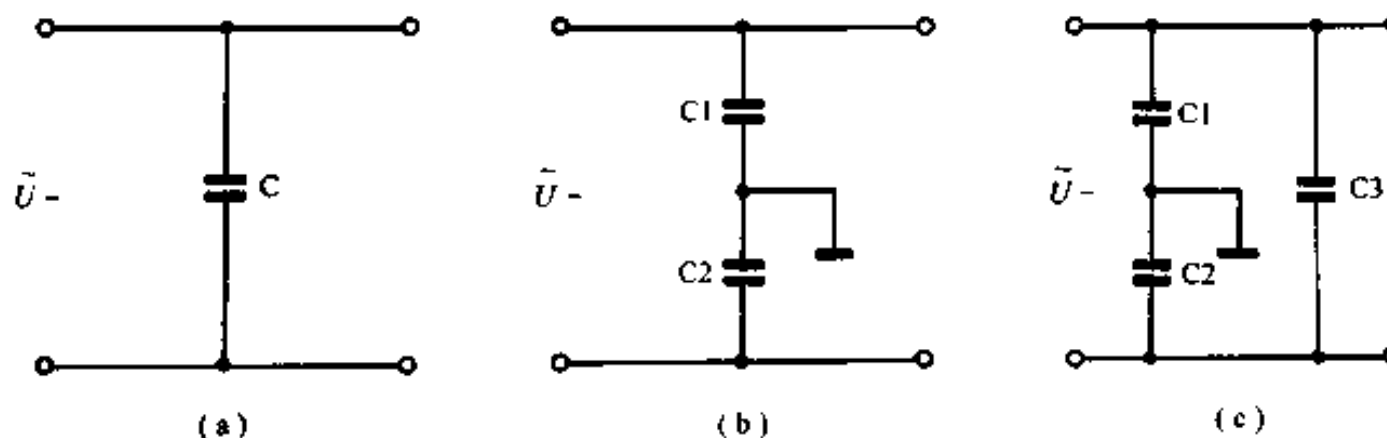


图 4-1 电容组成的输入滤波电路

若容量选择适当（**0.01 μ ——0.1 μ** ）即可对差模高频干扰起到抑制作用，这样的容量对高频信号呈小容抗，对工频信号呈大容抗，而不影响电源正常工作。

输入EMI滤波

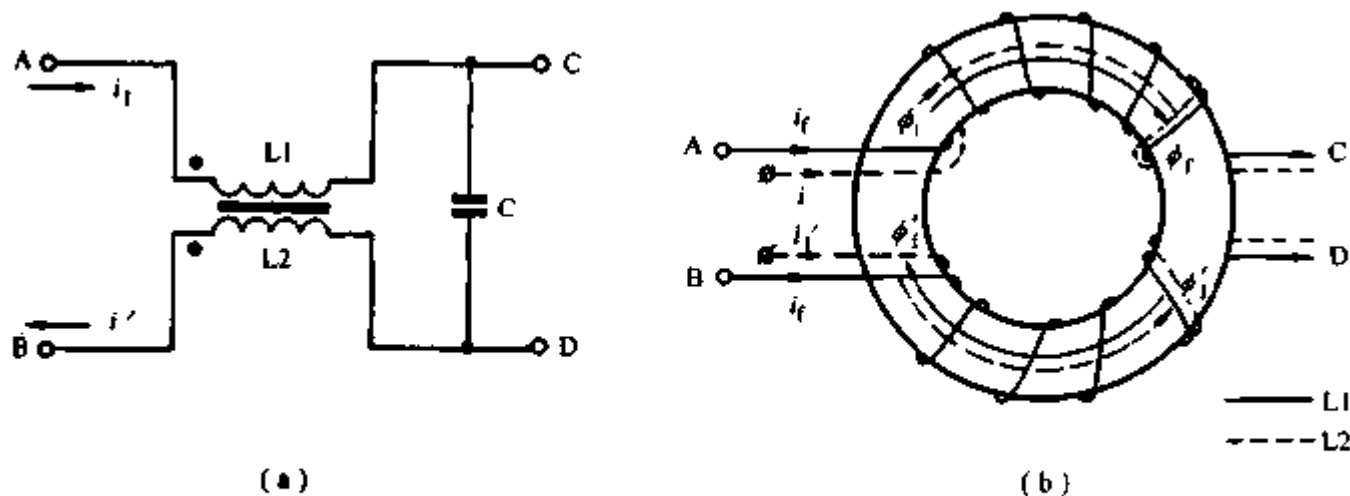


图 4—2 由电容和电感组成的输入滤波电路

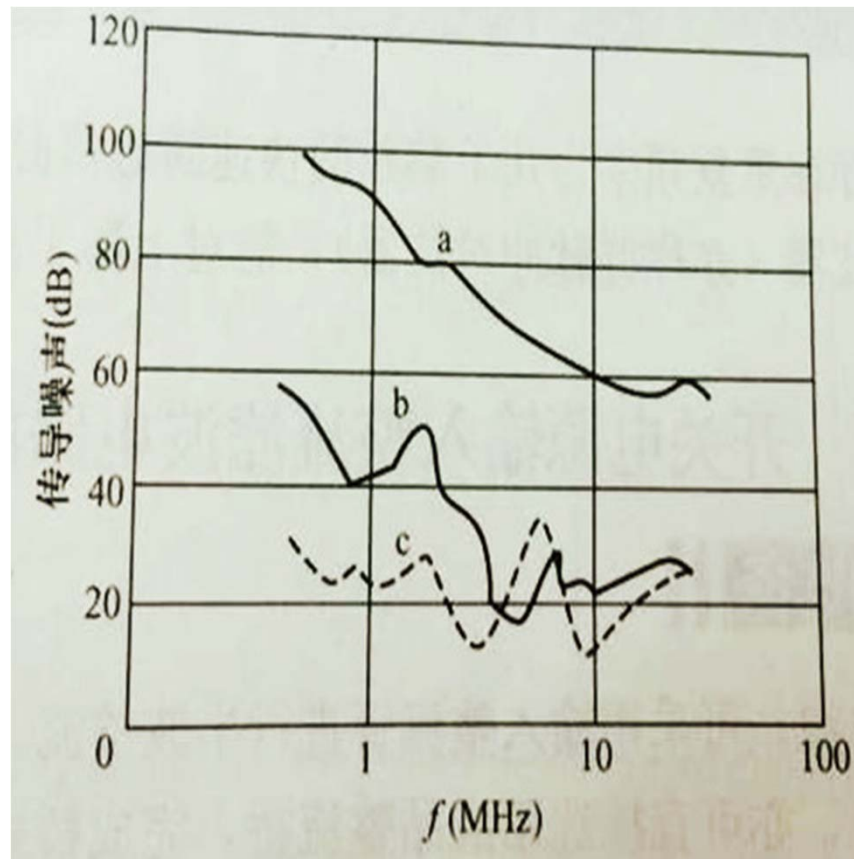
L1和**L2**是共模扼流电感，他们是绕在同一封闭磁环上的两个匝数相同绕向相反的绕组。

由于共模噪声电流在磁环中产生的磁通方向相同，**L1L2**呈高阻抗，阻止共模噪声进入电源或向电网扩散。但对于工频电流，在磁环中产生的磁通方向相反，**L1L2**呈低阻抗可视作导线。

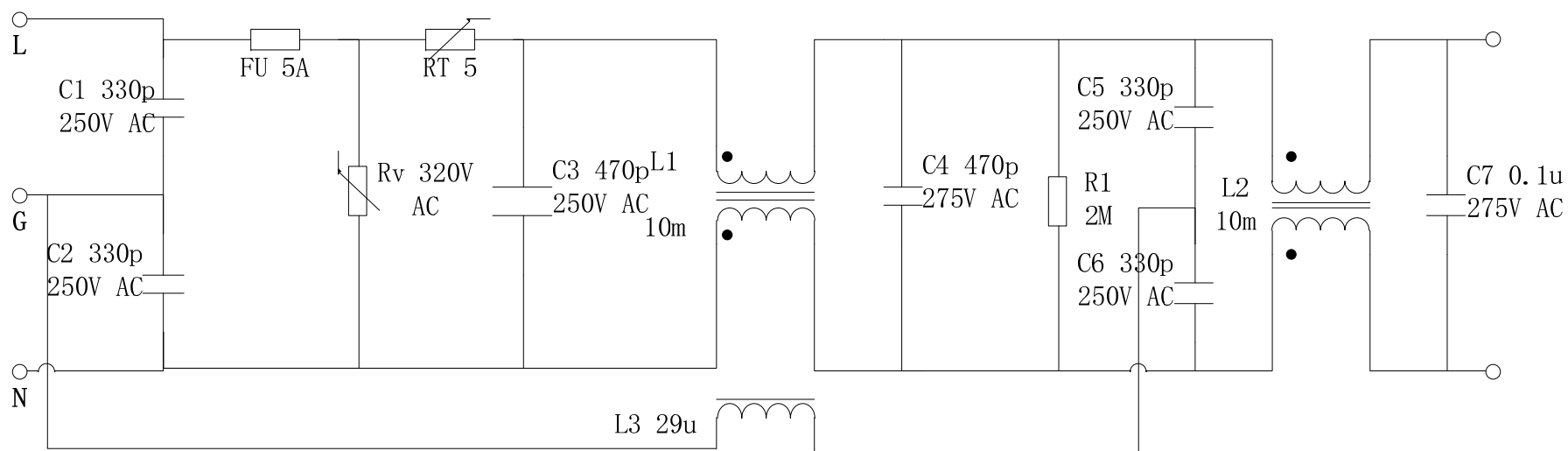
输入EMI滤波

注意：

低通滤波器最好封闭在磁屏蔽盒内，盒外壳与电源机壳接在一起，低通滤波器可用多级！



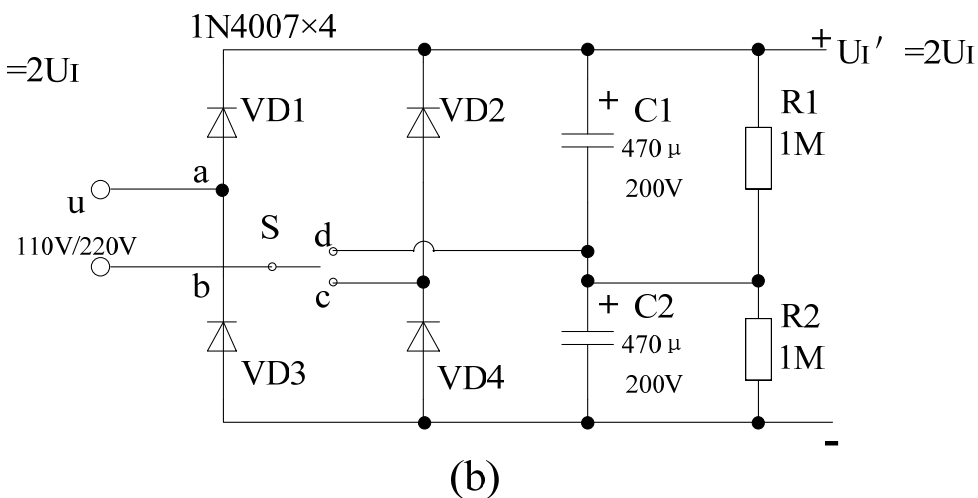
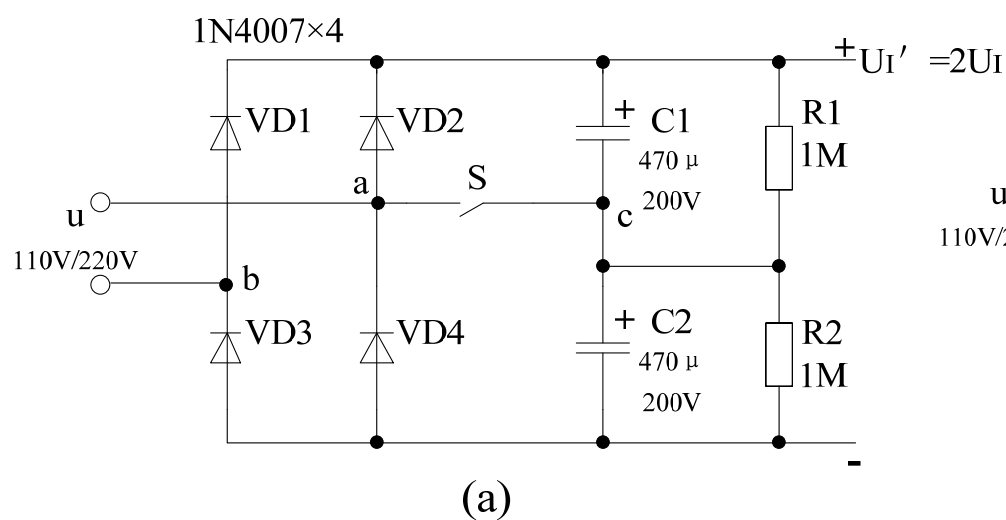
输入EMI滤波



一种专供**300W**大屏幕液晶电视机开关电源使用的**EMI**滤波器电路

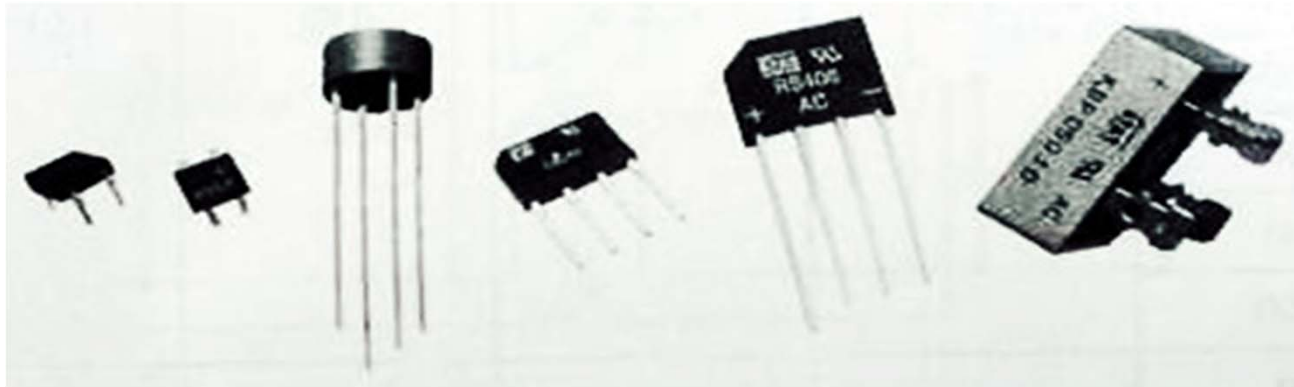
工频滤波电路

- 工频滤波电路由**单相（或三相）整流桥**和**大容量电解电容**组成。功能是将工频交流电压转换为平稳的直流高压。
- 工频滤波器又称平滑滤波器



110V/220V交流输入电压转换电路

工频滤波电路



几种硅整流桥的外形

- 电容量的估算公式:

$$C_{in} = \frac{0.3 P_{in(av)}}{f_{in} V_{in \min} V_{ripple(P-P)}^2}$$

- 电容量取值经验值: $(1 \sim 2) \mu F/W$

工频滤波电路

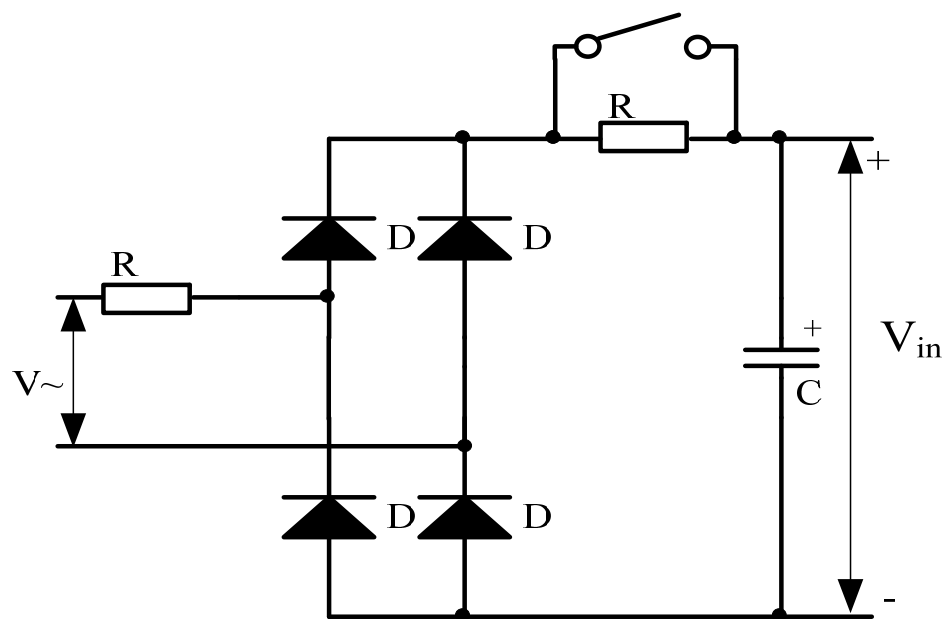
工频整流滤波电路的合闸浪涌电流及其抑制问题：

- 具有大容量滤波电解电容的整流滤波电路，在接通电网的瞬间会产生很大的浪涌电流，高电压向大容量电容充电合闸浪涌电流更加严重。
- 浪涌电流使开关熔接、保险丝熔断，造成的影响妨碍其他设备的正常工作，而对整流器、电容器本身，反复放大电流冲击也使器件性能劣化，故必须采取措施进行抑制。

9.2 工频滤波电路

最大合闸电流

$$I_p = \frac{\sqrt{2}V}{R_S}$$



限制合闸浪涌电流的方法

$$I_p = \frac{\sqrt{2}V}{R_S + R}$$

9.2 工频滤波电路

工频整流滤波电路的合闸浪涌电流及其抑制问题：

串普通功率电阻(在整流回路中)+继电器：

- 加入**R**后，合闸电流 $I_p = \frac{\sqrt{2}u}{R_s + R}$,适当选择**R**值，即可将浪涌电流限制在有限值内。
- 显然限流电阻在合闸瞬间才是需要的，一旦电源正常工作，**R**上就会产生很大的功耗，必须在向负载提供功率之前将其短接。
- 短接电阻的方法有两种：有触点和无触点。

9.2 工频滤波电路

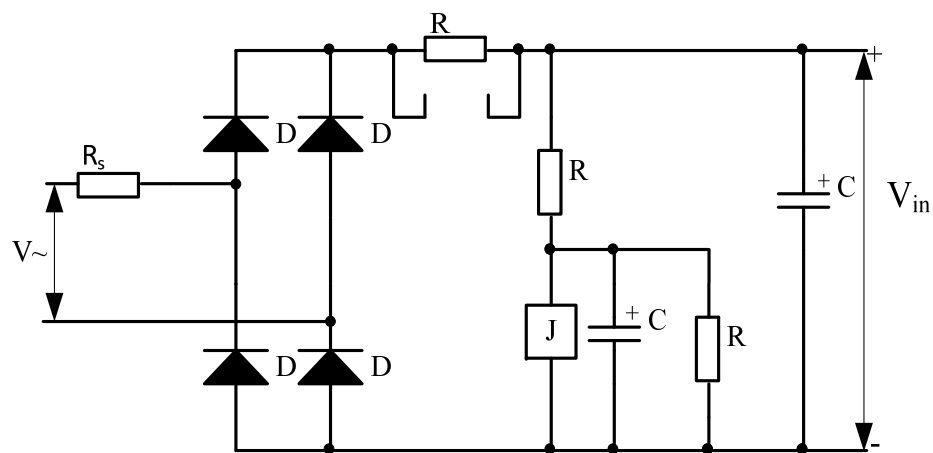


图9.3用继电器防止合闸浪涌电流

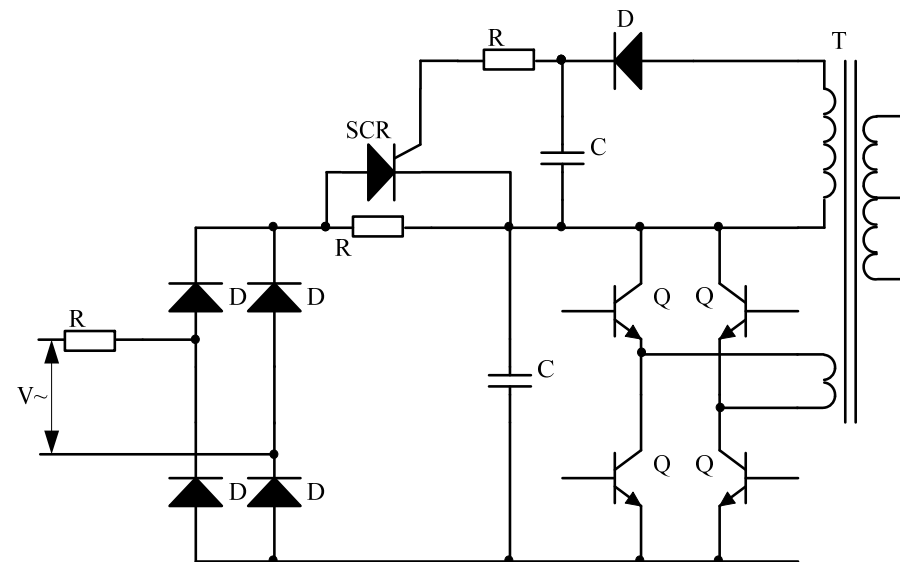


图9.4用晶闸管防止合闸浪涌电流

9.2 工频滤波电路

串热敏电阻:

- 用负温度系数的热敏电阻代替**R**。合闸时，热敏电阻有一定的冷态阻值，随着电源向负载供电，热敏电阻电流增加，其阻值减小，功耗很低，满足防止合闸浪涌的要求。
- 输入整流滤波电路合闸浪涌的限制是**PWM**开关电源必备的功能之一。

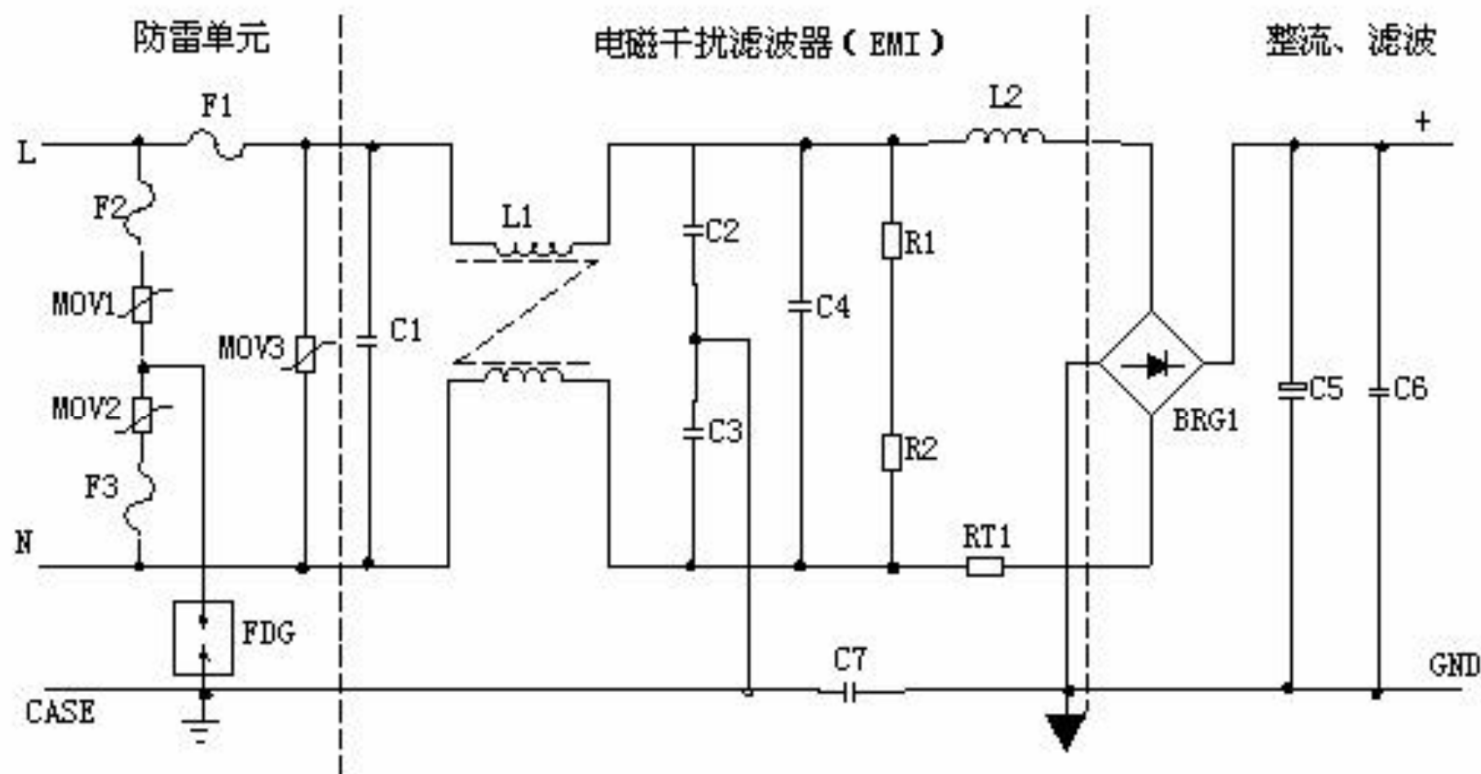
工频滤波电路

例：输入滤波电容为**600μF**，输入回路内阻 **R_s** 为**1Ω**，该电源允许的电网电压变动范围为**±10%**，希望合闸浪涌电流小于或等于**2A**(约相当于稳态额定电流)，问应串入多大的限流电阻 **R** ？控制电路应延时多长时间启动？

$$R + R_s = \frac{\sqrt{2}}{I_p} = \frac{\sqrt{2} * 240}{2} \approx 170\Omega$$

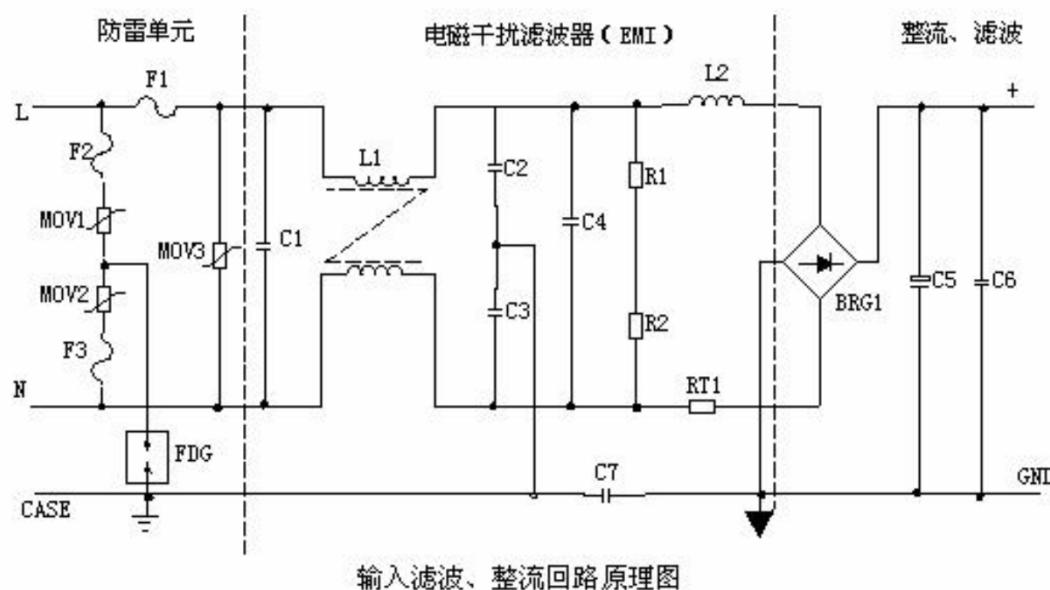
$$\tau = 3RC = 3 * 600 * 10^{-6} * 180 = 0.324s$$

输入级电路设计



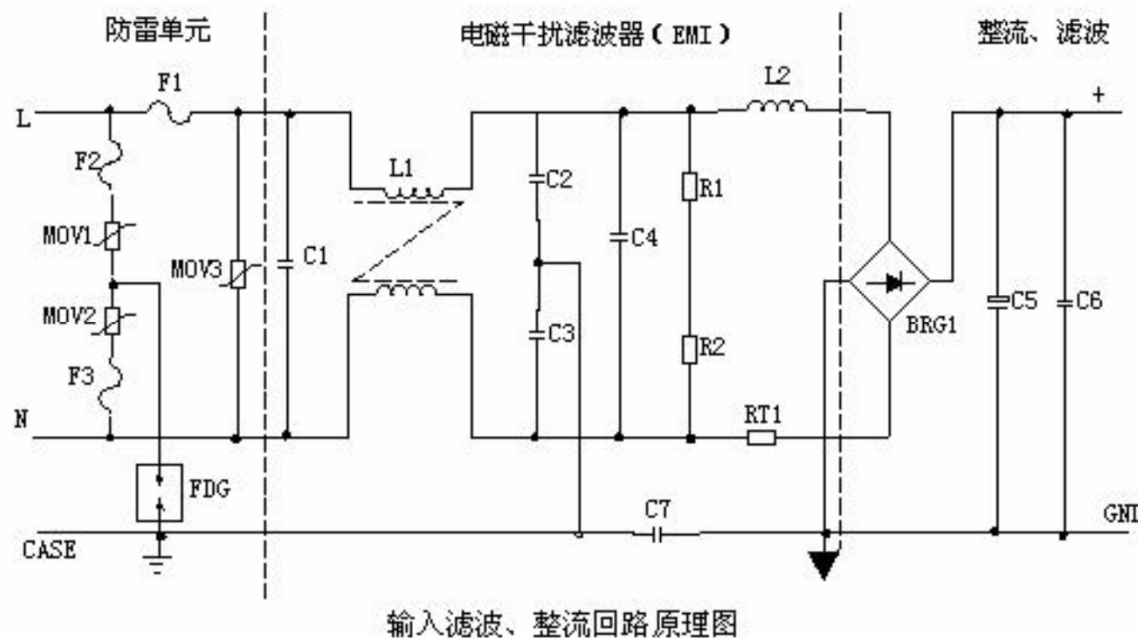
输入滤波、整流回路原理图

输入级电路设计



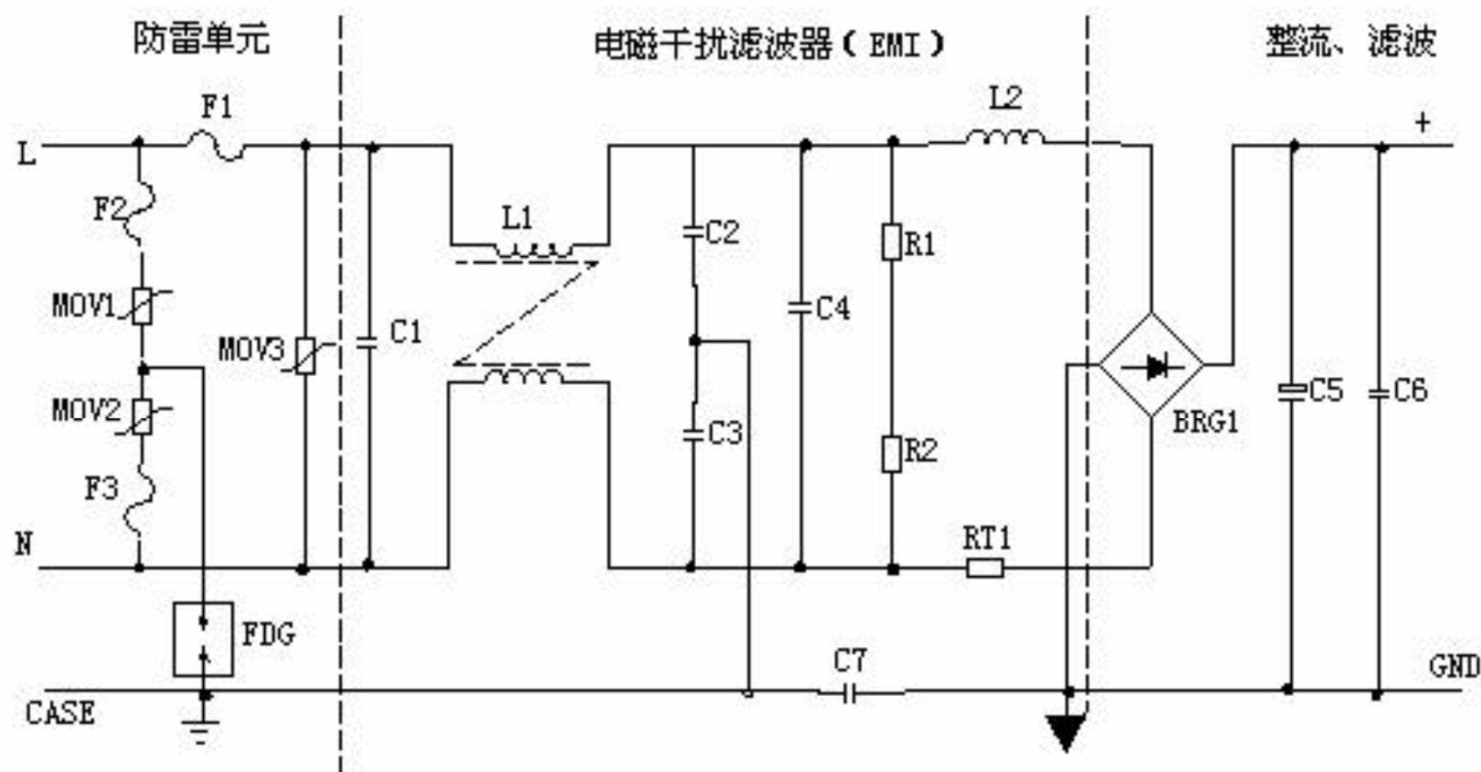
① 防雷电路：当有雷击，产生高压经电网导入电源时，由 **MOV1、MOV2、MOV3**、**F1、F2、F3、FDG1**组成的电路进行保护。当加在压敏电阻两端的电压超过其工作电压时，其阻值降低，使高压能量消耗在压敏电阻上，若电流过大，**F1、F2、F3**会烧毁保护后续电路。

输入级电路设计



② 输入滤波电路：**C1、L1、C2、C3**组成的双 π 型滤波网络主要是对输入电源的电磁噪声及杂波信号进行抑制，防止对电源干扰，同时也防止电源本身产生的高频杂波对电网干扰。当电源开启瞬间，要对**C5**充电，由于瞬间电流大，加**RT1**（热敏电阻）就能有效的防止浪涌电流。因瞬时能量全消耗在**RT1**电阻上，一定时间后温度升高后**RT1**阻值减小（**RT1**是负温系数元件），这时它消耗的能量非常小，后级电路可正常工作。

输入级电路设计



输入滤波、整流回路原理图

- ③ 整流滤波电路：交流电压经**BRG1**整流后，经**C5**滤波后得到较为纯净的直流电压。若**C5**容量变小，输出的交流纹波将增大。

输出整流滤波电路

输出滤波电路：由**LC**滤波器、低通滤波器组成。

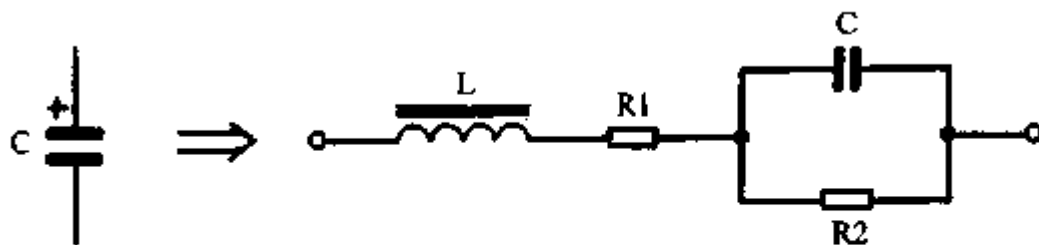


图 4-5 电解电容等效电路图

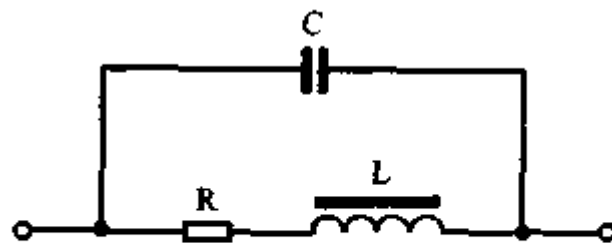
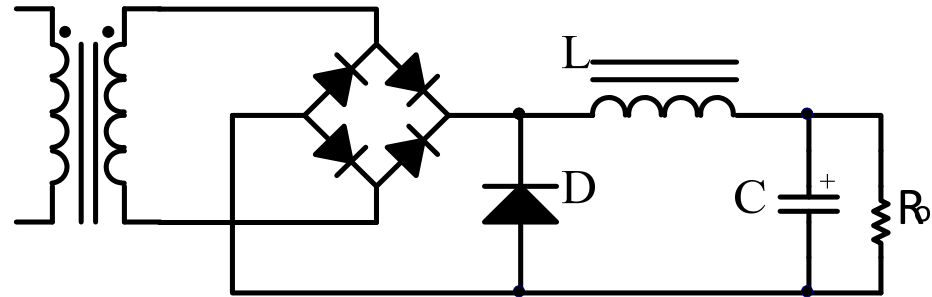


图 4-6 滤波电感的等效电路

输出滤波电感与滤波电容对整流后的脉动直流起平滑作用。

输出整流滤波电路

1、全桥型整流电路



二极管承受的反向电压

$$U_R = \frac{N_2}{N_1} U_i$$

流过二极管的平均电流

$$I_D = \frac{I_L}{2}$$

假设二极管的通态压降为 U_D ，每个二极管的通态损耗为

$$P_{Don} = DU_D I_L / 2$$

4个二极管的通态损耗为

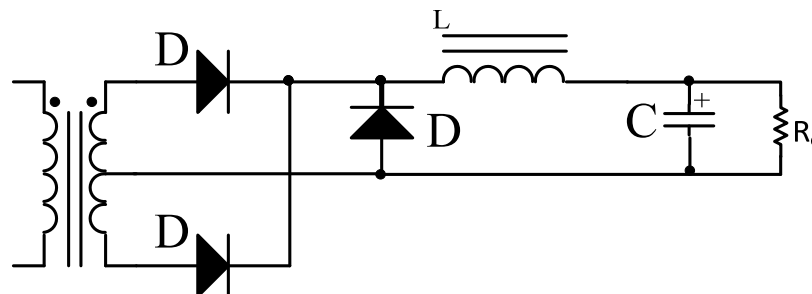
$$P_{Don} = 2DU_D I_L$$

输出整流滤波电路

2、全波整流电路

二极管承受的反向电压

$$U_R = 2 \frac{N_2}{N_1} U_i$$



假设二极管的通态压降为 U_D ，每个二极管的通态损耗为

$$P_{Don} = DU_D I_L / 2$$

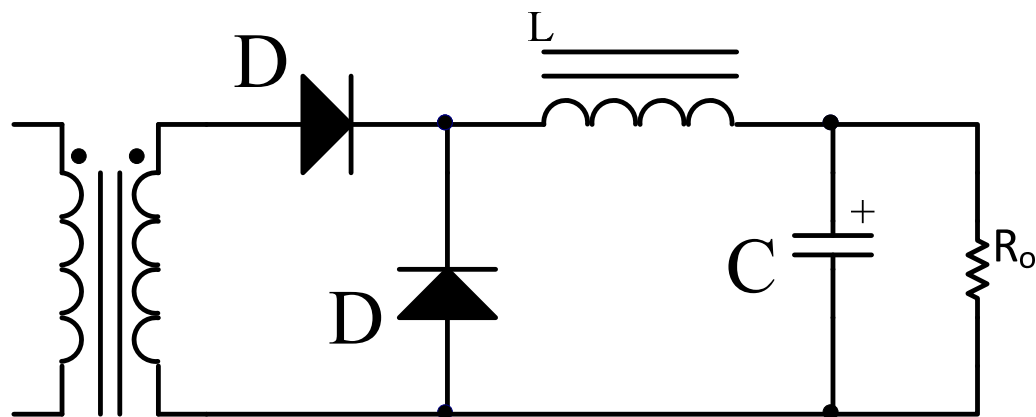
流过二极管的平均电流

$$I_D = \frac{I_L}{2}$$

2个二极管的通态损耗为

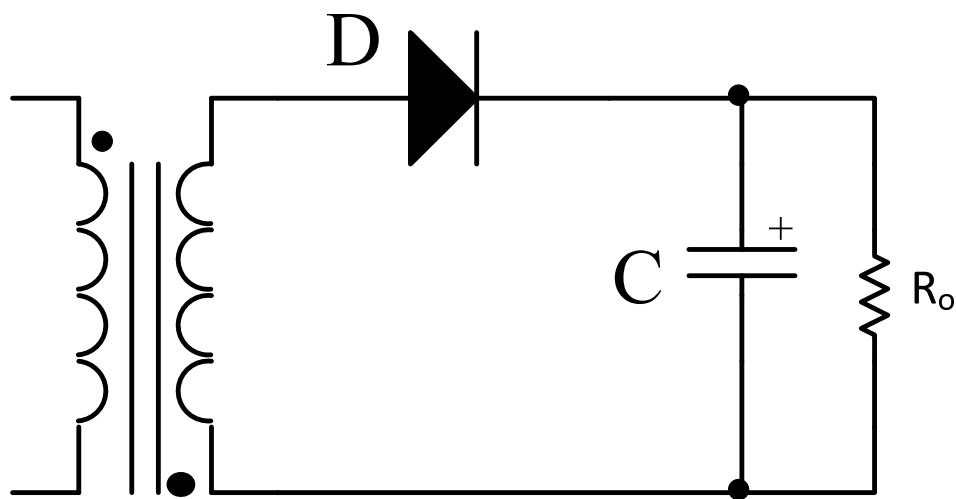
$$P_{Don} = DU_D I_L$$

输出整流滤波电路



$$U_R = \frac{N_2}{N_1} U_i$$

半波整流模式

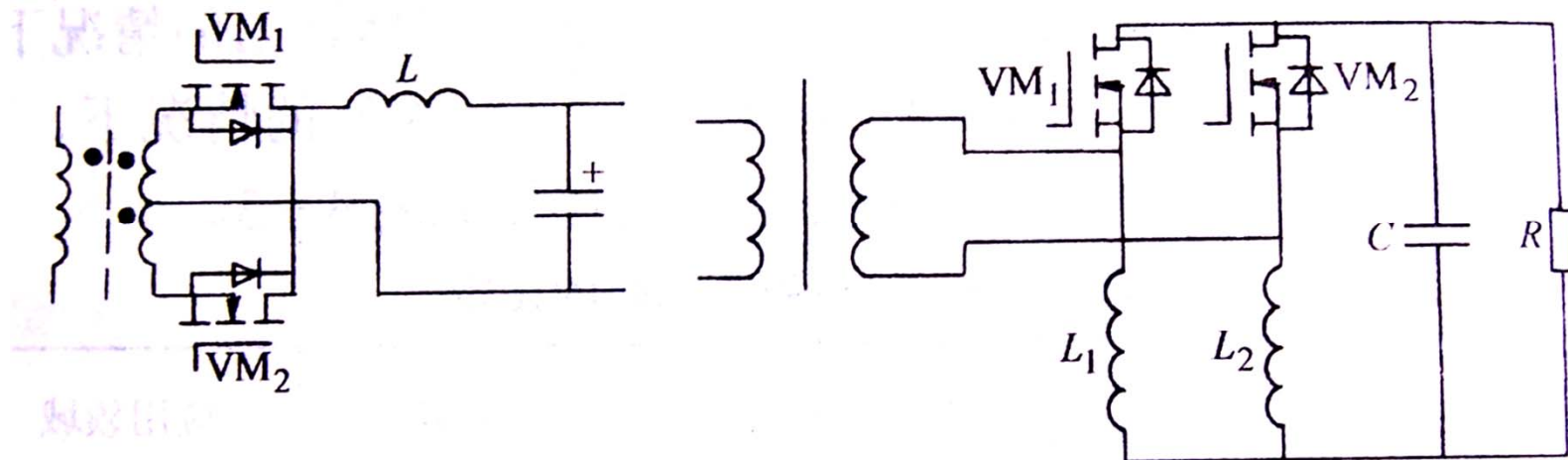


$$U_R = \frac{N_2}{N_1} U_i + U_o$$

反激式

输出整流滤波电路

同步整流技术



输出整流滤波电路

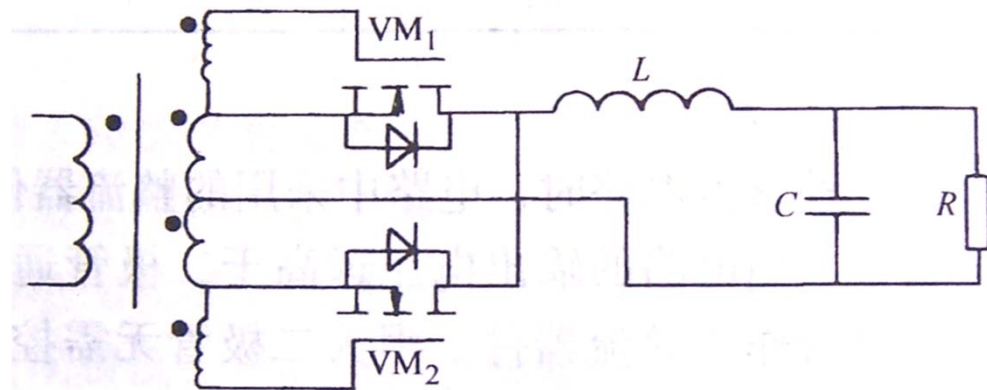
同步整流技术

(1) 变压器绕组控制

优点:

电路结构简单, 增加的元器件少

缺点: 变压器的绕制复杂

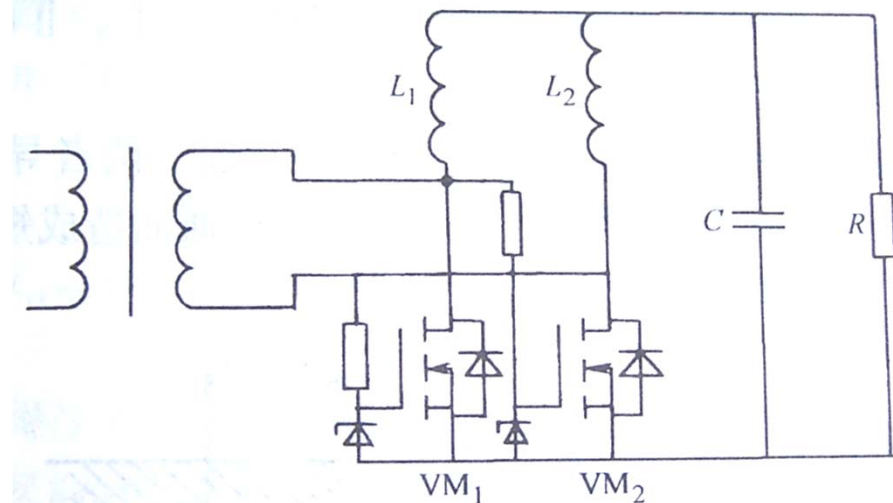


(2) 利用电路中的电压进行控制

优点:

无需在变压器中增加绕组, 电路结构较简单

缺点: 增设的稳压管会增加损耗



输出整流滤波电路

同步整流技术

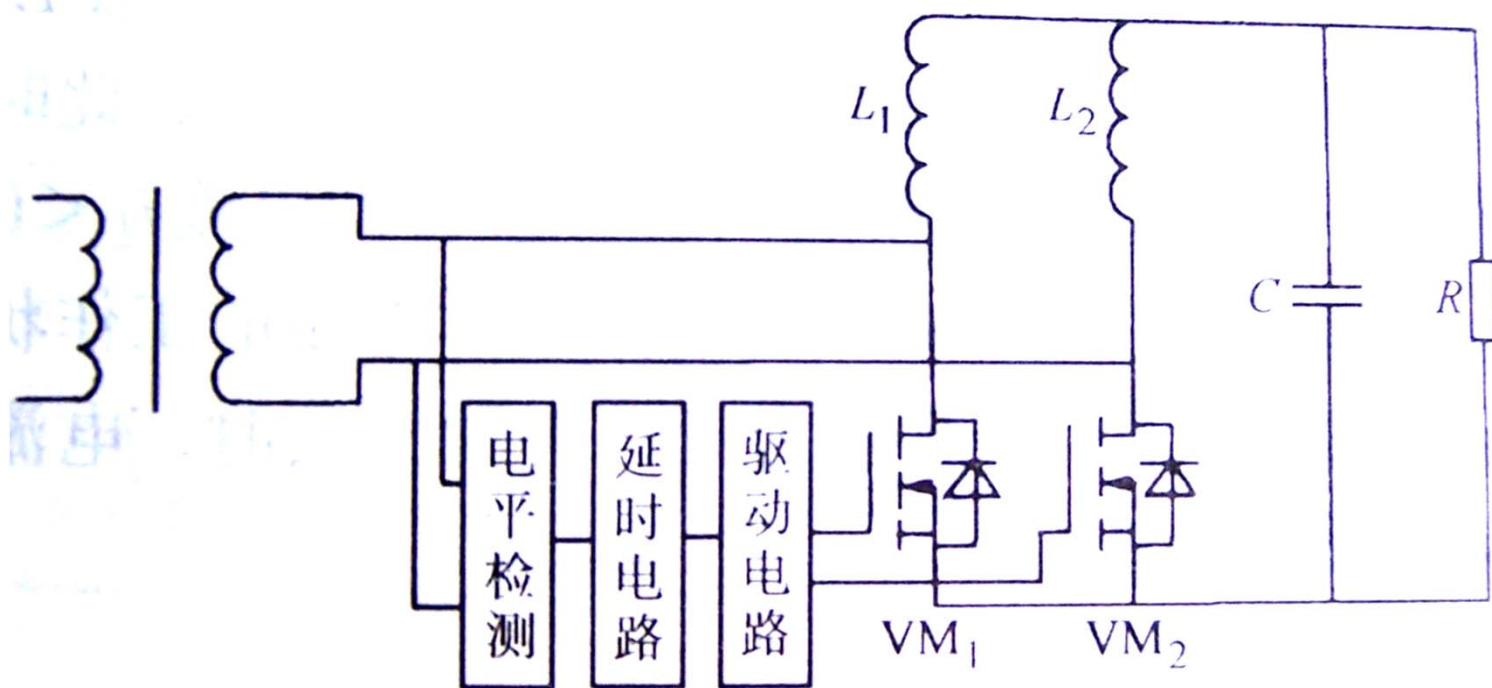
(3) 专门的控制电路

优点:

同步整流管的开通和关断时刻控制精度高, 开关损耗低

缺点:

电路复杂, 成本高。



回馈型电路

非隔离回馈型电路

二象限斩波电路

电路的输出电压与输入电压同方向，输出电流可正可负。

输出电压与输入电压关系：

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{t_{onS1}}{T} = D_{S1}$$

应用场合：

可用于需要电能回馈，但又不需改变输出电压极性的场合，如蓄电池充放电电源、直流电机不可逆调速装置。

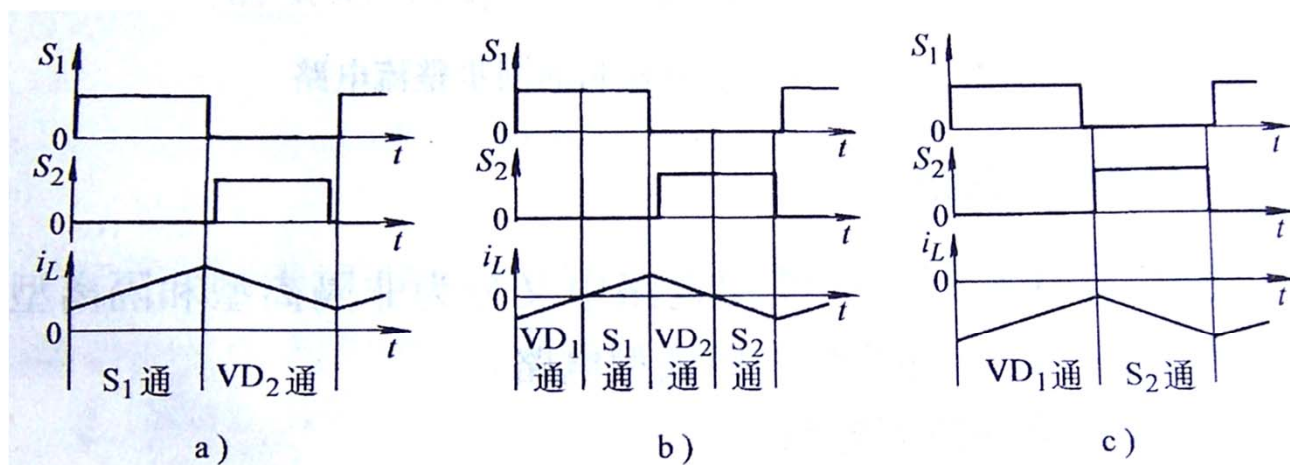
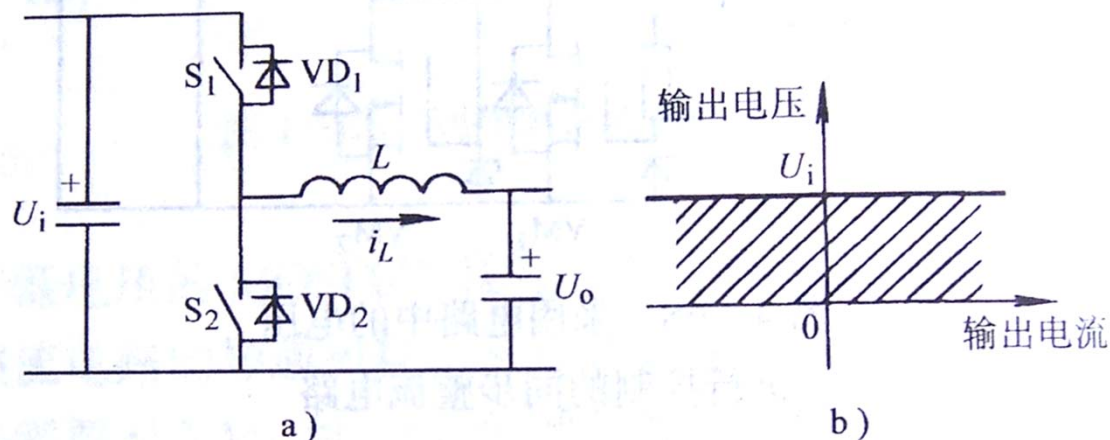


图 4-71 二象限斩波电路原理性波形

a) $i_L > 0$ b) i_L 有时为正、有时为负 c) $i_L < 0$

回馈型电路

隔离回馈型电路

输出电压的极性不能改变，
输出电流可正可负，属于二
象限变流电路

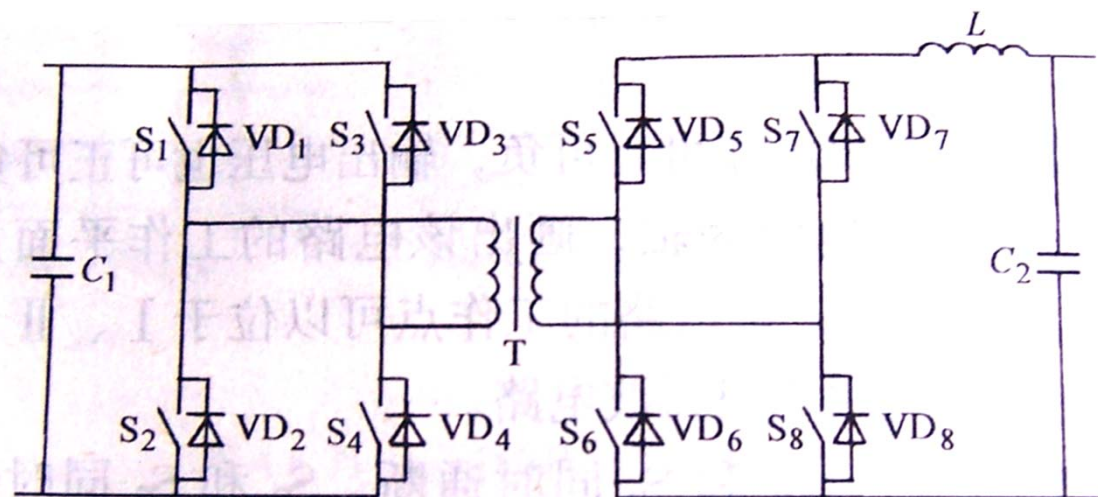


图 4-74 隔离回馈型电路

应用场合：

- 1、有隔离要求的蓄电池充放电电源；
- 2、有隔离要求的**UPS**、电力电子变压器等。