

# 浙江工业大学期终考试命题稿

2018/2019 学年第 一 学期

课程名称	电力电子技术	使用班级	自动化 16, 电气 16
教师份数	8	学生份数	230
命题人	刘安东, 南余荣, 陈国定, 徐建明	审核人	
命题总页数	8 页	每份试卷需用白纸	3 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 2018/2019 学年

## 第 一 学期试卷

课程\_\_\_\_\_电力电子技术\_\_\_\_\_班级\_\_\_\_\_

姓名\_\_\_\_\_学号\_\_\_\_\_教师姓名\_\_\_\_\_

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

命题：

一、选择题（10 分）（将正确序号 A、B 或 C 填入括号中，每小题 1 分）

1、晶闸管额定电流表述正确的是：(C)

A、允许流过最大工频正弦半波电流的有效值。B、允许流过最大方波电流的平均值。C、允许流过最大工频正弦半波电流的平均值。

2、晶闸管反向特性表述正确的是：(B)

A、晶闸管加反向电压时，只要门极电流幅值较大，则晶闸管反向导通。B、反向特性类似二极管的反向特性。C、晶闸管加反向电压时，只要门极也加反向电压，则晶闸管反向导通。

3、MOSFET 的输出特性分为：(C)

A、MOSFET 的输出特性分三个区：截止区、放大区和非饱和区。B、MOSFET 的输出特性分三个区：截止区、放大区和饱和区。C、MOSFET 的输出特性分三个区：截止区、非饱和区和饱和区。

4、关于绝缘栅双极晶体管安全工作区，表述正确的是：(B)

A、相同电压和电流定额时，IGBT 安全工作区与 GTR 一样。B、相同电压和电流定额时，IGBT 安全工作区比 GTR 宽。C、相同电压和电流定额时，IGBT 安全工作区比 GTR 窄。

5、关于驱动电路的电气隔离，表述正确的是：(C)

A、电力电子器件驱动电气隔离环节一般采用光隔离。B、电力电子器件驱动电气隔离环节一般采用绝缘隔离。C、电力电子器件驱动电气隔离环节一般采用光隔离或磁隔离。

6、关于电力电子装置过电流保护，表述正确的是：(B)

A、如果电力电子装置中已经安装了快速熔断器，则不需要其它过电流保护措施。B、对重要的、且易发生短路的晶闸管设备，或全控型器件，需采用电子电路进行过电流保护，响应最快。C、快速熔断器仅用为短路时的部分区段的过载保护。

**7、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  $di/dt$ 。

**8、关于变压器漏感影响工作状态，表述正确的是：(A)**

A、变压器漏感对整流电路的影响之一是使整流电路的工作状态增多。B、变压器漏感对整流电路输出电压平均值有影响，但不影响整流电路的工作状态。C、变压器漏感既不影响整流电路输出电压平均值，也不影响整流电路的工作状态。

**9、多相多重斩波电路，表述正确的是：(B)**

A、多相多重斩波电路可以由多个结构不同的基本斩波电路组成。相数指的是负载电流脉波数。重数指的是一周期电源侧电流脉波数。B、多相多重斩波电路是由多个结构相同基本斩波电路组成。相数指的是一周期电源侧电流脉波数。重数指的是负载电流脉波数。C、多相多重斩波电路是由多个结构不同的基本斩波电路组成。相数指的是基本斩波电路数量。重数指的是负载数量。

**10、关于 CCM 模式单相 APFC 的 PWM 整流电路，表述正确的是：(C)**

A、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，峰值电流控制方法性能好，应用较多。B、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，各种控制方法性能都很好，应用都较多。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，其中平均电流控制方法性能好，应用较多。

**二、简答题 (26 分)**

**1、(5 分) 电能变换电路有哪几种形式？其常用基本控制方式有哪三种类型？**

答：电能变换电路可分为四类：交流-直流变换电路（或称 AC-DC 整流电路）、直流-交流变换电路（或称 DC-AC 逆变电路）、交流-交流变换电路（或称 AC-AC 交流变换电路）、直流-直流变换电路（或称 DC-DC 直流变换电路）。

常用基本控制方式主要有以下三种类型：相控方式、频控方式、斩控方式。

**2、(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。

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

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。

3、(4分) 电力 MOSFT、NPT 型 IGBT 易于并联使用的原因是什么?并联使用时还应注意哪些事项?

答: 电力 MOSFT、NPT 型 IGBT 易于并联使用的原因在于电力 MOSFT 的通态电阻具有正温度系数特性, NPT 型 IGBT 的通态压降具有正温度系数特性。

MOSFET 或 IGBT 并联使用时, 多个管子型号、厂家一致, 连线尽量做到一致, 同时主回路各模块布线电阻和电感一致。即使这样,  $n$  个相同等级的模块并联时, 允许的电流应小于  $nI_{CN}$  ( $I_{CN}$  为额定值), 因为每个开关管之间的电流不可能完全均衡, 所以, 应适当降低允许值。

4、(4分) 什么是 SPWM 波形的规则化采样法? 与自然采样法相比规则采样法有什么优点?

答: SPWM 波形的规则化取样法是指信号为正弦波, 以规则时间点对信号波进行取样来计算脉冲宽度的 PWM 波形生成方法, 规则取样法也称规则采样法。

优点: 比起自然采样法, 规则采样法的计算非常简单, 计算量大大减少, 而效果接近自然采样法, 得到的 SPWM 波形仍然很接近正弦波, 克服了自然采样法难以在实时控制中在线计算, 在工程中实际应用不多的缺点。

5、(4分) 使变流器工作于有源逆变状态的条件是什么?

答: 条件有两个:

①直流侧要有电动势, 其极性须和晶闸管的导通方向一致, 其值应大于变流电路直流侧的平均电压;

②要求晶闸管的控制角  $\alpha > \pi/2$ , 使  $U_d$  为负值。

6、(4分) 软开关电路可以分为哪几类?

答: 根据电路中主要的开关元件开通及关断时的电压电流状态, 可将软开关电路分为零电压电路和零电流电路两大类; 根据软开关技术发展的历程可将软开关电路分为准谐振电路, 零开关 PWM 电路和零转换 PWM 电路。

### 三、波形分析题 (18 分)

1、(6分) 隔离型直流-直流变换全桥电路如图 1 所示, 已知 IGBT 开关管  $VT_1$  ( $VT_4$ )、 $VT_2$  ( $VT_3$ ) 驱动信号分别为  $u_{G1}$  ( $u_{G4}$ )、 $u_{G2}$  ( $u_{G3}$ ) 如图 2, 请画出开关管  $VT_1$  的电压波形  $u_{T1}$  (并标出幅值)、电流波形  $i_{T1}$ , 通过电感  $L$  与二极管  $VD_5$  的电流波形  $i_L$  与  $i_{D5}$ 。

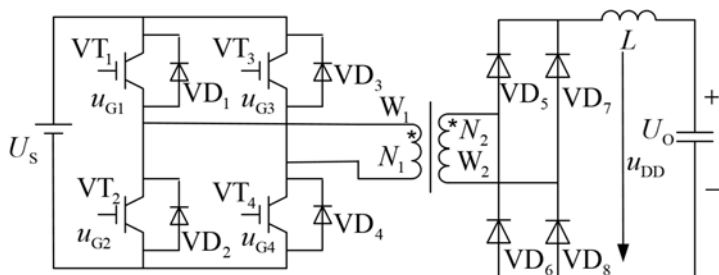


图 1 直流-直流变换全桥电路

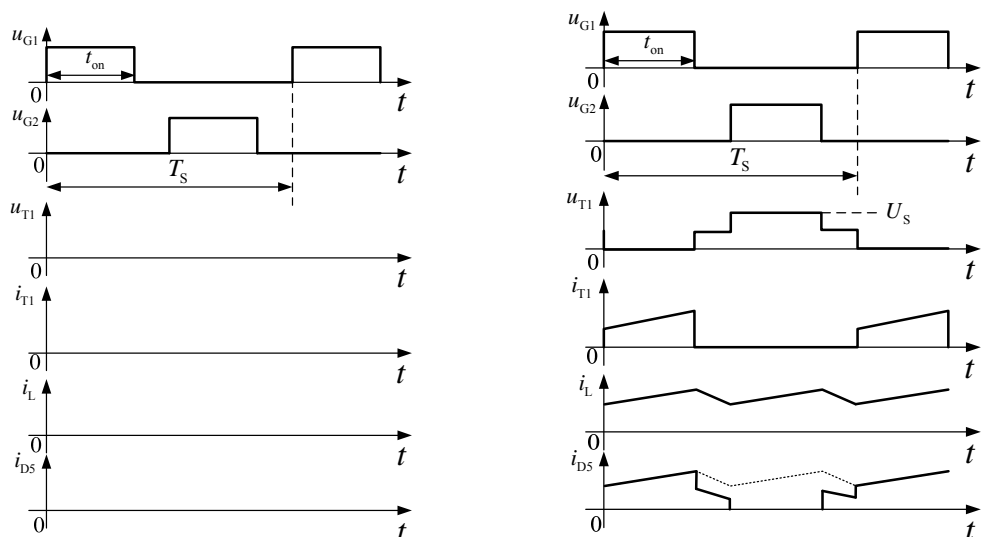


图 2 全桥电路直流-直流变换波形

2、(6 分) 电压型单相方波逆变电路如图 3 所示, 该电路采用移相控制来调节输出电压的有效值, 已知 IGBT 开关管  $VT_1$ 、 $VT_2$  的驱动信号分别为  $u_{G1}$ 、 $u_{G2}$ , 如图 4 所示。当移相角  $\theta = 120^\circ$  时, 请分别画出开关管  $VT_3$ 、 $VT_4$  的驱动信号  $u_{G3}$ 、 $u_{G4}$  以及输出电压  $u_o$  的波形, 并说明移相角  $\theta$  的大小对输出电压有效值的影响。

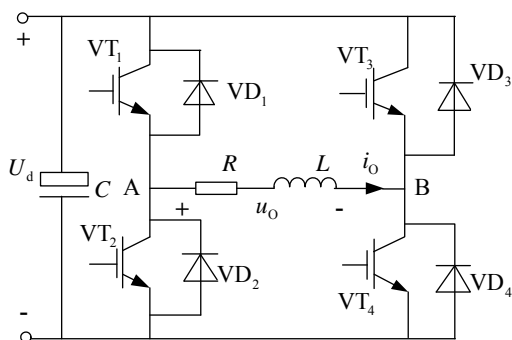


图 3 电压型单相方波逆变电路

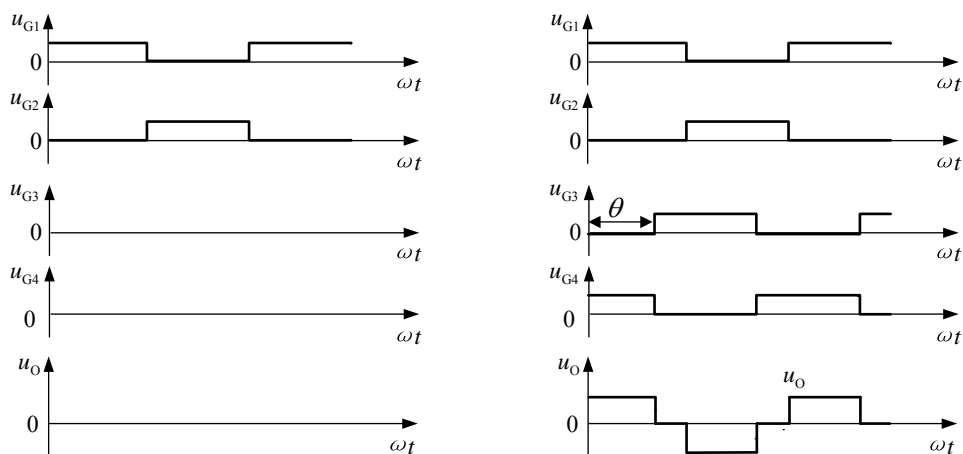


图 4 电压型单相方波逆变波形

3、(6 分) 电阻性负载的三相半波可控整流电路如图 5 所示, 当控制角  $\alpha=30^\circ$  时, 试在图 6 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。

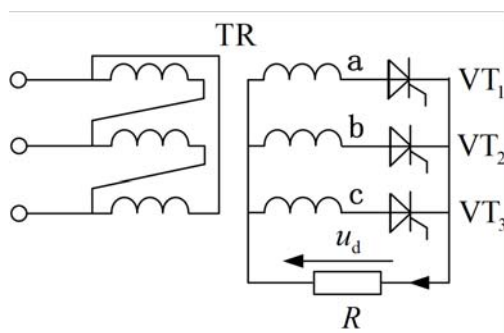


图 5 三相半波可控整流电路

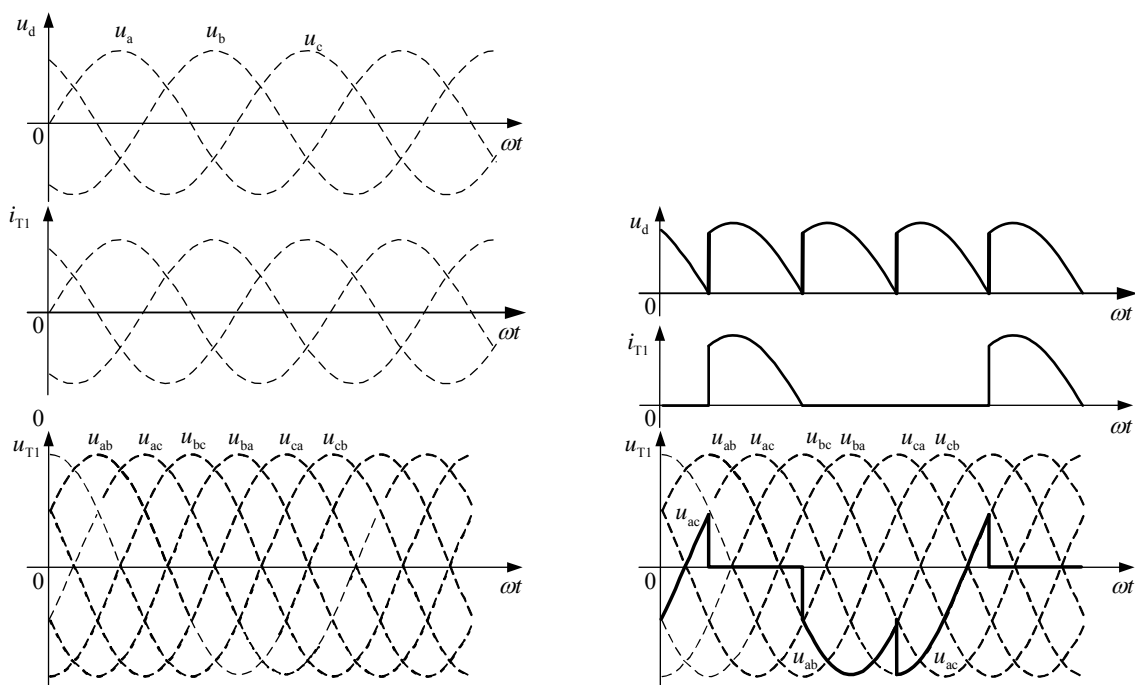


图 6 三相半波可控整流电路工作波形

#### 四、计算题 (46 分)

1、(10 分) 在降压斩波电路中, 已知输入电压  $U_s=36V$ ,  $L=1mH$ ,  $C=220\mu F$ , 采用脉宽调制控制方式, 当  $T_s=20\mu s$ ,  $t_{on}=12\mu s$  时, 输出平均电流  $I_o=2A$ , 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) 输出电压的平均值  $U_o$ ;
- 2) 电感上电流纹波  $\Delta I_L$ ;
- 3) 输出电压纹波比  $\Delta U_c / U_o$ 。

解：1) 占空比

$$\rho = t_{\text{on}} / T_s = (12 \times 10^{-6}) / (20 \times 10^{-6}) = 0.6$$

输出电压的平均值

$$U_o = \rho U_s = 0.6 \times 36 = 21.6\text{V}$$

2) 稳态时电感电流纹波（峰峰值）为：

$$\Delta i_L = i_L(t_{\text{on}}) - i_L(0) = \frac{U_s - U_o}{L} t_{\text{on}} = \frac{36 - 21.6}{1 \times 10^{-3}} \times (12 \times 10^{-6}) = 0.173\text{A}$$

3) 输出电压纹波比  $\Delta U_c / U_o$

$$\frac{\Delta U_c}{U_o} = \frac{1}{8LC} (1 - \rho) T_s^2 = \frac{1}{8 \times (1 \times 10^{-3}) \times (220 \times 10^{-6})} \times (1 - 0.6) \times (2 \times 10^{-5})^2 = 0.009\%$$

2、(8 分) 一个升压斩波电路，滤波电容  $C=330\mu\text{F}$ 。希望输出电压  $U_o=36\text{V}$ ，输出功率  $P_o=43.2\text{W}$ ，电源电压  $U_s$  为  $21.6\text{V}$ ，当开关周期  $T_s=40\mu\text{s}$  时，试计算使变流器工作在连续模式下的最大电流纹波  $\Delta i_L$  以及所需最小电感  $L$ 。

解：由  $\frac{U_o}{U_s} = \frac{1}{1 - \rho}$  可得  $\rho = 1 - \frac{U_s}{U_o}$ ，所以

$$\rho = 0.4$$

$$I_o = \frac{P_o}{U_o} = 1.2(\text{A})$$

$$T_s = 40 \times 10^{-6} (\text{S})$$

根据临界电流连续时

$$I_s = \frac{I_o}{(1 - \rho)} = 2 (\text{A})$$

$$\Delta I_s = \Delta i_L = 2 I_s = 4 (\text{A})$$

$$\Delta i_s = \Delta i_L = \frac{U_s}{L} \cdot t_{\text{on}} = 4 (\text{A})$$

则临界电流连续时

$$L = \frac{U_s \rho T_s}{2 I_o} = \frac{21.6 \times 0.4 \times 40 \times 10^{-6}}{4} = 0.0864\text{mH}$$

3、(10 分) 单相桥式全控整流电路, 交流侧电压  $U_2=80\text{V}$ , 负载中电阻  $R=5\Omega$ , 电感  $L$  值极大, 当控制角  $\alpha=30^\circ$  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  $U_d$

$$U_d = 0.9U_2 \cos \alpha = 0.9 \times 80 \times \cos 30^\circ = 62.4(\text{V})$$

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

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{62.4}{5} = 12.5(\text{A})$$

$$I_2 = I_d = 12.5(\text{A})$$

3) 流过晶闸管的电流有效值为:

$$I_T = \frac{I_d}{\sqrt{2}} = 8.8(\text{A})$$

晶闸管的额定电流为

$$I_{T(AV)} = (1.5 \sim 2) \times 22/1.57 = 8.4 \sim 11.2(\text{A})$$

具体数值可按晶闸管产品系列参数选取。

4、(10 分) 三相半波可控整流电路,  $U_2=100\text{V}$ , 带反电动势电阻电感负载, 电阻  $R=2\Omega$ , 电感  $L$  值极大, 反电动势  $E=40\text{V}$ , 当控制角  $\alpha=60^\circ$  时, 试求:

- 1) 整流输出平均电压  $U_d$ ;
- 2) 输出平均电流  $I_d$ 、通过晶闸管电流平均值  $I_{dT}$  和有效值  $I_T$ 。

解: 1) 整流输出平均电压

$$U_d = 1.17U_2 \cos \alpha = 1.17 \times 100 \times \cos 60^\circ = 58.5(\text{V})$$

2)  $I_d$ 、 $I_{dT}$  和  $I_T$  分别如下

$$I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{58.5 - 40}{2} = 9.25(\text{A})$$

$$I_{dT} = \frac{I_d}{3} = \frac{9.25}{3} = 3.08(\text{A})$$

$$I_T = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{9.25}{\sqrt{3}} = 5.34(\text{A})$$



5、(8分) 三相 SPWM 逆变电路，直流侧电压  $U_d$  为 700~820V，要求输出线电压基波有效值为 380V，电流为 10A，三相电阻负载，如果该逆变变换器的效率  $\eta$  为 98%，求幅度调制比  $m_a$  的范围、输出功率  $P_o$  和最大输入平均电流  $I_{dmax}$ 。

解：输出线电压基波有效值为

$$U_{UV1} = \frac{\sqrt{6}m_a U_{UN1m}}{2} = 0.612m_a \times (700 : 820) = 380(V), \text{ 则}$$

$$m_a = 0.757 \sim 0.862$$

输出功率

$$P_o = \sqrt{3}U_{UV1}I_U = \sqrt{3} \times 380 \times 10 = 6582 (W)$$

输入功率与效率的乘积等于输出功率，直流电压最小值  $U_{dmin}$  时，要求输入平均电流  $I_{dmax}$  最大

$$U_{dmin} I_{dmax} \eta = \sqrt{3}U_{UV1}I_U$$

$$700 \times I_{dmax} \times 0.98 = 6582$$

$$I_{dmax} = 9.59 (A)$$