

武汉大学 2012—2013 学年度第一学期
《电力电子技术》期末试卷（B）(时间：150 分钟)

班级： 姓名： 学号： 得分：

一、简答题：（8 × 5 分= 40 分）

1、什么是电力电子技术？为何电力电子器件一般工作在开关状态？

答：电力电子技术就是使用电力电子器件对电能进行变换和控制的技术。电力电子器件处理的电功率较大，为了提高效率，避免电力电子器件的损耗过大，电力电子器件一般都工作在开关状态。

2、按照驱动电路加在电力电子器件控制端和公共端之间信号的性质，可以将电力电子器件分为哪几类？各类电力电子器件的优缺点是什么？

答：按照驱动电路加在电力电子器件控制端和公共端之间信号的性质，可以将电力电子器件分为电压驱动型和电流驱动型。

电压驱动型的优点是：输入阻抗高，所需驱动功率小，驱动电路简单，工作频率高。缺点：通态压降大，电压、电流容量小，难于制成高压大电流器件。电流驱动型器件的优点是：具有电导调制效应，因而通态压降低，导通损耗小。缺点是：工作频率较低，所需驱动功率大，驱动电路也比较复杂。

3、额定电流为 10A 的晶闸管能否承受长期通过 15A 的直流负载电流而不过热？

答：可以。因为当晶闸管额定电流为 10A 时，晶闸管实际承担的某波形电流有效值为 $10 \times 1.57 = 15.7 \text{ A} > 15 \text{ A}$ ，所以晶闸管可以承受长期通过 15A 的直流负载电流而不过热。

4、电力电子器件的缓冲电路的作用是什么？画出 IGBT 典型的开通缓冲电路和关断缓冲电路。

答：电力电子器件的缓冲电路又称为吸收电路，其作用是抑制电力电子器件的内因过电压、 $\frac{du}{dt}$ 或者过电流和 $\frac{di}{dt}$ 。

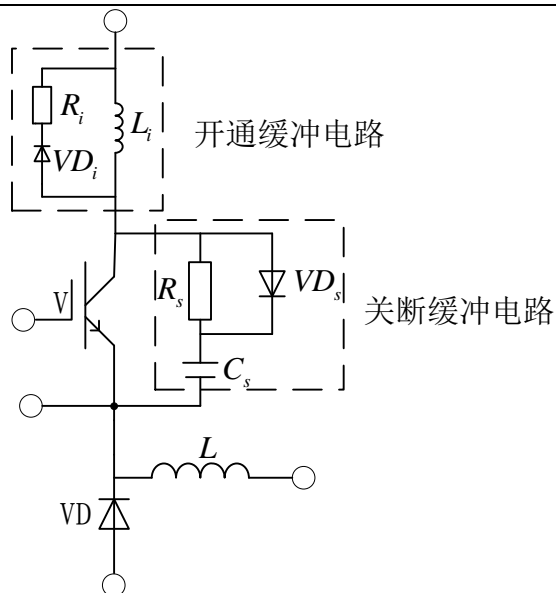
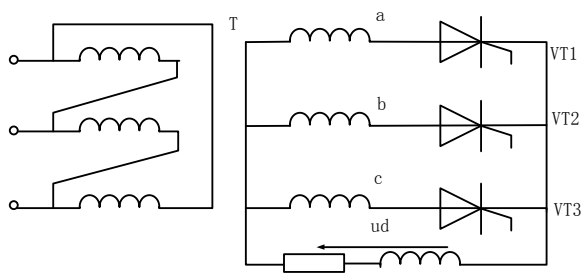
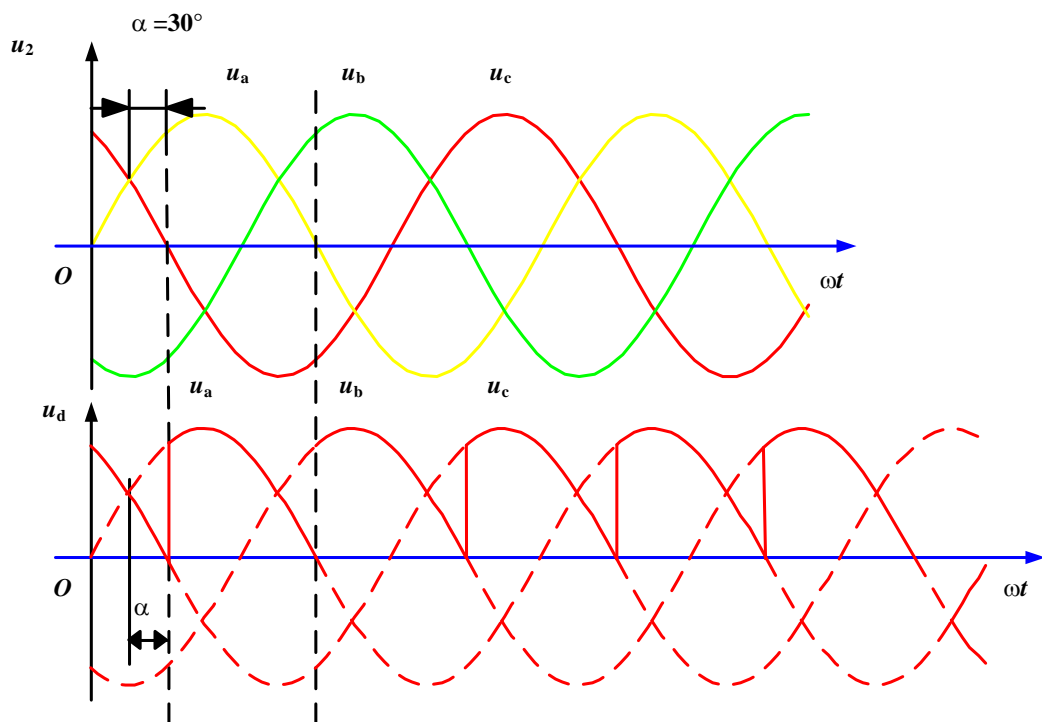


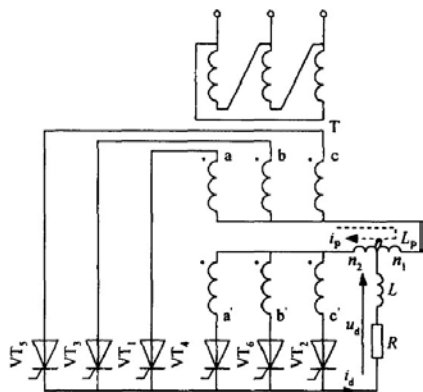
图 4: IGBT 开通缓冲电路和关断缓冲电路

5、在三相半波整流电路中，阻感负载，其中电感 L 足够大（负载电流不间断），画出 $\alpha = 30^\circ$ 时输出电压 U_d 的波形。





6、带平衡电抗器的双反星形可控整流电路中，平衡电抗器的作用是什么？如果没有平衡电抗器，那么该电路的功能实现将会产生什么影响？



答：平衡电抗器的作用使得两组三相半波整流电路同时导电，平衡电抗器 L_p 承担了 n_1 、 n_2 间的电位差，它补偿了 u'_b 和 u_a 的电动势差，使得两相的晶闸管能同时导电。

双反星形电路中如不接平衡电抗器，即成为六相半波整流电路，只能有一个晶闸管导电，其余五管均阻断，六相半波整流电路晶闸管导电时间短，变压器利用率低。

7、画出降压斩波电路图并简述其工作原理。

解：

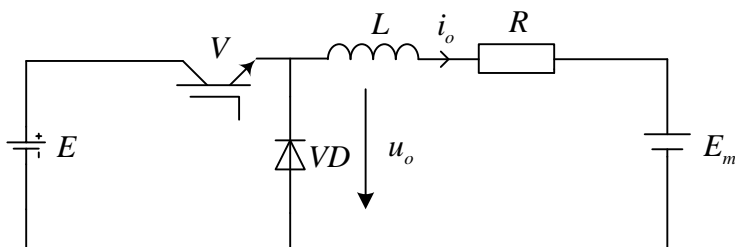


图 7：降压斩波电路图

工作原理：在 $t=0$ 时刻驱动 V 导通，电源 E 向负载供电，负载电压 $u_o = E$ ，负载电流 i_o 按指数曲线上升。当 $t=t_1$ 的某个时刻，控制 V 关断，负载电流经二极管 VD 续流，负载电压 u_o 近似为零，负载电流呈指数曲线下降。为了使负载电流连续且脉动小，通常使串联的电感 L 较大。至一个周期 T 结束，再驱动 V 导通，重复上一周期的过程。当电路工作于稳态是，负载电流在一个周期的初值和终值相等，负载电压的平均值

$$U_o = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} E = \frac{t_{on}}{T} E = \alpha E$$

式中： t_{on} 为 V 处于通态的时间； t_{off} 为 V 处于断态的时间； T 为开关周期； α 为导通占空比。

8、什么是分段同步调制方法？其优点是什么？

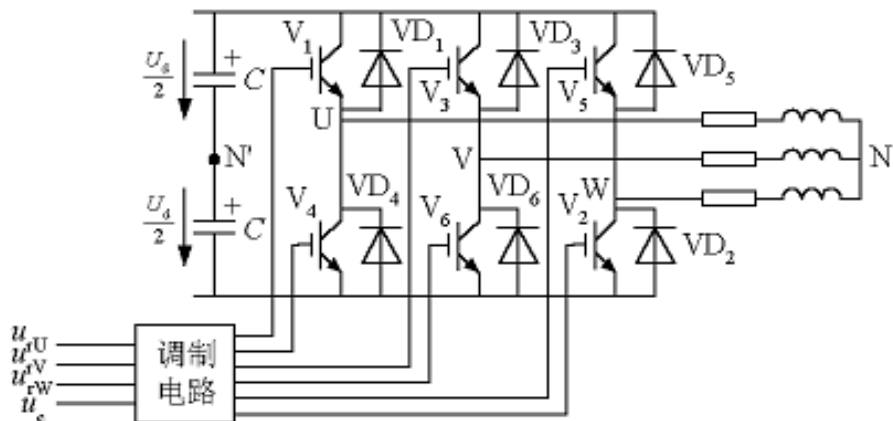
答：同步调制方法：把逆变电路的输出频率范围划分成若干频段，每个频段内都保持载波比 N 为恒定，不同频段的载波比不同。在输出频率高的频段采用较低的在波比，以使载波频率不致过高，限制在功率开关器件允许的范围内。在输出频率低的频段采用较高的在波比，以使载波频率不致过低而对负载产生不利影响。

其优点是：载波频率适中，开关器件可以承受、谐波易滤除而且不会对负载产生不利影响。

二、计算题（2 × 15 分= 30 分）

1、对于三相桥式 PWM 逆变电路，三相对称阻感负载，直流侧电压

$U_d=1000V$ ，输出线电压为 $380V/50Hz$ ，采用三角波调制方式，求：



(1) 计算调制度；

解： $m = \frac{380/\sqrt{3} \times \sqrt{2}}{1000/2} = 0.62$

(2) 载波频率为 $3000Hz$ ，计算载波比，每个电力电子器件的开关频率是多少；

解： $N = \frac{f_c}{f_r} = \frac{3000}{50} = 60$ ，电力电子器件的开关频率等于载波频率，为 $3000Hz$ 。

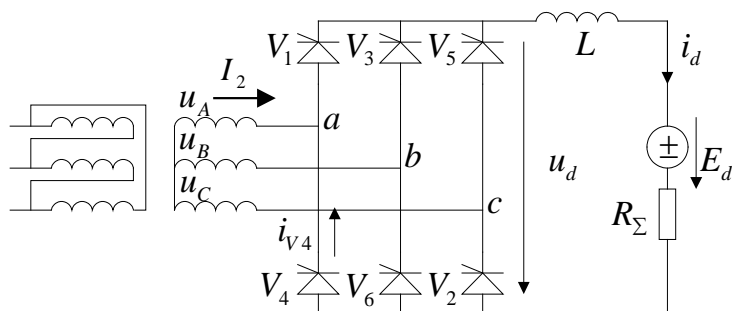
(3) 采用什么方式防止一个桥臂上下两个电力电子器件的直通；

答：给电力电子器件加死区时间。

2、三相桥式全控变流电路如图所示，反电动势阻感负载， $u_A = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ ，

$U_2=220V$ ， $R=1\Omega$ ， L 值极大， $E_d=-420V$ ， $L_B=1mH$ ， $\alpha=120^\circ$ ；计算 U_d 及电

机回馈给系统的功率是多少？（提示：对于三相桥式电路， $\Delta U_d = \frac{3X_B}{\pi} I_d$ ）



$$U_d' = 2.34 \times U_2 \times \cos \alpha = 2.34 \times 220 \times \left(-\frac{1}{2}\right) = -257.4(\text{V})$$

$$r_B = \frac{3 \times \omega L_B}{\pi} = \frac{3 \times 100\pi \times 1 \times 10^{-3}}{\pi} = 0.3(\Omega)$$

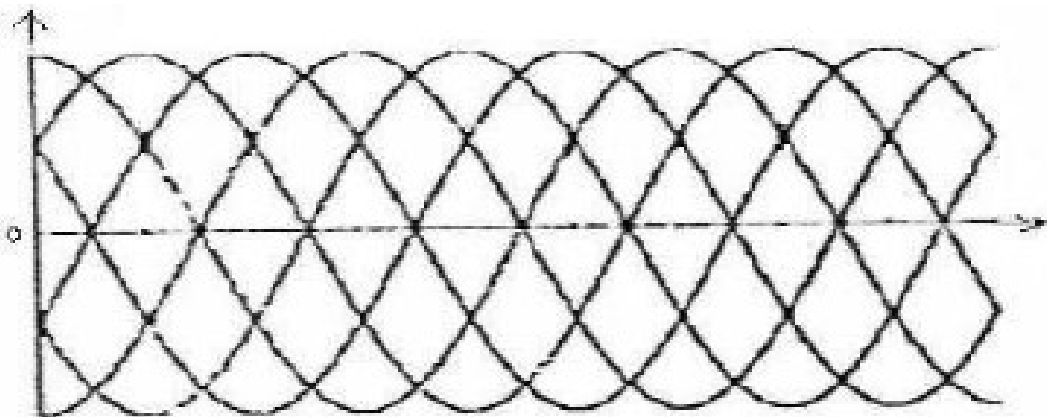
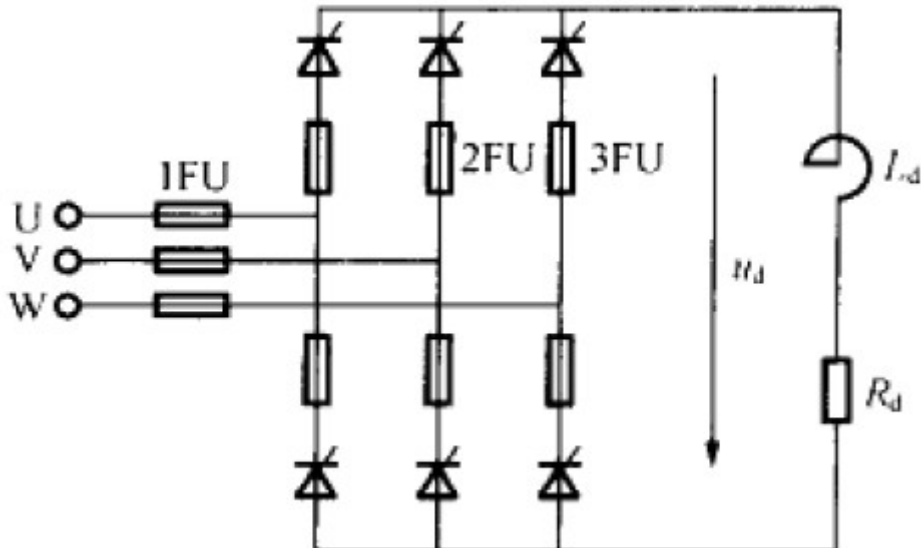
$$I_d = \frac{U_d' - E}{R + r_B} = 125\text{A}$$

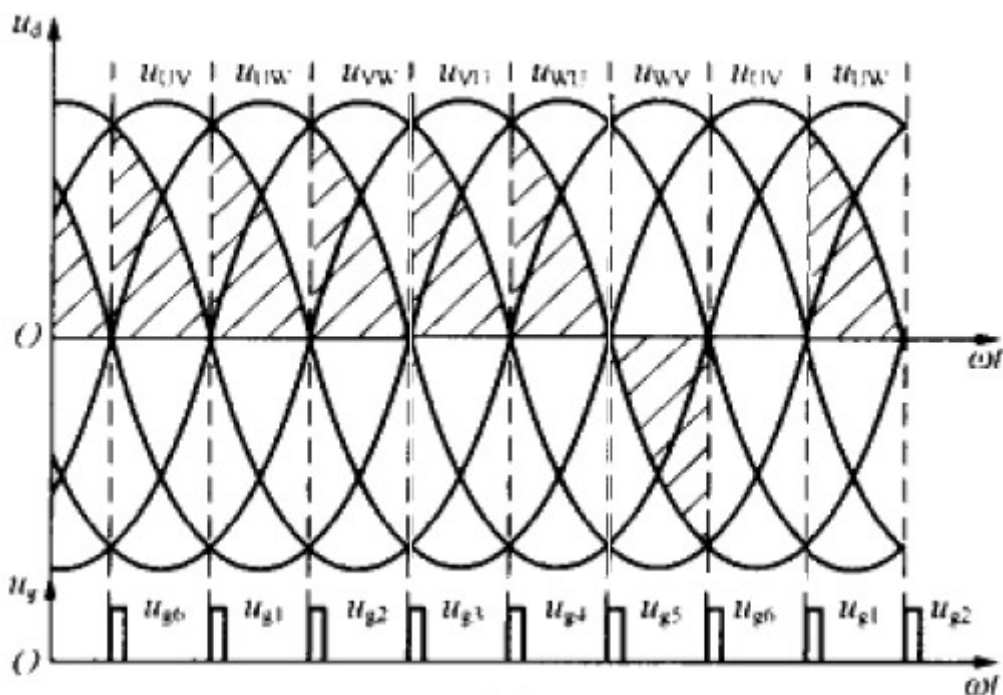
$$U_d = I_d R + E = -295\text{V}$$

$$P_d = U_d I_d = -36.875\text{kW}$$

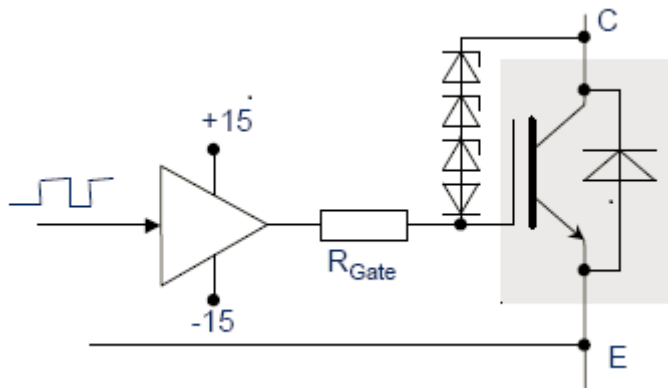
三、分析题（6 × 5 分= 30 分）

1、分析下图所示三相全控桥式整流电路，在熔断器 3FU 熔断时绘制 $\alpha = 60^\circ$ 时的输出 U_d 电压波形。



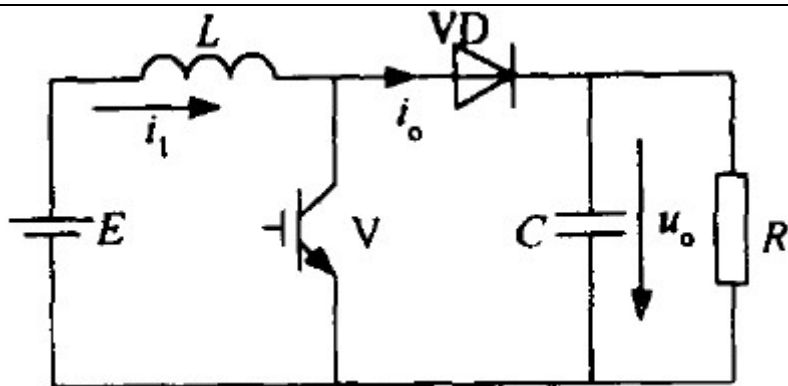


2、对于下图中的 IGBT 驱动电路，GC 极之间的连接有稳压管 and 二极管，用以抑制 IGBT 关断时产生的电压尖峰（短时高电压），试分析其工作过程。（提示：从 IGBT 导通条件及其伏安特性角度考虑）



答：IGBT 关断过程中，集电极-发射极电压超过稳压元件的雪崩击穿电压的电压，稳压元件被击穿，二极管导通，使得门极电压升高，导致 igbt 导通，抑制了 IGBT 关断时产生的电压尖峰。

3、下图 Boost 斩波电路中，IGBT 的导通占空比为 $D(0 < D < 1)$ ，负载电阻断开，此时输出电压 U_0 为多少，为什么？



答：输出电压 U_0 会不断上升，直到电容 C 因无法承受此电压而爆掉。

因为在 V 处于通态的时间段内，电源 E 向电感 L 充电，电感 L 上积蓄能量，在 V 处于断态时，电源 E 和电感 L 向电容 C 充电，每个周期都如此重复，不断地向电容 C 充电，直到电容 C 因无法承受此电压而爆掉。

4、在三相桥式 PWM 逆变电路中，为了能够连续控制输出基波和 5 次、7 次谐波电压的幅值、相位，如果采用算法获取电力电子器件的开关时刻，那么，在一个基波周期内，至少需要确定多少个独立的开关时刻？（提示：从傅立叶级数展开的角度考虑）

答：至少需要确立 3 个独立的开关时刻。输出电压各次谐波幅值计算公式如下：

$$a_n = \frac{2U_d}{n\pi} (1 - 2\cos n\alpha_1 + 2\cos n\alpha_2 - 2\cos n\alpha_3)$$
，要消除 5 次和 7 次谐波，可以令 a_5 和 a_7 等于 0，对于给定的基波幅值，总共 3 个方程，可以求出一组 α_1 、 α_2 、 α_3 。

5、采用三相 SPWM 逆变电路对交流感应异步电动机进行变频调速控制，变频范围是 5~800Hz，选用的 IGBT 器件最高开关频率为 9kHz，在保证逆变电路输出电压波形质量的基础上降低装置的发热量，可以采用什么调制方法？

答：可以采用分段同步调制方法。