

浙江工业大学期终考试命题稿

2012/2013 学年第 一 学期

| | | | |
|-------|--------|----------|--------------|
| 课程名称 | 电力电子技术 | 使用班级 | 自动化 10、电气 10 |
| 教师份数 | | 学生份数 | |
| 命题人 | 南余荣 | 审核人 | |
| 命题总页数 | 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 2012/2013 学年

第 一 学期试卷

课程_____姓名_____

班级_____学号_____

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

命题：（全部答题直接写在考卷上）

一、填空题（每空格 1 分，共 14 分）

1. 维持晶闸管导通的条件是使晶闸管的电流大于能保持晶闸管导通的最小电流，该最小电流称为维持电流；晶闸管刚从断态转入通态并移除触发信号后，能维持导通所需的最小电流称为擎住电流。
2. 功率场效应晶体管用英文字母简称为MOSFET；绝缘栅双极型晶体管用英文字母简称为IGBT。
3. 变流电路的换流方式有 器件换流、电网换流、负载换流、强迫换流等四种。
4. 三相半波可控整流电路中，晶闸管承受的最大反向电压为 $\sqrt{6} U_2$ 。（电源相电压为 U_2 ）
5. 在同步电压为锯齿波的触发电路中，锯齿波底宽可达 240° 度；实际移相能达 0° -180° 度。
6. 在相同的开关损耗下，使用软开关技术可以大幅度提高开关频率。
7. 在正弦波和三角波的自然交点时刻控制开关器件的通断，这种生成 SPWM 波形的方称为自然采样法，实际应用中，采用规则采样法来代替上述方法，在计算量大大减小的情况下得到的效果接近。
8. 根据载波和信号波是否同步及载波比的变化情况，PWM 调制方式可分为 同步调制和异步调制。

二、简答题（共 26 分）

1. GTO和普通晶闸管同为PNPN结构，为什么GTO能够自关断，而普通晶闸管不能？（6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 and 工艺方面有以下几点不同：

浙江工业大学考试命题纸

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; -----2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; -----2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. 实现有源逆变必须满足哪两个必不可少的条件? (6分)

答: (1) 直流侧必需外接与直流电流 I_d 同方向的直流电源 E , 其数值要稍大于逆变器输出平均电压 U_d , 才能提供逆变能量。-----3分

(2) 逆变器必需工作在 $\beta < 90^\circ$ ($\alpha > 90^\circ$) 区域, 使 $U_d < 0$, 才能把直流功率逆变为交流功率返送电网。-----3分

3. 根据对输出电压平均值进行控制的方法不同, 直流斩波电路可有哪三种控制方式? (6分)

答: (1) 第一种调制方式为: 保持开关周期不变, 改变开关导通时间 t_{on} 称为脉宽调制。简称“PWM”调制。-----2分

(2) 第二种调制方式为: 保持开关导通时间 t_{on} 不变, 改变开关周期, 称为频率调制。简称为“PFM”调制。-----2分

(3) 第三种调制方式为: 同时改变周期 T 与导通时间 t_{on} 。使占空比改变, 称为混合调制。-----2分

4. 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? (4分)

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

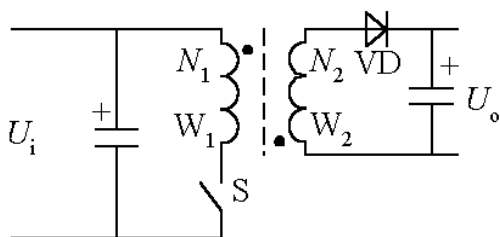
其基本方法有光隔离、磁隔离。-----2分

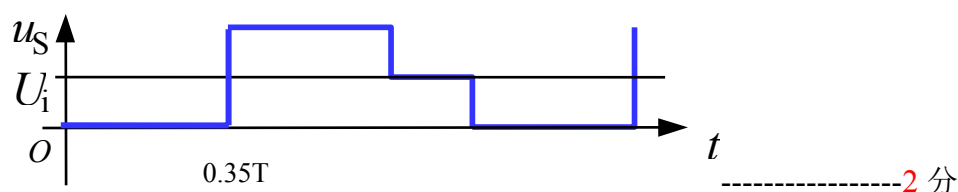
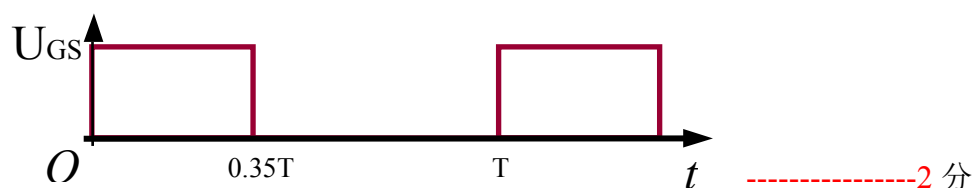
5. 电力电子器件过电流保护有哪些主要方法? (4分)

答: 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。-----各1分

二、波形分析题 (26分)

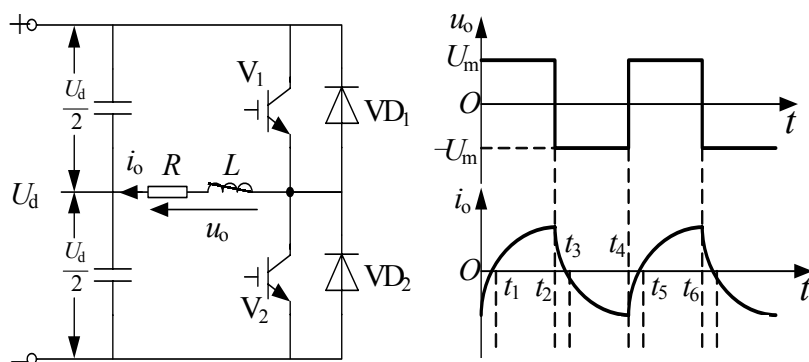
1. 下图反激电路中, 已知输入电压为 U_i 、输出电压为 U_o , 变压器原副边匝数分别为 N_1 、 N_2 。开关 S 导通占空比为 35%。请问开关 S 承受的最大电压值是多少? 并画出电流断续工作模式下开关 S 开关过程中的电压波形。(6分)





答：开关 S 承受的最大电压值 $u_{S\max} = U_i + \frac{N_1}{N_2} U_o$ ，开关 S 承受的电压波形如上图。----2 分

2. 图示为单相半桥逆变电路及负载上的电压 u_o 和电流 i_o 的波形图，请在表格中填入 $0 \rightarrow t_4$ 各时间段内电流流经的器件编号 (V_1 , V_2 , VD_1 , VD_2)。 (4 分)

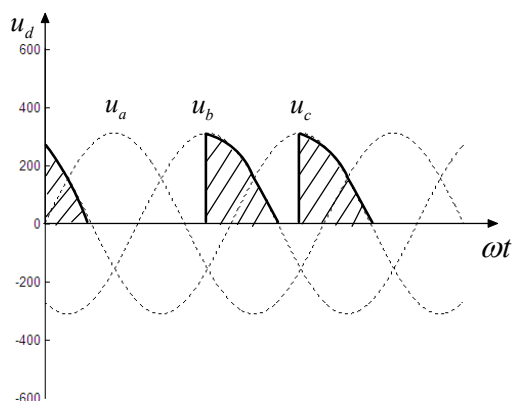
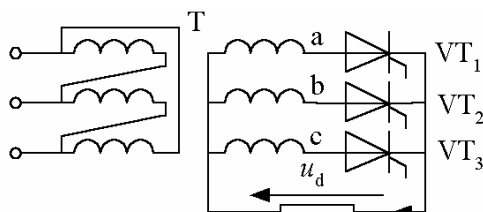


| 时间段 | a) $0 \rightarrow t_1$ | $t_1 \rightarrow t_2$ | b) $t_2 \rightarrow t_3$ | $t_3 \rightarrow t_4$ |
|-----------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 电流流经的开关器件 | VD1 | V1 | VD2 | V2 |

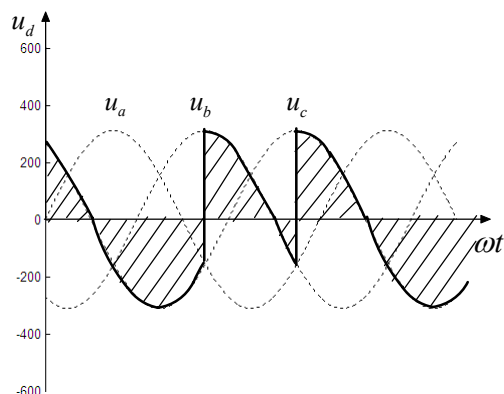
-----各1分

浙江工业大学考试命题纸

3. 在三相半波整流电路中，如果 a 相的触发脉冲消失，试画出控制角 $\alpha=60^\circ$ 时，在纯电阻负载和阻感负载（电感极大）下整流电压 u_d 的波形。（8 分）

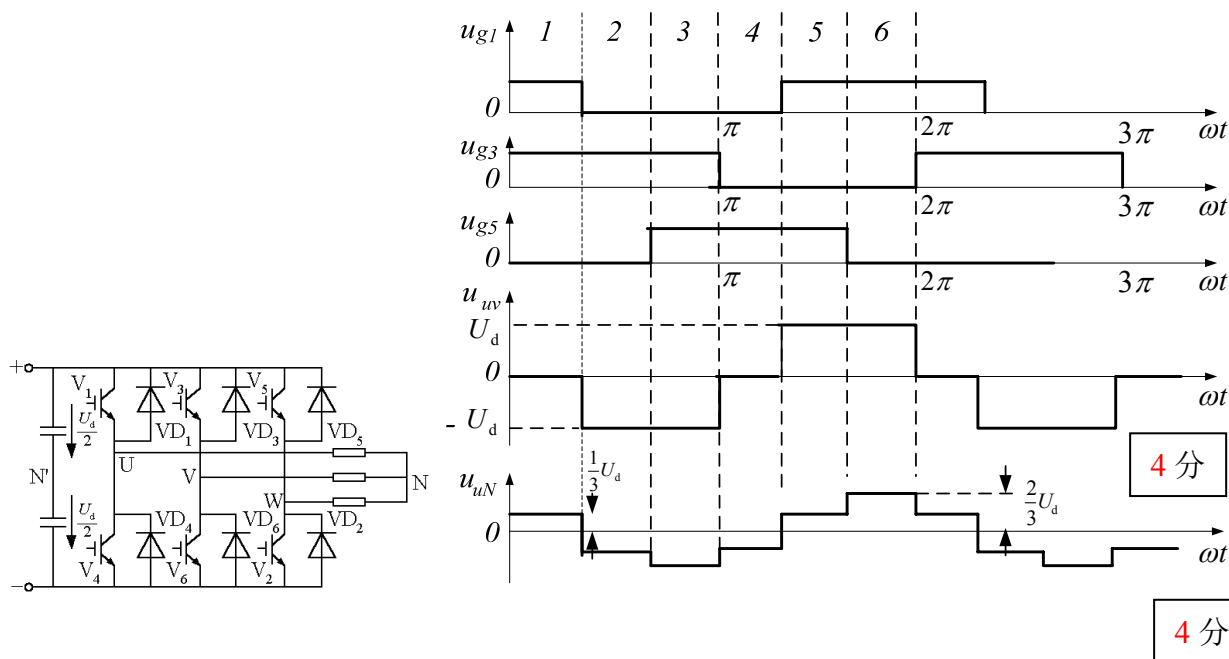


纯电阻负载 4 分



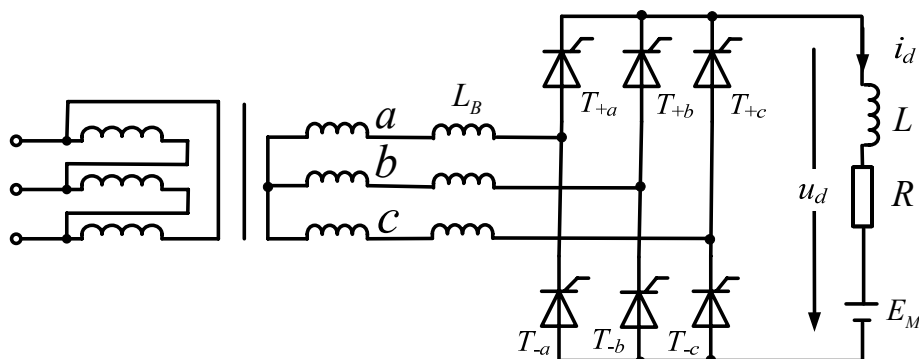
阻感负载 4 分

4. 三相电压型桥式逆变电路的原理图如下图所示， 180° 导电方式， V_1 到 V_6 每隔 60° 依次导通，即每个时刻每个桥臂各有一个臂导通、一个臂关断。以 60° 为单位，桥臂导通情况表示为：(V_6 、 V_1 、 V_2)、(V_1 、 V_2 、 V_3)、(V_2 、 V_3 、 V_4)、(V_3 、 V_4 、 V_5)、(V_4 、 V_5 、 V_6)、(V_5 、 V_6 、 V_1)，图中已知 V_1 、 V_3 、 V_5 的驱动波形，直流侧电压为 U_d ，请画出线电压 U_{UV} 、相电压 U_{UN} 的波形。（8 分）



三、计算题 (34 分)

1. 三相全控桥变流器, 反电动势阻感负载, $R=1\Omega$, $L=\infty$, $U_2=220V$, $L_B=1mH$, 当 $E_M=-400V$, $\beta=60^\circ$ 时求 U_d 、 I_d 与 γ 的值, 此时送回电网的有功功率是多少? (14 分)



解: 由题意可列出如下 3 个等式:

$$U_d = 2.34 U_2 \cos(\pi - \beta) - \Delta U_d \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$\Delta U_d = 3 X_B I_d / \pi \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$I_d = (U_d - E_M) / R \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

三式联立求解, 得

$$U_d = [2.34 \pi U_2 R \cos(\pi - \beta) + 3 X_B E_M] / (\pi R + 3 X_B) = -290.3 \text{ (V)} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$I_d = 109.7 \text{ (A)} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

由下式可计算换流重叠角:

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = 2 X_B I_d / \sqrt{6} U_2 = 0.1279$$

$$\cos(120^\circ + \gamma) = -0.6279$$

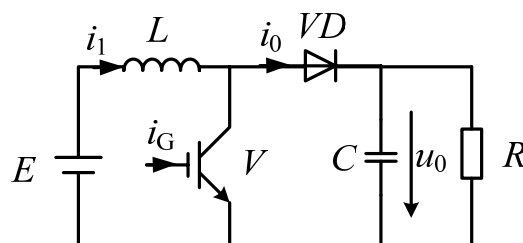
$$\gamma = 128.90^\circ - 120^\circ = 8.90^\circ \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

送回电网的有功功率为

$$P = |E_M I_d| - I_d^2 R = 400 \times 109.7 - 109.7^2 \times 1 = 31.85 \text{ (W)} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

2. 在图示的升压斩波电路中, 设 $E=100V$, $R=250\Omega$, $\alpha=0.8$, C 极大。

- (1) 说明该电路的工作原理
- (2) 计算输出电压平均值 U_o , 输出电流平均值 I_o 。
- (3) 计算输入输出功率。(10 分)



解: 开关管V闭合时, 电源向电感充电, 同时电容向负载供电, $U_o=U_C$, V断开时电源和电感同时向负载供电 $U_o=U_C=E+U_L$, 所以是升压直流斩波器。 4 分

输出电压平均值为:

$$U_o = \frac{1}{1-\alpha} E = \frac{1}{0.2} \times 100 = 500 V \quad \text{.....2 分}$$

输出电流平均值为:

$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{500}{250} = 2 A \quad \text{.....2 分}$$

输入输出功率:

$$P_i = P_o = U_o I_o = 500 \times 2 = 1000 W \quad \text{.....2 分}$$

3. 单相桥式全控整流电路, $U_2=100V$, 负载中 $R=2\Omega$, L 值极大, 当 $\alpha=30^\circ$ 时, 要求: (1) 求整流输出平均电压 U_d 、电流 I_d 以及变压器二次电流有效值 I_2 ; (2) 考虑安全裕度, 确定晶闸管的额定电压和额定电流。(10 分)

解: (1) 整流输出平均电压: $U_d = 0.9 U_2 \cos \alpha = 0.9 \times 100 \times \cos 30^\circ = 77.94(V)$ -----2 分

电流: $I_d \approx \frac{U_d}{R} = \frac{77.94}{2} = 38.97(A)$, -----2 分

$I_2 = I_d = 38.97(A)$ -----2 分

(2) 晶闸管承受的最大反向电压为 $\sqrt{2} U_2 = 141.4(V)$

流过每个晶闸管的电流有效值为 $I_{VT} = I_d / \sqrt{2} = 27.56(A)$,

因此, 晶闸管的额定电压为 $U_N = (2 \sim 3) \times 141.4 = 283 \sim 424V$ -----2 分

晶闸管的额定电流为 $I_N = (1.5 \sim 2) \times 27.56 / 1.57 = 26.33 \sim 35.11A$ -----2 分

晶闸管额定电压和电流的具体数值可按晶闸管产品系列参数选取。