

浙江工业大学期终考试命题稿

2019/2020 学年第一学期

课程名称	电力电子技术 A	使用班级	电气、自动化 17
教师份数	4	学生份数	230
命题人	南余荣、陈国定、 徐建明、刘安东	审核人	
命题总页数	8 页	每份试卷需用白纸	4 大张

命题注意事项：

- 一、命题稿请用 A4 纸电脑打印，或用教务处印刷的命题纸，并用黑墨水书写，保持字迹清晰，页码完整。
- 二、两份试题必须同等要求，卷面上不要注明 A、B 字样，由教务处抽定 A、B 卷。
- 三、命题稿必须经学院审核，并在考试前两周交教务处。

浙江工业大学 2019/2020 学年

第 一 学期试卷

课程_____姓名_____

班级_____

题序	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总评
计分											

命题:

一、判断题（9 分）（将“对”或“错”填入括号中，每小题 1 分）

1. 按照器件能够被控制的程度，电力电子器件分为以下三类：半控型器件、全控型器件、不可控器件。（对）
2. IGCT 是集成门极换流晶闸管（Integrated Gate-Commutated Thyristor）的英文缩写。（对）
3. 复合斩波电路是全部由降压斩波电路或升压斩波电路组合构成。（错）
4. 隔离型推挽 DC-DC 变流电路 2 个开关管承受峰值电压均为输出直流电压值的 2 倍。（错）
5. PWM 控制的算法是很繁琐的，但还被广泛采用。（错）
6. 全桥逆变电路移相调压方式是通过改变滞后角 θ 来调节输出电压的波形。（对）
7. 三相 PWM 整流电路的工作原理相当于对 3 个半桥分别进行控制，使三相输入电流幅值可以完全相同，三相输入电流相位也是相同的。（错）
8. PWM 同步整流电路需要对用于整流的开关管 MOSFET 进行相位控制，从而调节输出直流电压的大小。（错）
9. 斩控式交流调压电路电阻负载时，电源电流的基波分量是和电源电压同相位的，高次谐波可滤除，电路的功率因数接近 1。（对）

二、选择题（9 分）（将正确序号 A、B、C 或 D 填入括号中，每小题 1.5 分）

1. 关于电力电子器件驱动，表述正确的是下面哪个？（B）

- A、IGBT 驱动电路需要输出很大的驱动电流，对输出电压大小无特别规定。
- B、GTO 驱动电路通常包括开通驱动电路、关断驱动电路和门极反偏电路三部分。
- C、MOSFET 驱动电路输出的驱动电流不大，对输出电压大小无特别规定。
- D、MOSFET 驱动电路输出的驱动电流很大，对输出电压大小有规定。

2. 有关功率集成电路，下面哪个表述是正确的？（D）

- A、功率半控器件的驱动集成电路称为功率集成电路。
- B、将功率自关断器件与逻辑、控制、保护、传感、检测、自诊断等信息电子电路封装在一起，称为功率集成电路。
- C、功率自关断器件称为功率集成电路。
- D、将功率自关断器件与逻辑、控制、保护、传感、检测、自诊断等信息电子电路制作在同一芯片上，称为功率集成电路。

3. 下面表述正确的是哪一个？（A）

- A、驱动电路对装置的影响有：缩短开关时间、减少损耗，提高装置的运行效率、安全性、可靠性。
- B、器件过电压成因有外因与内因，外因为换相、关断过电压；内因为操作、雷击过电压。
- C、过压保护一般用避雷器即可。
- D、过流保护一般用压敏电阻即可。

4. 关于关断缓冲电路，表述正确的是：（B）

- A、 di/dt 抑制电路又称为关断缓冲电路，用于吸收器件的关断过电压和换相过电压。
- B、 du/dt 抑制电路又称为关断缓冲电路，用于吸收器件的关断过电压和换相过电压，抑制 du/dt ，减小关断损耗。
- C、关断缓冲电路用于抑制器件的电流过冲和 di/dt 。
- D、 du/dt 抑制电路又称为关断缓冲电路，用于吸收器件的关断过电压和换相过电压，抑制 du/dt ，减小器件的开通损耗。

5. 关于 PWM 跟踪控制技术中的三角波比较方式，如下所述，正确的是：（A）

- A、三角波比较方式可以使开关频率固定。
- B、三角波比较方式的开关频率与滞环环宽的大小有关。
- C、三角波比较方式的开关频率与误差大小有关。
- D、三角波比较方式的开关频率与误差放大器的放大倍数有关。

6. 关于 CCM 模式单相 APFC 的 PWM 整流电路，表述正确的是下面哪一个？（C）

- A、常用的控制方法有 2 种：峰值电流控制、电流滞环控制，峰值电流控制方法性能好，应用较多。
- B、常用的控制方法有 2 种：峰值电流控制、电流滞环控制，电流滞环控制方法性能好，应用较多。
- C、常用的控制方法有 3 种：峰值电流控制、电流滞环控制、平均电流控制，平均电流控制方法性能好，应用较多。
- D、常用的控制方法只有 1 种，即峰值电流控制。

三、简答题（26 分）

1.（5 分）在哪些情况下，晶闸管可以从断态转变为通态？维持晶闸管导通的条件是什么？

答：晶闸管同时承受正向阳极电压并在门极施加触发电流（脉冲）时晶闸管才能导通，两者缺一不可。在两者条件都具备情况下，晶闸管可以从断态转变为通态。-----（3分）

维持导通的条件：使流过晶闸管的电流大于能保持晶闸管导通的最小电流，即维持电流。
-----（2分）

2.（4 分）试说明 IGBT、GTR 各自的优缺点。

答：IGBT优点：开关速度高，开关损耗小，具有耐脉冲电流冲击的能力，通态压降较低，输入阻抗高，为电压驱动，驱动功率小。-----（1分）

缺点：开关速度低于电力MOSFET,电压，电流容量不及GTO。-----（1分）

GTR优点：耐压高，电流大，开关特性好，通流能力强，饱和压降低。-----（1分）

缺点：开关速度低，为电流驱动，所需驱动功率大，驱动电路复杂，存在二次击穿问题。
-----（1分）

3.（4分）为什么要对电力电子主电路和控制电路进行电气隔离？其基本方法有哪些？

答：对电力电子主电路和控制电路进行电气隔离可以提高电力电子装置的安全使用，同时防止主电路和控制电路之间的干扰。-----（2分）

其基本方法有光隔离、磁隔离。-----（2分）

4.（4 分）什么是同步调制？什么是异步调制？

答：载波比 N 等于常数，变频时使载波和信号波保持同步的方式称为同步调制。（2 分）

载波信号和调制信号不保持同步的调制方式称为异步调制。在异步调制方式中，通常保持载波频率 f_c 固定不变，因而当信号波频率 f_r 变化时，载波比 N 是变化的。-----（2分）

5.（5 分）三相 SPWM 逆变电路采用什么样的控制方法可以提高直流电压利用率？

答：对于三相 SPWM 逆变电路，采用如下 2 种控制方法可以提高直流电压利用率（1）采用梯形波调制方法的思路为：采用梯形波作为调制信号，当梯形波幅值和三角波幅值相等时，梯形波所含的基波分量幅值超过了三角波幅值，相当于 $m_a > 1$ 的过调制状态，可有效提高直流电压利用率。-----（3 分）

（2）还可以采用线电压控制方式，即在相电压调制信号中叠加 3 的倍数次谐波及直流分量等，同样可以有效地提高直流电压利用率。-----（2 分）

6. (4 分) 交流调压电路和交流调功电路与控制方法上有什么区别吗?

答: 交流调压电路和交流调功电路的电路形式完全相同, 二者的区别在于控制方式不同。交流调压电路是在交流电源的每个周期对输出电压波形进行控制。而交流调功电路是将负载与交流电源接通几个周波, 再断开几个周波, 通过改变接通周波数与断开周波数的比值来调节负载所消耗的平均功率。

----- (4 分)

四、波形分析题 (16 分)

1. (6 分) 单相桥式逆变电路如图 1 所示, 它可以采用单极性 SPWM 模式控制, 也可以采用双极性 SPWM 模式控制, 三角波载波 u_c 与调制波 (正弦波) u_r 分别在图 2a) 与图 2b) 表示, 根据图 2a) 与图 2b) 波形, 判断哪个图属于双极性 SPWM 模式, 请在双极性 SPWM 模式波形图中画出 u_o 的波形, 并在单极性 SPWM 模式波形图中的 u_o 波形图上打叉 “×”。

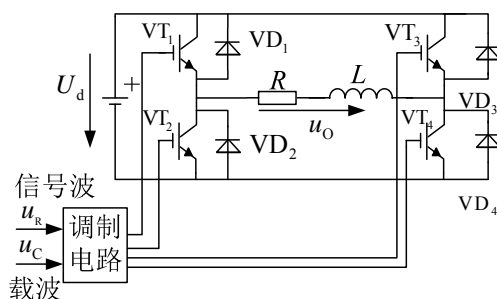
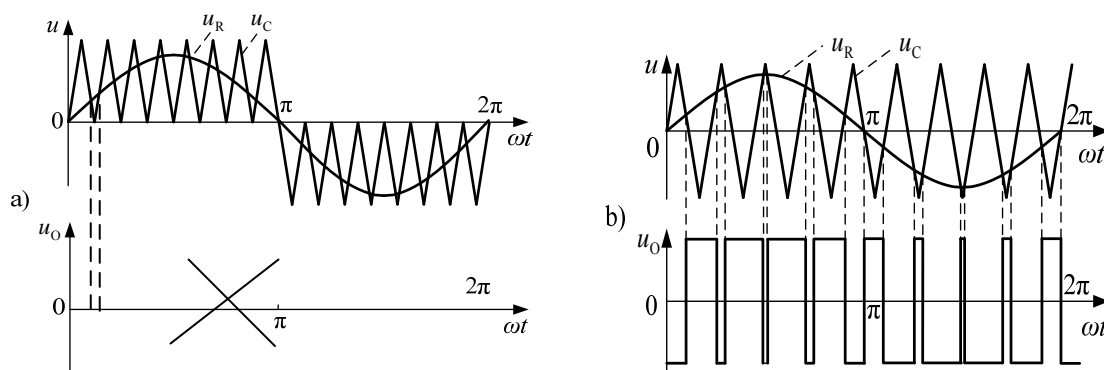


图 1 单相桥式逆变电路



----- (图 2a) 为 2 分、图 2b) 为 4 分)
图 2 双极性 SPWM 模式 (单相)

2. (6 分) 电阻性负载的三相半波可控整流电路如图 3 所示, 当控制角 $\alpha=30^\circ$ 时, 试在图 4 中画出输出整流电压 u_d 、通过晶闸管 VT_1 电流 i_{T1} 以及承受的电压 u_{T1} 的波形。

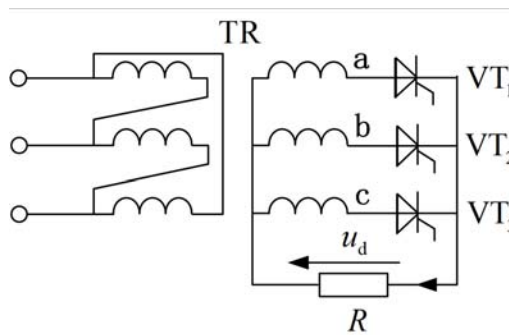
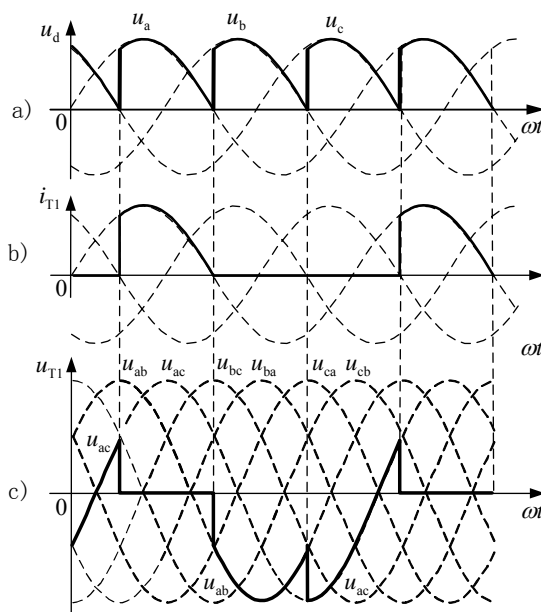


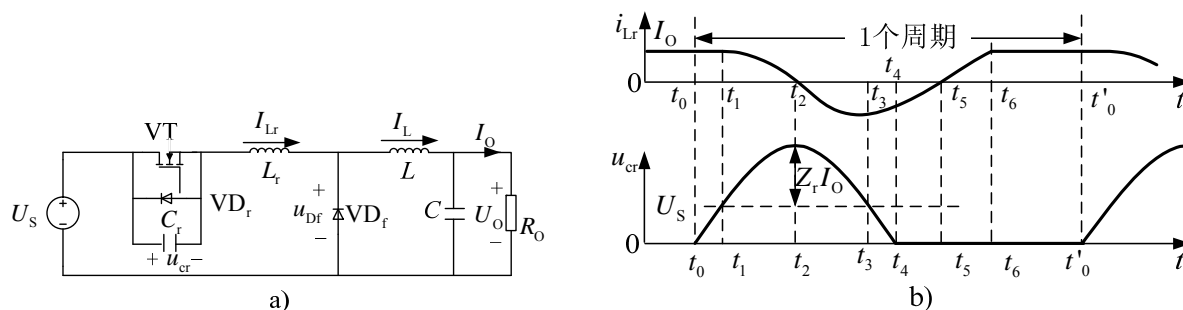
图3 电阻性负载的三相半波可控整流电路



----- (图4a)、4b)、4c)各2分)

图4 电阻负载时的三相半波可控整流电路 $\alpha=30^\circ$ 时的波形

3. (4分) Buck 型半波零电压准谐振变换器如图5a)所示, VT 开关管 MOSFET 在 t_0 时刻开始断开、在 $t_4 \sim t_5$ 时段的某时刻闭合, 已知通过电感 L_r 的电流 i_{Lr} 的波形如图5b)所示, 请在图5b)中的 $t_0 \sim t_6$ 时段画出 C_r 上电压 u_{cr} 的波形。



----- (图5b)中 $t_0 \sim t_2$ 和 $t_2 \sim t_6$ 波形各2分)

图5 Buck 型半波零电压准谐振变换器
a) 电路 b) 电路波形

五、计算题 (40 分)

1. (10 分) 一个升压斩波电路, 输出侧滤波电容 $C=220\mu\text{F}$, 已知 $U_s=24\text{V}$, $U_o=36\text{V}$, $I_o=0.5\text{A}$, 斩波频率为 20kHz 。

1) 已知当滤波电感 $L=1\text{mH}$ 时电感电流连续, 试计算占空比 ρ 和输出电压的纹波 ΔU_o (峰·峰值),

2) 使变流器工作在连续导通模式下, 试计算所需最小电感 L_m 。

解: 1)

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{20 \times 10^3} = 5 \times 10^{-5} (\text{s}) \quad \text{----- (1 分)}$$

$$\text{由 } \frac{U_o}{U_s} = \frac{1}{1-\rho} \text{ 可得, 占空比 } \rho = 1/3. \quad \text{----- (2 分)}$$

输出最大电压纹波 ΔU_o (峰·峰值):

$$\Delta U_o = \frac{U_o T_s \rho}{R_L C} = \frac{I_o T_s \rho}{C} = \frac{0.5 \times 5 \times 10^{-5} \times 1/3}{220 \times 10^{-6}} = 38 (\text{mV}) \quad \text{----- (2 分)}$$

2) 根据临界电流连续时

$$\Delta I_s = 2I_s \quad \text{----- (1 分)}$$

$$I_s = \frac{I_o}{(1-\rho)} \quad \text{----- (1 分)}$$

$$\Delta i_s = \Delta i_L = \frac{U_s}{L} \cdot t_{\text{on}} = \frac{\rho(1-\rho)U_o T_s}{L} \quad \text{----- (1 分)}$$

由于输出电压、电流恒定, 则临界电流连续时, 所需最小电感 L_m

$$L_m = \frac{U_o T_s}{2I_o} \rho(1-\rho)^2 = \frac{36 \times 5 \times 10^{-5}}{2 \times 0.5} \times (1/3) \times (1-1/3)^2 = 0.27 \text{mH} \quad \text{----- (2 分)}$$

----- (缺少解题步骤但答案对的给相应步骤分)

2. (10 分) 某反激变换器, 输入直流电压 $U_s=300\text{V}$, 开关频率 $f_s=50\text{kHz}$, 导通占空比 $\rho=0.4$, 输出电压为 12V 恒定, 负载电流为 1A , 忽略开关管与二极管的通态压降, 要求变换器工作在电流连续状态, 试计算:

1) 变压器变比 N_2/N_1 ;

2) 原边电感 L ;

3) 开关管承受的最大电压。

解: 1) 根据题意

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{50 \times 10^3} = 2 \times 10^{-5} (\text{s}) \quad \text{----- (1 分)}$$

$$t_{\text{off}} = T_s(1-\rho) = 2 \times 10^{-5} \times (1-0.4) = 1.2 \times 10^{-5} (\text{s}) \quad \text{----- (1 分)}$$

根据

$$U_o = \frac{N_2}{N_1} \frac{t_{\text{on}}}{t_{\text{off}}} U_s \quad \text{----- (1 分)}$$

浙江工业大学考试命题纸

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_o t_{\text{off}}}{U_s t_{\text{on}}} = \frac{12 \times 1.2 \times 10^{-5}}{300 \times 0.8 \times 10^{-5}} = 0.06 \text{----- (1 分)}$$

2) 电流临界连续时 ΔI_2 等于 2 倍的输出电流 I_o ,

$$U_o = -L_2 \frac{\Delta I_2}{t_{\text{off}}} \text{----- (1 分)}$$

$$12 = -L_2 \frac{-2 \times 1}{1.2 \times 10^{-5}} \text{----- (1 分)}$$

$$L_2 = 72 \mu\text{H} \text{----- (1 分)}$$

$$L_1 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 L_2 = 20 \text{mH} \text{----- (1 分)}$$

3) 开关管承受的最大电压

$$u_T = U_s + \frac{N_1}{N_2} U_o = 300 + \frac{1}{0.06} \times 12 = 500(\text{V}) \text{----- (2 分)}$$

----- (缺少解题步骤但答案对的给相应步骤分)

3. (10 分) 电阻负载的单相桥式全控整流电路, 已知交流侧电压 $U_2 = 110\text{V}$, 负载电阻 $R = 2\Omega$, 当控制角 $\alpha = 45^\circ$ 时, 试求:

- 1) 整流输出平均电压 U_d ;
- 2) 输出平均电流 I_d ;
- 3) 晶闸管电流平均值 I_{dT}
- 4) 考虑安全裕量, 确定晶闸管的额定电压。

解: 1) 整流输出平均电压 U_d 为

$$U_d = 0.45 U_2 (1 + \cos \alpha) = 0.45 \times 110 \times \cos 45^\circ = 84.5(\text{V}) \text{----- (2 分)}$$

2) 输出平均电流 I_d 为

$$I_d = U_d / R = 84.5 / 2 = 42.2(\text{A}) \text{----- (2 分)}$$

3) 晶闸管电流平均值 I_{dT} 为

$$I_{dT} = \frac{1}{2} I_d = 21.1(\text{A}) \text{----- (2 分)}$$

4) 晶闸管承受的最大反向电压为

$$\sqrt{2} U_2 = 110 \sqrt{2} = 155.5(\text{V}) \text{----- (2 分)}$$

故晶闸管的额定电压为:

$$U_N = (2 \sim 3) \times 155.5 = 311 \sim 467(\text{V}) \text{----- (2 分)}$$

晶闸管额定电压的具体数值可按晶闸管产品系列参数选取。

----- (缺少解题步骤但答案对的给相应步骤分)

4. (10分) 三相半波逆变电路, 反电动势阻感负载, 反电动势 $E_M = -80V$, 电阻 $R = 0.5\Omega$, 电感 L 足够大, 保证电流连续, 交流侧电压 $U_2 = 100V$ 时, 若逆变角 $\beta = 60^\circ$ 时, 试求:

- 1) 整流输出平均电压 U_d ;
- 2) 整流输出平均电流 I_d ;
- 3) 此时送回电网的有功功率是多少?

解: 1) 整流输出平均电压 U_d 为

$$U_d = -1.17U_2 \cos \beta = -1.17 \times 100 \times \cos 60^\circ = -58.5(V) \text{ ----- (3分)}$$

而 $E_M = -80V$, $|U_d| < |E_M|$, 故满足逆变条件。 ----- (1分)

- 2) 整流输出平均电流 I_d 为

$$I_d = \frac{U_d - E_M}{R} = \frac{-58.5 + 80}{0.5} = 43(A) \text{ ----- (3分)}$$

- 3) 有功功率为

$$P_d = EI_d + I_d^2 R = -80 \times 43 + 43^2 \times 0.5 = -2516(W) \text{ ----- (3分)}$$

有功功率为负值表示送回给电网。

----- (缺少解题步骤但答案对的给相应步骤分)