

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 2017/2018 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：本卷共有五大类题，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，你认为正确的在结尾括号中写“对”，错误的写“错”。

- 1、按照电力电子器件能够被控制的程度，分为以下三类：半控型器件、全控型器件、不可控器件。（对）
- 2、电力二极管额定电流指允许通过电力二极管电流的有效值。（错）
- 3、普通晶闸管反向阻断状态时，如果门极有触发电流 I_G 通过，则晶闸管反向导通。（错）
- 4、绝缘栅双极晶体管输出特性分为三个区域：正向阻断区、有源区和饱和区。（对）
- 5、电气隔离分为光隔离、磁隔离以及变压器隔离三种。（错）
- 6、三相桥式全控整流电路每个时刻均需 2 个晶闸管同时导通，共阴极组的和共阳极组的各 1 个，且不能为同一相的晶闸管。（对）
- 7、同步信号为锯齿波的触发电路有三个基本环节：脉冲的形成与放大、锯齿波的形成和脉冲移相、同步环节。此外，还有强触发和双窄脉冲形成等环节。（对）
- 8、变流电路中的“换流”指的是电流从一个支路向另一个支路转移的过程，也称为换相。（对）
- 9、隔离型单端反激电路无负载时，即输出侧开路，同样可以保证输出电压恒定。（错）
- 10、斩控式单相交流调压电路电阻负载时，电源电流的基波分量和电源电压是同相位的，高次谐波可滤除，电路的功率因数接近 1。（对）
- 11、PWM 控制就是对脉冲的幅值进行调制的技术，即通过对一系列脉冲的幅值进行调制，来等效地获得所需要波形。（错）

12、软开关技术是在原电路中增加了小电感、电容等谐振元件，在开关过程前后引入谐振，消除电压、电流的重叠，减小开关损耗。（对）

二、选择题（12 分，每题 1.5 分）

1、什么是电力电子技术？（C）

- A、用于电气领域和信息领域的电子技术的总称。
- B、用于电力领域和信息领域的电子技术的总称。
- C、用于电力领域的电子技术，即应用电力电子器件对电能进行变换和控制的技术。

2、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。

3、关于 MOSFET 的开关速度，表述正确的是：（A）

- A、MOSFET 不存在少子储存效应，开通关断过程非常迅速。
- B、MOSFET 是场控器件，静态时几乎不需输入电流，开通关断过程时间长。
- C、MOSFET 是场控器件，静态时需输入大电流，开通关断过程时间长。

4、GTR 驱动电路中的贝克钳位二极管是为了：（B）

- A、使 GTR 截止。
- B、防止 GTR 过饱和。
- C、防止 GTR 导通。

5、关于相控电路中的逆变角，表述正确的是：（A）

- A、限制逆变角的最小值，其目的是为了防止逆变失败。
- B、限制逆变角的最大值，其目的是为了防止逆变失败。
- C、限制逆变角的最小值，其目的是为了防止输出电压太小。

6、降压斩波电路与升压斩波电路，表述正确的是：（C）

- A、降压斩波电路与升压斩波电路是用于交流/交流变换的。
- B、降压斩波电路与升压斩波电路是用于直流/直流变换和交流/交流变换的。
- C、降压斩波电路与升压斩波电路是用于直流/直流变换的。

7、隔离型全桥 DC-DC 变换电路采用全桥整流时，其输出电压，表述正确的是：(B)

A、输出电压最大值与输入电压之比，小于变压器（副边/原边）匝数的比值，原因在于占空比小于 1。

B、输出电压最大值与输入电压之比，等于变压器（副边/原边）匝数之比。

C、输出电压最大值与输入电压之比，小于 1，原因在于占空比小于 1。

8、PWM 跟踪控制技术中的三角波比较方式，表述正确的是：(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。

三、问答题(25 分)

1. 全控型器件的 RDC 缓冲电路的主要作用是什么？试分析 RCD 缓冲电路中各元件的作用。

(5 分)

答：全控器件 RDC 缓冲电路的主要作用是抑制过电压或 du/dt 。-----2 分

RDC 缓冲电路中电阻 R 的作用是为电容 C 提供释放能量的通路并消耗 C 上的能量，二极管 D 的作用是在器件关断、电压上升时，使器件电压嵌位在电容 C 上的电压，电容 C 的作用是在器件关断时抑制过电压和 du/dt -----各 1 分

2. 电力电子电路过电压保护与过电流保护措施有哪些？（6 分）

答：过电压保护主要方法有避雷器过电压抑制、各种 RC 过电压抑制、非线性元件过电压抑制等方法。-----各 1 分

过电流保护主要方法有电路过流保护、快速熔断器过流保护、快速断路器过流保护和过流继电器过流保护等方法。-----3 分

3. 多相多重斩波电路有何优点？（4 分）

答：多相多重斩波电路因在电源与负载间接入了多个结构相同的基本斩波电路，使得输入电源电流和输出负载电流的脉动次数增加、脉动幅度减小，对输入和输出电流滤波更容易，滤波电感减小。此外，多相多重斩波电路还具有备用功能，各斩波单元之间互为备用，总体可靠性提高。-----2 个要点各 2 分

4. 电压型逆变电路的主要特点是什么？（4 分）：

答：电压型逆变电路的主要特点：

①直流侧为电压源，或并联有大电容，相当于电压源。直流侧电压基本无脉动。-----1 分

②交流侧输出电压波形为矩形波，并且与负载阻抗角无关。-----1分

③为了给交流侧向直流侧反馈的无功能量提供通道，逆变桥各臂都并联了反馈二极管。
-----2分

5. 什么是异步调制？什么是同步调制？两者各有何特点？（6分）

答：载波信号频率和调制信号频率不保持同步变化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。-----1分

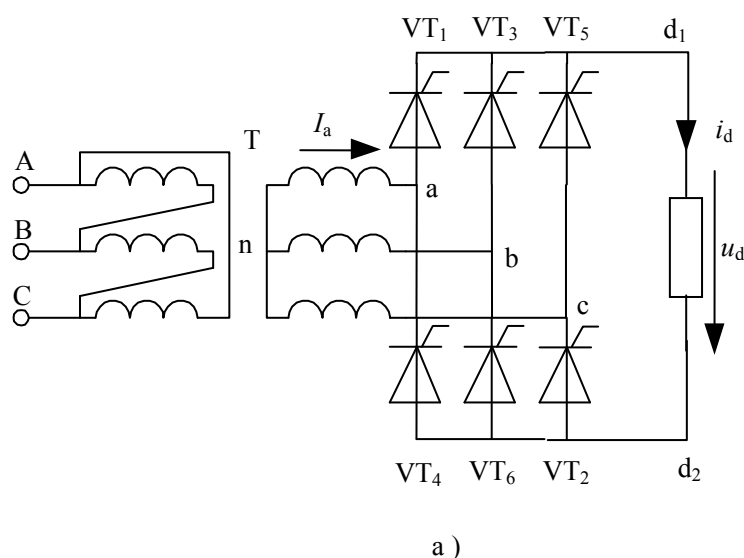
异步调制的主要特点是：在信号波的半个周期内，PWM 波的脉冲个数不固定，相位也不固定，正负半周期的脉冲不对称，半周期内前后 $1/4$ 周期的脉冲也不对称。输出波形谐波较大。-----2分

载波比 N 等于常数，并在变频时使载波和信号波保持同步的方式称为同步调制。----1分

同步调制的主要特点是：在同步调制方式中，信号波频率变化时载波比 N 不变，信号波一个周期内输出的脉冲数是固定的，脉冲相位也是固定的。输出波形谐波较小。载波频率过低时由调制带来的谐波不易滤除。当逆变电路输出频率很高时，同步调制时的载波频率 f_c 会过高，使开关器件难以承受。-----2分

四、波形分析题（22分）

1. 三相桥式可控整流电路如图 3-1a) 所示，大电感性负载，在控制角 $\alpha = 30^\circ$ 情况下，试画出输出整流电压 u_d 、晶闸管电流 i_{VT1} 、相电流 i_a 、晶闸管电压 u_{VT1} 的波形。请画在 3-1b)、c)、d)、e) 中。（8分）



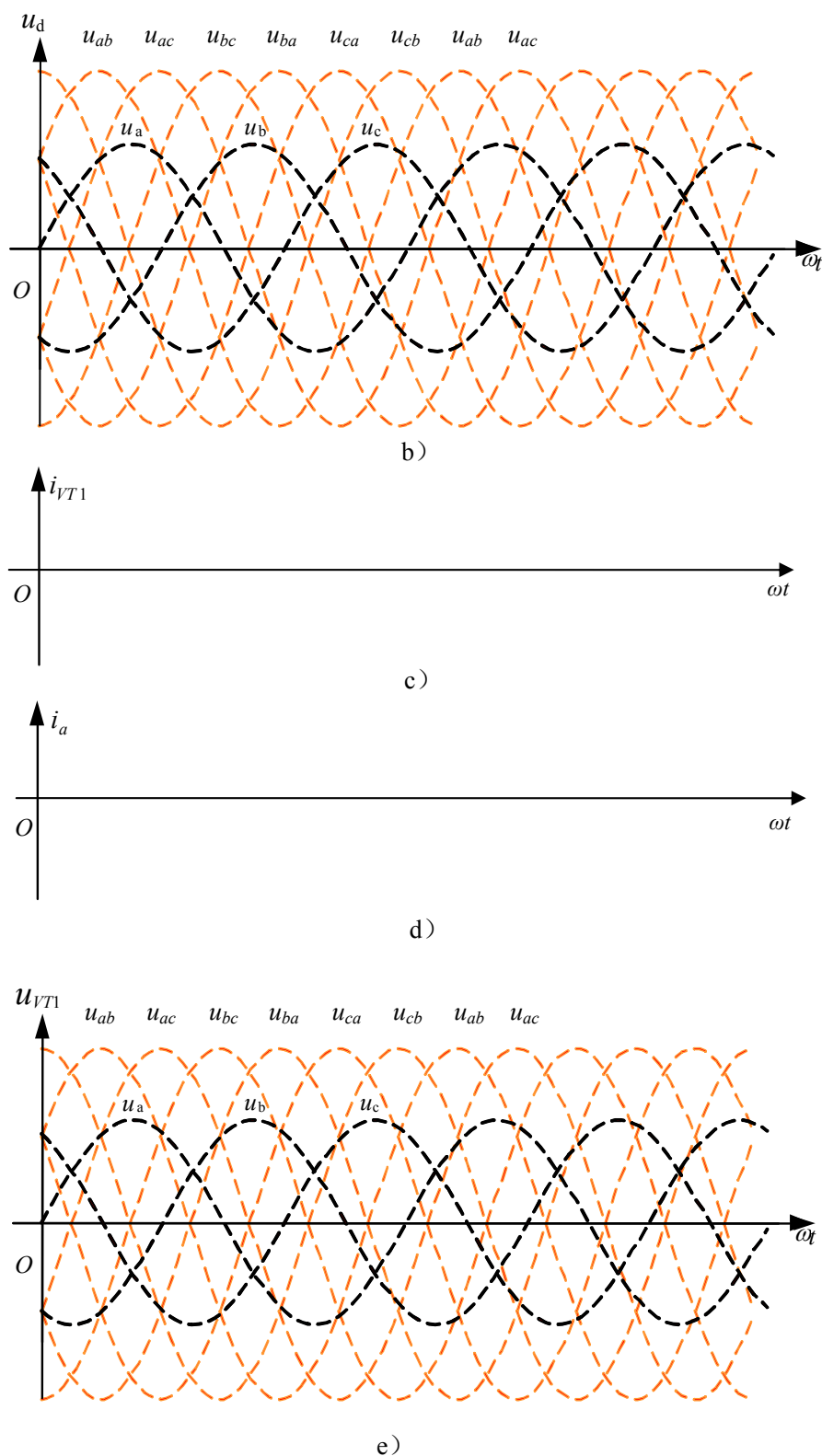
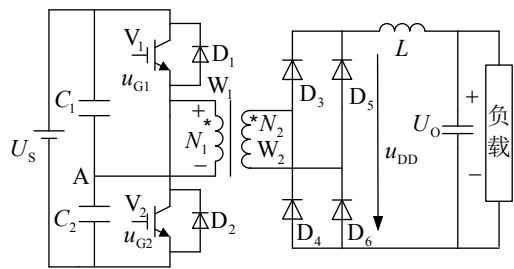


图 3-1 u_d 、 i_{VT1} 、 i_a 、 u_{VT1} 的波形

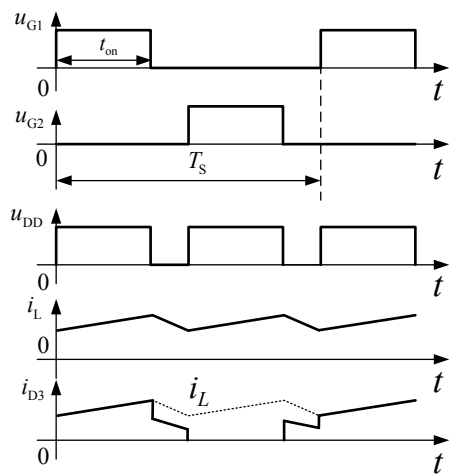
.....各 2 分

2. DC-DC 半桥电路的原理如图 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} , 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_3 的电流 i_{D3} 。(6 分)



a)



b)

图 3-2 DC-DC 半桥电路的原理

-----各 2 分

3. 图 3-3 为带中心抽头变压器（假设各绕组匝数相同）的逆变电路及负载上的电压 u_0 和电流 i_0 的波形图，请在表 3-1 中填入 $0 \rightarrow t_4$ 时间内各时间段内开通的全控型器件及电流流经的器件编号（ V_1, V_2, D_1, D_2 ）。（8 分）

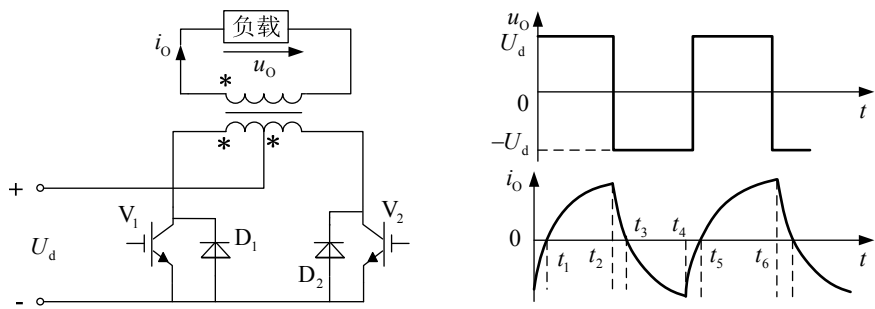


图 3-3 带中心抽头变压器逆变电路

表 3-1 各个阶段器件工作状态

时间段	$0 \rightarrow t_1$	$t_1 \rightarrow t_2$	$t_2 \rightarrow t_3$	$t_3 \rightarrow t_4$
电流流经的器件	D ₂	V ₂	D ₁	V ₁

-----各 2 分

五、计算题（29 分）

1.（10 分）单相桥式全控整流电路，交流侧电压 $U_2 = 220\text{V}$ ，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) 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) 输出平均电压 U_d 、电流 I_d ，变压器二次电流有效值 I_2 分别为

$$U_d = 0.9 U_2 \cos \alpha = 0.9 \times 220 \times \cos 30^\circ = 171.5 \text{ (V)} \text{ ----- 2分}$$

$$I_d = U_d / R = 171.5 / 5 = 34.3 \text{ (A)} \text{ ----- 2分}$$

$$I_2 = I_d = 34.3 \text{ (A)} \text{ ----- 1分}$$

2) 晶闸管承受的最大反向电压为：

$$\sqrt{2} U_2 = 220\sqrt{2} = 311.1 \text{ (V)} \text{ ----- 1分}$$

考虑安全裕量，晶闸管的额定电压为：

$$U_N = (2 \sim 3) \times 311.1 = 622 \sim 933 \text{ (V)} \text{ ----- 1分}$$

具体数值可按晶闸管产品系列参数选取。

流过晶闸管的电流有效值为：

$$I_{VT} = I_d / \sqrt{2} = 24.3 \text{ (A)} \text{ ----- 2分}$$

晶闸管的额定电流为：

$$I_N = (1.5 \sim 2) \times 24.3 / 1.57 = 23 \sim 31 \text{ (A)} \text{ ----- 1分}$$

具体数值可按晶闸管产品系列参数选取。

-----有算式，结果错扣1半，结果正确，中间等式缺少不扣分。

2.（12 分）三相半波逆变电路，交流侧电压 $U_2 = 110\text{V}$ ，反电动势 $E_M = -160\text{V}$ ，电阻 $R = 3\Omega$ ，电感 L 足够大， $L_B = 0.5\text{mH}$ ，保证电流连续。试求： $\beta = 60^\circ$ 时 U_d 、 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：
$$U_d = 1.17 U_2 \cos(\pi - \beta) - \Delta U_d$$

$$\Delta U_d = m X_B I_d / 2\pi = 3 X_B I_d / 2\pi = 3 f L_B I_d$$

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

解方程组得:

$$I_d = [1.17 U_2 \cos(\pi - \beta) - E_M] / (R + 3 f L_B)$$

$$= [1.17 * 110 * \cos 120^\circ - (-160)] / (3 + 3 * 50 * 0.5 * 10^{-3}) = 31.1 \text{ (A)} \quad \text{----- 3分}$$

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

$$= [1.17 * 110 * \cos 120^\circ - 3 * 50 * 0.5 * 10^{-3} * 31.1] = -66.7 \text{ (V)}$$

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

-----有算式，结果错扣1半，结果正确，中间等式缺少不扣分。

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

$$= X_B I_d / (\sqrt{2} U_2 \sin \frac{\pi}{3}) = 2\pi * 50 * 0.5 * 10^{-3} * 31.1 / (\sqrt{2} * 110 * \sin \frac{\pi}{3}) = 0.03624$$

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

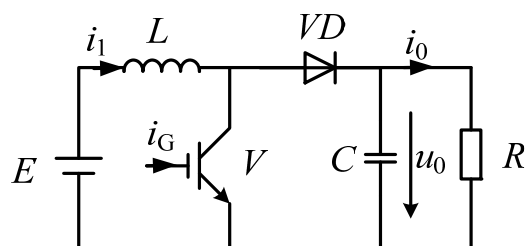
$$\text{换流重叠角 } \gamma = 2.42^\circ \quad \text{----- 3分}$$

送回电网的有功功率为

$$P = E_M I_d + I_d^2 R = -160 \times 13.3 + 13.3^2 \times 3 = -1597 \text{ (W)} \quad \text{----- 3分}$$

3. (7分) 在图示的升压斩波电路中, 设 $E=36\text{V}$, 负载 $R=200\Omega$, 开关周期 $T=20\mu\text{s}$, 导通时间 $t_{\text{on}}=10\mu\text{s}$, 电容 C 极大时。

- ① 计算输出电压平均值 U_o , 输出电流平均值 I_o 。
- ② 计算输入输出功率。



解: 输出电压平均值为:

$$U_o = \frac{T}{T - t_{\text{on}}} E = \frac{20}{20 - 10} \times 36 = 72 \text{ V} \quad \text{----- 3分}$$

输出电流平均值为:

$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{72}{200} = 0.36 \text{ A} \quad \text{----- 2分}$$

输入输出功率:

$$P_i = P_o = U_o I_o = 72 * 0.36 = 25.9 \text{ (W)} \quad \text{----- 2分}$$