

# 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. 绝缘栅双极晶体管输出特性分为三个区域：非饱和区、有源区和饱和区。（错）
2. 晶闸管的串联使用时，既要避免静态不均压，又要避免动态不均压。（对）
3. 多相多重斩波电路是由 2 种或 2 种以上的基本斩波电路组合构成。（错）
4. 在 PWM 逆变电路中，在正弦波和三角波的自然交点时刻控制功率开关器件的开通，这种方法称为自然采样法。（错）
5. 逆变电路中跟踪控制方法指的是：电流或电压波形为指令信号，把实际值作为反馈信号。通过两者瞬时值比较来决定开关器件的通断，使实际输出跟踪指令信号变化。（对）
6. 采用二极管构成的全波整流电路的优点有：工作时只有一个二极管压降，损耗小，电路只需要 2 个二极管，二极管承受的最大电压等于输入交流电压的峰值。（错）
7. 不考虑死区时间影响时，三相电压型逆变电路基本工作方式  $180^\circ$  导电方式时，任一瞬间三个开关管同时导通。同一相上下两臂交替导电，这种换流方式也称为纵向换流。（对）
8. 采用有源功率因数校正(简称 APFC)技术，可以提高电力电子装置网侧功率因数。（对）
9. 高频 PWM 倍流整流电路，输出电流是交流输入电流绝对值的 2 倍，输出功率是交流输入功率的一半。（错）

### 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. 如下所述，有关新型半导体器件，表述正确的是：（A）

- A、集成门极换流晶闸管简称为 IGCT。
- B、金属的禁带宽度比宽禁带半导体材料宽。
- C、绝缘体的禁带宽度比宽禁带半导体材料窄。
- D、半导体的禁带宽度比金属的禁带宽度窄。

**2. 关于晶闸管同步信号为锯齿波的相控驱动电路，表述正确的是：(B)**

- A、相控驱动电路要有同步环节，同步信号频率与主电路电源的频率相同，两者相位关系则随外加控制信号的变化而变化。
- B、相控驱动电路要有同步环节，同步信号频率与主电路电源的频率相同且相位关系确定。
- C、相控驱动电路都不需要同步环节，外加控制电压大小可以确定控制相位。
- D、相控驱动电路都不需要同步环节，外加控制电压大小基本可以确定控制相位。

**3. GTR 驱动电路中的贝克嵌位二极管是为了：(B)**

- A、使 GTR 截止。
- B、防止 GTR 导通时的过饱和。
- C、防止 GTR 导通。
- D、防止 GTR 导通时处于欠饱和状态。

**4. 关于电力电子器件缓冲电路，表述正确的是下面哪一个？(C)**

- A、缓冲电路又称吸收电路，目的是吸收电力电子器件的热量。
- B、缓冲电路又称吸收电路，目的是使器件的开关速度变为缓慢。
- C、缓冲电路又称吸收电路，目的是抑制器件的内因过电压、 $du/dt$ 、过电流和  $di/dt$ ，减小器件的开关损耗。
- D、缓冲电路又称吸收电路，目的是抑制器件内因过电压、过电流，但并没有减小器件的开关损耗。

**5. 关于滞环比较方式，如下所述，表述正确的是：(A)**

- A、滞环比较方式环宽过宽时，则频率低，误差大。
- B、滞环比较方式环宽过窄时，则频率低，误差大，器件开关损耗小。
- C、滞环比较方式，环宽大小与误差、频率、开关损耗无关，仅与给定电压大小有关。
- D、滞环比较方式，环宽大小与误差、频率、开关损耗无关，仅与给定电压频率有关。

**6. 关于 PWM 整流电路，表述正确的是下面哪一个？(B)**

- A、PWM 整流电路只能使输入电源的功率因数近似为 1。
- B、可以通过对 PWM 整流电路的适当控制，使输入电流接近正弦波，且和输入电压同相位，功率因数近似为 1。
- C、PWM 整流电路只能工作于整流状态。
- D、PWM 整流电路只能工作于逆变状态。

## 三、简答题（26分）

1.（5分）已处于通态的晶闸管，撤除其驱动电流为什么不能关断，怎样才能使晶闸管由导通变为关断？

答：已处于通态的晶闸管在内部已形成强烈的正反馈，即使撤去其驱动电流，会仍然维持导通的状态。因此晶闸管一旦导通后门极将失去控制作用，门极的电压和驱动电流对管子随后的导通或关断均不起作用。-----（3分）

要使晶闸管由导通变为关断，可利用外加电压和外电路的作用使流过晶闸管的电流降到接近于零的某一数值以下，即降到维持电流以下，便可使导通的晶闸管关断。-----（2分）

2.（4分）试说明 GTO 和电力 MOSFET 各自的优缺点。

答：GTO优点：电压、电流容量大，适用于大功率场合，具有电导调制效应，其通流能力很强。-----（1分）

缺点：电流关断增益很小，关断时门极负脉冲电流大，开关速度低，驱动功率大，驱动电路复杂，开关频率低。-----（1分）

电力MOSFET优点：开关速度快，输入阻抗高，热稳定性好，所需驱动功率小且驱动电路简单，工作频率高，不存在二次击穿问题。-----（1分）

缺点：电流容量小，耐压低，一般只适用于功率不超过10kW的电力电子装置。---（1分）

3.（5分）电力电子器件过热保护有哪些主要方法？

答：电力电子器件过热保护主要方法有：

1) 降低损耗。-----（1分）

2) 减小热阻。1) 一方面减小接触热阻  $R_{\text{oc}}$ 。2) 另一方面减小散热器热阻  $R_{\text{sa}}$ 。--（2分）

3) 加强散热。电力电子装置常用冷却方式分为四种：自冷、风冷、液冷和沸腾冷却。

-----（2分）

4.（4分）什么是分段同步调制？分段同步调制有什么优点？

答：分段同步调制是把逆变电路的输出频率划分为若干段，每个频段的载波比一定，不同频段采用不同的载波比。-----（2分）

其优点主要是，在高频段采用较低的载波比，使载波频率不致过高，可限制在功率器件允许的范围内。而在低频段采用较高的载波比，以使载波频率不致过低而对负载产生不利影响。-----（2分）

5.（4分）直接电流控制的PWM整流电路，当设计的交流侧电感量与工作过程中的实际值误差较大时，对输入电流有何影响？

答：该控制方法是让实际电流跟踪给定电流，电路参数L的大小对输入电流基波几乎无影响，对输入电流的谐波有较小影响。-----（1分）

## 浙江工业大学考试命题纸

主要表现在：实际电感很大时，电流的变化率较小，滞环控制输出切换频率变小，即 PWM 频率降低；相反，实际电感很小时，电流的变化率较大，滞环控制输出切换频率变大，即 PWM 频率增加。当设计的交流侧电感量与工作过程中的实际值误差较大时，对输入电流的影响主要体现在高次谐波上。

----- (3 分)

### 6. (4 分) 交流调压电路和交流调功电路有什么区别？各适合于何种负载？

答：交流调压电路和交流调功电路相同，而控制方法不同。

----- (1 分)

交流调压电路是通过改变电压波形来实现调压的，因此输出的电压波形不再是完整的正弦波，谐波分量较大。从调压器输入端所观察到的调压器及其负载的总体功率因数也随着输出电压的降低而降低。但这种交流调压器控制方便、体积小、投资省，因此广泛应用于需调温的工频加热、灯光调节及风机、泵类负载的异步电机调速等场合。

----- (2 分)

交流调功电路一般用于电炉调温等交流功率调节的场合，由于控制对象的时间常数大，没有必要对交流电源的每个周期进行频繁控制。

----- (1 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，判断哪个图属于单极性 SPWM 模式，请在单极性 SPWM 模式波形图中画出  $u_o$  的波形，并在双极性 SPWM 模式波形图中的  $u_o$  波形图上打叉“×”。

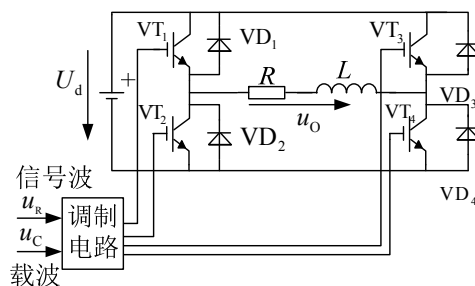
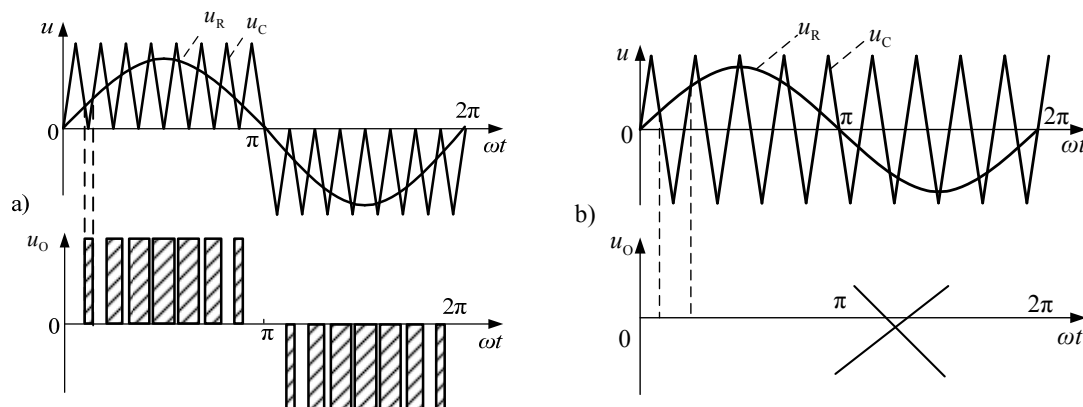


图 1 单相桥式逆变电路



----- (图 2a) 为 4 分、图 2b) 为 2 分)

图 2 单极性 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  $\alpha=0^\circ$  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。

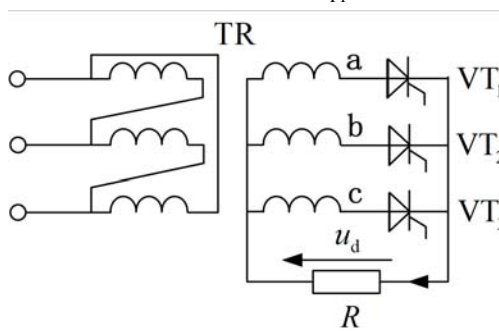
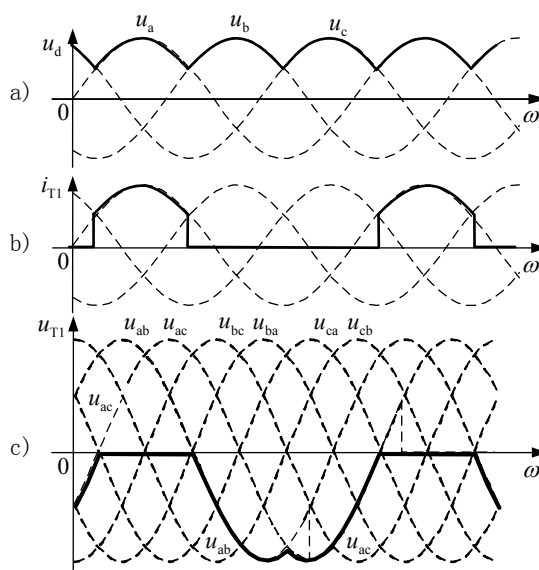


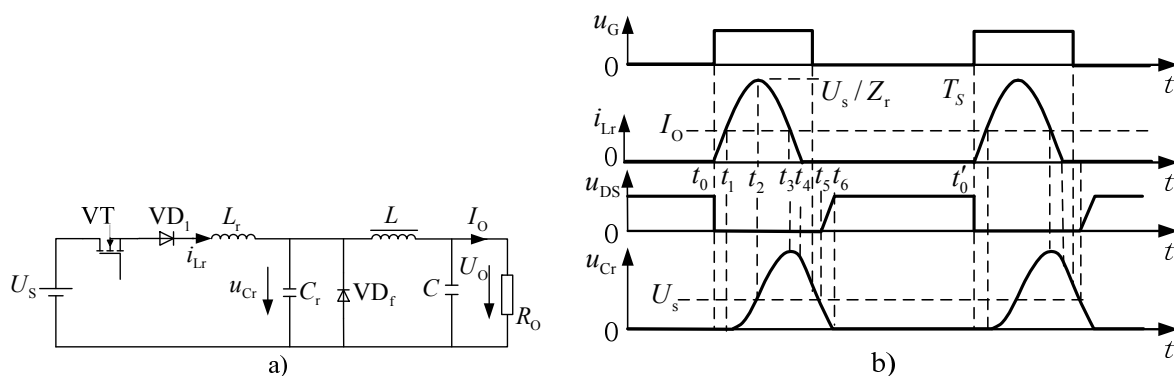
图 3 电阻性负载的三相半波可控整流电路



----- (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  $\alpha=0^\circ$  时的波形

3. (4 分) Buck 型半波零电流准谐振变换器如图 5a)，已知 VT 开关管 MOSFET 的驱动波形  $u_G$ 、承受的电压  $u_{DS}$  与电感  $L_r$  电流  $i_{Lr}$  的波形，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  $t_0 \sim t_3$  和  $t_3 \sim t_6$  波形各 2 分)

图 5 Buck 型半波零电流准谐振变换器

a) 电路 b) 工作波形

## 五、计算题 (40 分)

1. (10 分) 在采用脉宽调制控制方式的降压斩波电路中, 开关频率为 20kHz, 已知电路中的电感  $L=0.6\text{mH}$ , 输出侧的电容  $C=100\mu\text{F}$ , 当输入电压  $U_s=48\text{V}$ , 要求输出电压  $U_o=12\text{V}$ , 输出平均电流  $I_o=3\text{A}$ , 已知电感  $L$  上的电流连续, 并假设各元器件处于理想工作状态, 试计算:

- 1) 求占空比  $\rho$  的大小;
- 2) 电感上电流纹波  $\Delta I_L$ ;
- 3) 输出电压纹波比  $\Delta U_o / U_o$ 。

解: 1) 电流连续, 占空比

$$\rho = \frac{U_o}{U_s} = \frac{12}{48} = 0.25 \text{----- (3 分)}$$

2) 开关周期

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

$$\Delta I_L = \frac{U_o}{L} (1 - \rho) T_s = \frac{12}{0.6 \times 10^{-3}} \times (1 - 0.25) \times 5 \times 10^{-5} = 0.75 (\text{A}) \text{----- (3 分)}$$

由于电感上电流纹波  $\Delta I_L$  小于输出平均电流  $I_o=3\text{A}$ , 该电感电流是连续的。

3) 输出电压纹波比  $\Delta U_o / U_o$

$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{1}{8LC} (1 - \rho) T_s^2 = \frac{1}{8 \times (0.6 \times 10^{-3}) \times (100 \times 10^{-6})} \times (1 - 0.25) \times (5 \times 10^{-5})^2 = 0.39\% \text{----- (3 分)}$$

----- (缺少解题步骤但答案对的给相应步骤分)

2. (10 分) 某正激变换器, 输入直流电压  $U_s=220\text{V}$ , 开关频率  $f_s=40\text{kHz}$ , 导通占空比  $\rho=0.4$ , 输出电压为  $20\text{V}$  恒定, 负载电流为  $1\text{A}$ , 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, 如果钳位绕组匝数  $N_3=N_1$ , 试计算:

- 1) 变压器变比  $N_2/N_1$
- 2) 最小滤波电感  $L$ ;
- 3) 开关管承受的最大电压。

解: 1) 根据题意,

$$M = \frac{U_o}{U_s} = \frac{N_2}{N_1} \rho \text{----- (1 分)}$$

则

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_o}{U_s \rho} = \frac{20}{220 \times 0.4} = 0.23 \text{----- (2 分)}$$

- 2) 开关周期

$$T_s = 1/f_s = 1/(40 \times 10^3) = 2.5 \times 10^{-5}(\text{s}) \text{----- (1 分)}$$

$$t_{on} = T_s \rho = 1 \times 10^{-5}(\text{s}) \text{----- (1 分)}$$

由于

$$L \frac{\Delta I_L}{t_{on}} = U_s \frac{N_2}{N_1} - U_o \text{----- (1 分)}$$

电流临界连续时  $\Delta I_L$  等于 2 倍的输出电流  $I_o$ , 则

$$L = \left( U_s \frac{N_2}{N_1} - U_o \right) \frac{t_{on}}{2I_o} = (220 \times 0.23 - 20) \times \frac{1 \times 10^{-5}}{2} = 153(\mu\text{H}) \text{----- (2 分)}$$

- 3) 开关管承受的最大电压  $u_T$  为

$$U_T = U_s + \frac{N_1}{N_2} U_s = 220 + \frac{220}{0.23} = 1176(\text{V}) \text{----- (2 分)}$$

----- (缺少解题步骤但答案对的给相应步骤分)

3. (10 分) 带反电动势电阻电感负载的单相桥式全控整流电路, 交流侧电压  $U_2=110\text{V}$ , 负载中电阻  $R=2\Omega$ , 电感  $L$  值极大, 反电动势  $E=30\text{V}$ , 当控制角  $\alpha=45^\circ$  时, 试求:

- 1) 输出平均电压  $U_d$ ;
- 2) 输出平均电流  $I_d$ , 变压器二次侧电流有效值  $I_2$ ;
- 3) 考虑安全裕量, 确定晶闸管的额定电流。

答: 1) 输出平均电压  $U_d$

$$U_d = 0.9 U_2 \cos \alpha = 0.9 \times 110 \times \cos 45^\circ = 70(\text{V}) \text{----- (2 分)}$$

- 2) 输出平均电流  $I_d$ , 变压器二次电流有效值  $I_2$  分别为



$$I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{70 - 30}{2} = 20 \text{ (A)} \text{----- (2分)}$$

$$I_2 = I_d = 20 \text{ (A)} \text{----- (2分)}$$

3) 流过晶闸管的电流有效值为:

$$I_T = \frac{I_d}{\sqrt{2}} = 14.1 \text{ (A)} \text{----- (2分)}$$

晶闸管的额定电流为

$$I_{T(AV)} = (1.5 \sim 2) \times 14.1 / 1.57 = 13.5 \sim 18 \text{ (A)} \text{----- (2分)}$$

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) 三相全控桥变流器, 反电动势阻感负载, 电阻  $R=1\Omega$ , 电感  $L=\infty$ , 反电动势  $E_M=-400\text{V}$ , 交流侧电压  $U_2=300\text{V}$ , 当逆变角  $\beta=60^\circ$  时, 试计算:

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

$$U_d = -2.34U_2 \cos \beta = -2.34 \times 300 \times \cos 60^\circ = -351 \text{ (V)} \text{----- (3分)}$$

而  $E_M=-400\text{V}$ ,  $|U_d| < |E_M|$ , 故满足逆变条件。

----- (1分)

2) 整流输出平均电流  $I_d$  为

$$I_d = \frac{U_d - E_M}{R} = \frac{-351 + 400}{1} = 49 \text{ (A)} \text{----- (3分)}$$

3) 有功功率为

$$P = E_M I_d + I_d^2 R = -400 \times 49 + 49^2 = -17.2 \text{ (kW)} \text{----- (3分)}$$

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)