

浙江工业大学期终考试命题稿

2017 /2018 学年第 一 学期

课程名称	电力电子技术	使用班级	自动化、电气工程及其自动化 2015 级
教师份数	10	学生份数	180
命题人	南余荣、陈国定、徐建明	审核人	
命题总页数	5 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 2016/2017 学年

第 一 学期试卷（ 卷）

适用：自动化、电气工程及其自动化 2015 级

课程 《电力电子技术》 姓名 _____

专业 _____ 班级 _____ 学号 _____

题序	一	二	三	四	五	总分
计分						

说明：本卷共有四大类题，总分 100 分，答题时间 120 分钟。答案可直接写在试卷上。

一、判断题（12 分，每题 1 分）

下面叙述中，你认为正确的在括号中写“对”，错误的写“错”。

- 1、信息电子技术和电力电子技术都属于电子技术。（对）
- 2、三极管共基极电流放大倍数为集电极电流与发射极电流之比。（对）
- 3、如果晶闸管原来是阻断的，即使有外加正向阳极电压，但如果无触发电流 I_G ，则晶闸管仍然是阻断的。（对）
- 4、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）
- 5、带整流变压器的整流电路，其变压器绕组总有漏感，漏感对电流的变化起阻碍作用，电感电流不能突变，因此换相过程不能瞬间完成，而是会持续一段时间。（对）
- 6、触发电路的定相指的是：触发电路应保证每个晶闸管触发脉冲与施加于晶闸管的交流电压保持固定、正确的相位关系。（对）
- 7、电压型逆变电路的直流侧是电压源或串联大电感，电流基本无脉动。（错）
- 8、Cuk 斩波电路有一个明显的优点，其输入电源电流和输出负载电流都是连续的，且脉动很小，有利于对输入、输出进行滤波。（对）
- 9、交流-交流变流电路是把一种形式的交流变成另一种形式交流的电路。（对）
- 10、PWM 控制的算法是很繁琐的，但还被广泛采用。（错）
- 11、在正弦波和三角波的自然交点时刻控制功率开关器件的通断，这种方法称为自然采样法。（对）

12、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，异步调制时，其载波比 N 是不变的。（错）

二、**选择题**（12 分，每题 1.5 分）。将其中 1 个正确答案 A、B 或 C 写在括号中。

1、电力变换通常包括那几类？（**B**）

A、AC/DC 和 DC/AC 两大类。

B、AC/DC、DC/AC、DC/DC、AC/AC 四大类。

C、AC/DC、DC/AC、DC/DC 三大类。

2、有关 GTR 的二次击穿现象表述正确的是：（**C**）

A、虽然 GTR 存在二次击穿现象，但 GTR 的安全工作区与二次击穿现象无关。

B、GTR 的安全工作区就是二次击穿曲线。

C、GTR 的安全工作区与其存在二次击穿现象有关。

3、有关功率集成电路，表述正确的是：（**A**）

A、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。

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。

4、MOSFET 和 IGBT 并联运行，表述正确的是：（**B**）

A、型号相同的 MOSFET 可以并联运行，而 IGBT 不可以并联运行。

B、IGBT 在通过电流较大时通态压降具有正温度系数，型号相同的 IGBT 可以并联运行，型号相同的 MOSFET 也可以并联使用。

C、型号相同的 MOSFET 不可以并联运行，而 IGBT 可以并联运行。。

5、单相电压型逆变电路的移相调压方式，表述正确的是：（**B**）

A、改变滞后角 θ 就可调节输出电压的峰值。

B、改变滞后角 θ 就可调节输出电压的有效值。

C、改变滞后角 θ 不能调节输出电压的有效值。

6、多相多重斩波电路，表述正确的是：（**A**）

A、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。

B、多相多重斩波电路可以由多个结构不同得基本斩波电路组成。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。

C、多相多重斩波电路是由多个结构不同基本斩波电路组成。相数指的是基本斩波电路数量。重数指的是负载数量。

7、关于计算法和调制法，表述正确的是：(C)

A、PWM 计算法就是 PWM 调制法。

B、PWM 计算法相当于单极性 PWM 控制方式，PWM 调制法相当于双极性 PWM 控制方式。

C、PWM 调制法分为：单极性 PWM 控制方式和双极性 PWM 控制方式。

8. PWM 跟踪控制技术中的滞环比较方式，表述正确的是：(A)

A、滞环比较方式环宽过宽时，频率低，误差大。

B、滞环比较方式环宽过窄时，频率低，误差大。

C、滞环比较方式环宽大小与误差、频率、开关损耗无关。

三、问答题(25 分)

1. GTO 和普通晶闸管同为 PNP 四层结构，为什么 GTO 能够自关断，而普通晶闸管不能？（5 分）

答：GTO 之所以能够自行关断，而普通晶闸管不能，是因为 GTO 与普通晶闸管在设计和工艺方面有以下几点不同：

1) GTO 在设计时 α_2 较大，这样晶体管 V_2 控制灵敏，易于 GTO 关断；-----（1.5 分）

2) GTO 导通时的 $\alpha_1 + \alpha_2$ 更接近于 1，普通晶闸管 $\alpha_1 + \alpha_2 \geq 1.15$ ，而 GTO 则为 $\alpha_1 + \alpha_2 \approx 1.05$ ，GTO 的饱和程度不深，接近于临界饱和，这样为门极控制关断提供了有利条件；-----（1.5 分）

3) 多元集成结构使每个 GTO 元阴极面积很小，门极和阴极间的距离大为缩短，使得 P_2 极区所谓的横向电阻很小，从而使从门极抽出较大的电流成为可能。-----（2 分）

2. 试分析 IGBT 和电力 MOSFET 在内部结构和开关特性上的相似与不同之处。（5 分）

答：内部结构相似之处：IGBT 内部结构包含了 MOSFET 内部结构。内部结构不同之处：IGBT 内部结构有注入 P 区，MOSFET 内部结构则无注入 P 区。-----（2.5 分）

开关特性的相似之处：IGBT 开关大部分时间由 MOSFET 运行，特性相似。开关特性的不同之处：IGBT 的注入 P 区有电导调制效应，有少子储存现象，开关慢。-----（2.5 分）

3. 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？（5分）

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，-----（2.5分）

其基本方法有光隔离、磁隔离。-----（2.5分）

4. 交流调压电路和交流调功电路有什么区别？（5分）

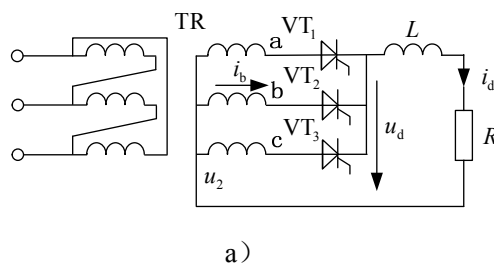
答：交流调压电路和交流调功电路的电路形式完全相同，二者的区别在于控制方式不同。交流调压电路是在交流电源的每个周期对输出电压波形进行控制。而交流调功电路是将负载与交流电源接通几个周波，再断开几个周波，通过改变接通周波数与断开周波数的比值来调节负载所消耗的平均功率。

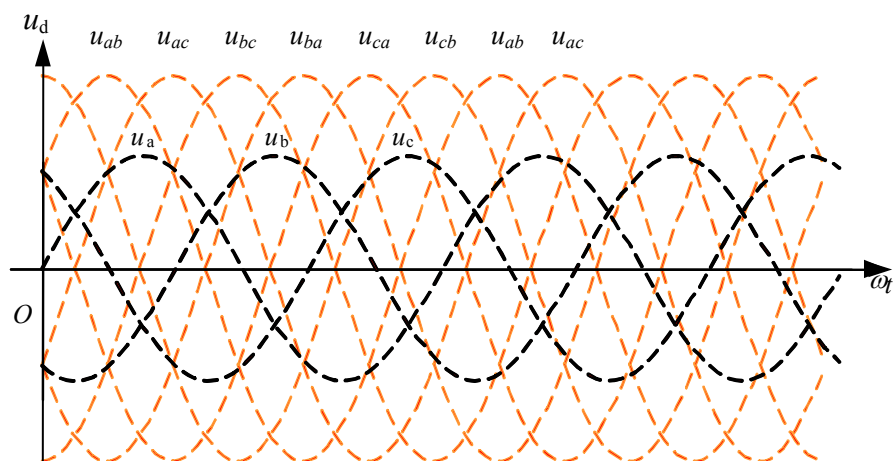
5. 软开关电路可以分为哪几类？（5分）

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。

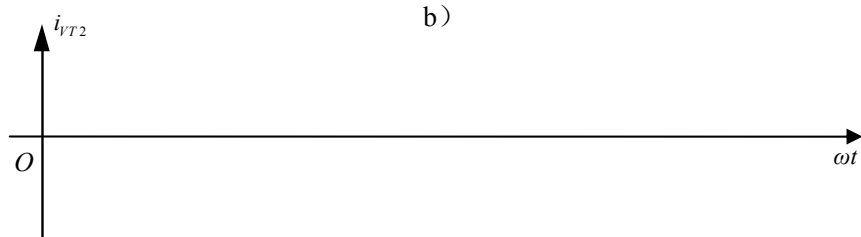
四、波形分析题（22分）

1. （8分）三相半波可控整流电路如图 3-1a）所示，大电感性负载，在 $\alpha = 30^\circ$ 情况下，试画出输出整流电压 u_d 、晶闸管电流 i_{VT2} 、相电流 i_b 、晶闸管电压 u_{VT2} 的波形。请画在 3-1b)、c)、d)、e) 中。（8分）。

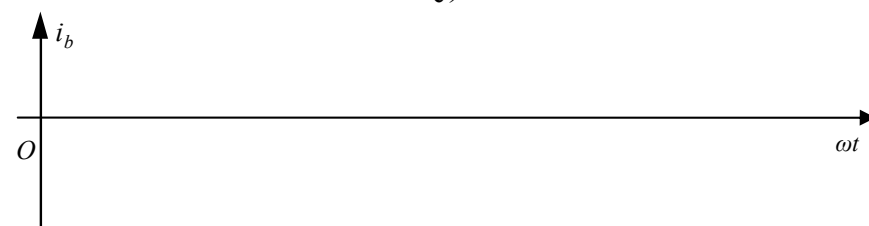




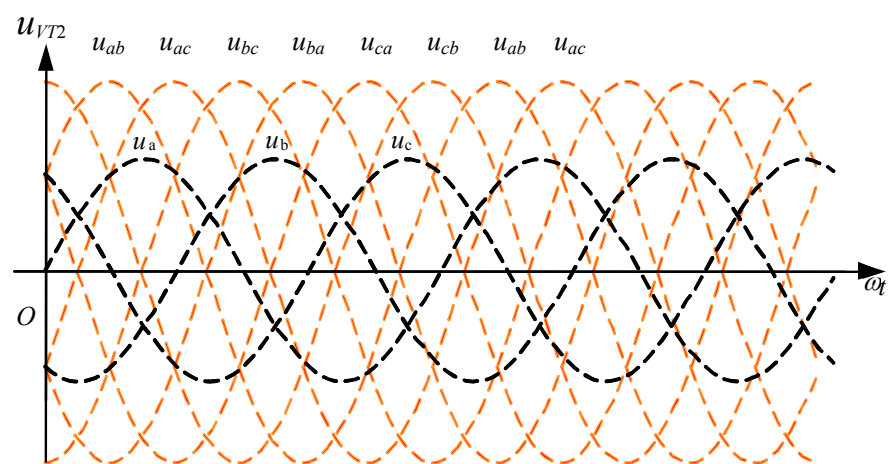
b)



c)



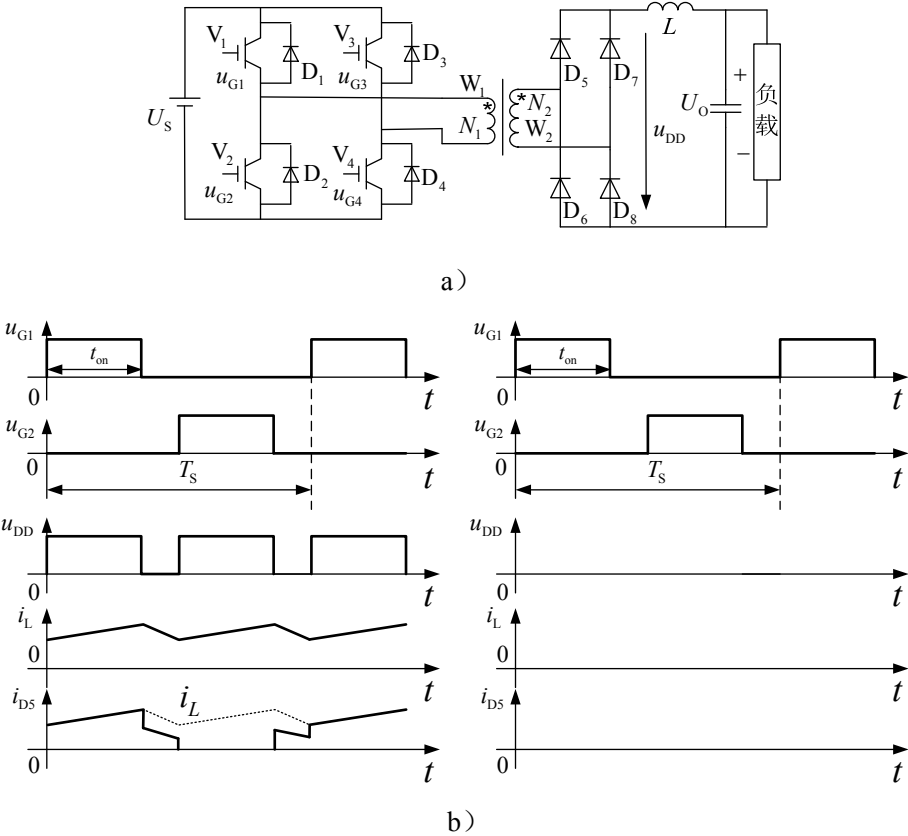
d)



e)

图 3-1 u_d 、 i_{VT3} 、 i_b 、 u_{VT3} 的波形

2. DC-DC 全桥电路的原理如图 3-2a) 所示，开关管 V_1 和 V_2 的驱动信号分别为 u_{G1} 和 u_{G2} ，开关管 V_1 和 V_4 同时导通同时截止， V_2 和 V_3 同时导通同时截止，当负载较大时，电感 L 上的电流 i_L 连续但有波动，在图 3-2b) 中试画出电压 u_{DD} 、电感 L 上的电流 i_L 和通过 D_5 的电流 i_{D5} 。(6 分)



3-2 全桥 DC-DC 电路

3. 半桥逆变电路如图 3-3a) 所示， R 、 L 负载， V_1 、 V_2 驱动信号 U_{G1} 、 U_{G2} 以及负载两端电压 u_O 、负载电流 i_O 如图 3-3b) 所示，试给出各个阶段有电流通过的器件 (V_1 、 V_2 、 D_1 、 D_2) 填入表 3-1 中。(8 分)

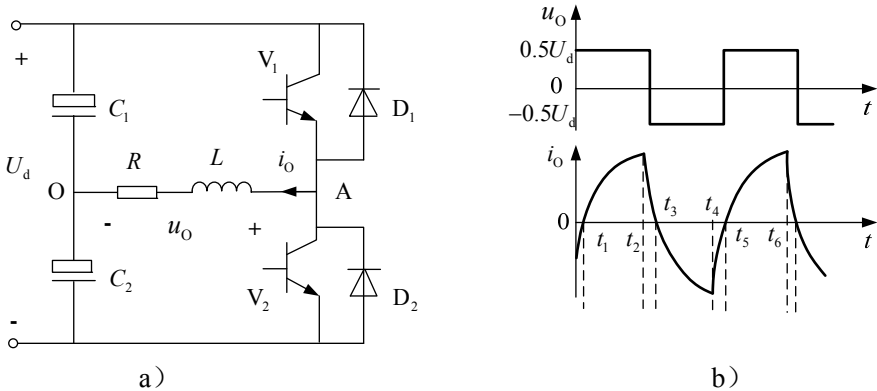


图 3-2 半桥逆变电路及工作波形

表 3-1 各个阶段有电流通过的器件

阶段	$0 \sim t_1$	$t_1 \sim t_2$	$t_2 \sim t_3$	$t_3 \sim t_4$
有电流通过的器件	D_1	V_1	D_2	V_2

五、计算题 (29 分)

1. (10 分) 单相全波可控整流电路, 交流侧电压 $U_2=110V$, 负载中电阻 $R=3\Omega$, 电感 L 值极大, 当控制角 $\alpha=30^\circ$ 时, 求出:

- 1) 整流输出平均电压 U_d 、电流 I_d , 变压器二次电流有效值 I_2 ;
- 2) 考虑安全裕量, 确定晶闸管的额定电压和额定电流。

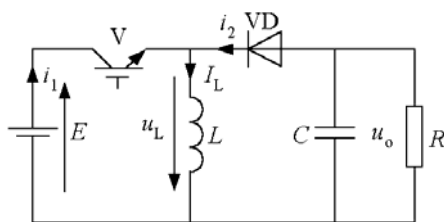
解: 1) $U_d = 0.9U_2 \cos \alpha = 0.9 \times 110 \times \cos 30^\circ = 85.74V$ ----- (2.5 分)

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{85.74}{3} = 28.58 A, \quad I_2 = \frac{I_d}{\sqrt{2}} = 20.21A \quad \text{----- (2.5 分)}$$

2) $I_T = I_2 = 20.21A$, 额定电流 $I_{VT} = (1.5 \sim 2.0) \frac{I_T}{1.57} = 19.3 \sim 25.6A$, 选 25A ----- (2.5 分)

承受最高电压: $2\sqrt{2}U_2$, 额定电压: $(2 \sim 3) 2\sqrt{2}U_2 = 622 \sim 933V$, 选取 900V ----- (2.5 分)

2. (7 分) 如下图所示升降压斩波电路, 推导稳态时输入输出电压关系; 已知 $E=48V$, L 值和 C 值极大, 负载 $R=5\Omega$, 采用 PWM 控制方式, 开关周期 $T=50\mu s$, 导通时间 $t_{on}=20\mu s$ 时, 计算输出电压平均值 U_o 和输出电流平均值 I_o 。



解: 稳态时, $Et_{on} = U_o t_{off}$, 所以输出电压为

$$U_o = \frac{t_{on}}{t_{off}} E = \frac{t_{on}}{T - t_{on}} E \quad \text{----- 5 分}$$

$$(2) U_o = \frac{t_{on}}{T - t_{on}} E = \frac{25}{40 - 25} \times 100 = 166.67(V); \quad \text{----- 3 分}$$

$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{166.67}{20} = 8.33(A)。 \quad \text{----- 2 分}$$

3. (12分) 三相全控桥变流器, 反电动势阻感负载, 电阻 $R=5\Omega$, 电感 $L=\infty$, 交流侧电压 $U_2=220V$, 漏感 $L_B=0.5mH$, 当 $E_M=-440V$, 逆变角 $\beta=60^\circ$ 时, 求整流输出平均电压 U_d 、电流 I_d 与换相重叠角 γ 的值, 此时送回电网的有功功率是多少?

解: $U_d = 2.34U_2 \cos(\pi - \beta) - \Delta U_d$

$$\Delta U_d = m X_B I_d / 2\pi = 6 X_B I_d / 2\pi = 6 f L_B I_d$$

$$I_d = (U_d - E_M) / R$$

解方程组得:

$$I_d = [2.34 U_2 \cos(\pi - \beta) - E_M] / (R + 6 f L_B)$$

$$= [2.34 \times 220 \times \cos 120^\circ - (-440)] / (5 + 6 \times 50 \times 0.5 \times 10^{-3}) = 31.1 \text{ (A)} \quad \text{----- 3分}$$

$$U_d = 1.17 U_2 \cos(\pi - \beta) - 3 f L_B I_d$$

$$= [1.17 \times 220 \times \cos 120^\circ - 3 \times 50 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 31.1] = -66.7 \text{ (V)}$$

$$\Delta U_d = 3 f L_B I_d = 3 \times 50 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 31.1 = 2.33 \text{ (V)} \quad \text{----- 3分}$$

-----有算式, 结果错扣1半, 结果正确, 中间等式缺少不扣分。

$$\text{又} \because \cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = X_B I_d / (\sqrt{2} U_2 \sin \frac{\pi}{m})$$

$$= X_B I_d / (\sqrt{2} U_2 \sin \frac{\pi}{3}) = 2\pi \times 50 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 31.1 / (\sqrt{2} \times 220 \times \sin \frac{\pi}{3}) = 0.03624$$

$$\text{即得出: } \cos(120^\circ + \gamma) = -0.53624$$

$$\text{换流重叠角 } \gamma = 2.42^\circ \quad \text{----- 3分}$$

送回电网的有功功率为

$$P = E_M I_d + I_d^2 R = -440 \times 31.1 + 31.1^2 \times 5 = -1597 \text{ (W)} \quad \text{----- 3分}$$