

浙江工业大学 2020/2021 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. 晶闸管、GTO、GTR 是双极型器件；电力 MOSFET 是单极型器件；IGBT、MCT、IGCT 是复合型器件。（对）
2. 电力电子装置过电压分为外因过电压和内因过电压。外因过电压主要来自雷击和系统操作过程等外因，内因过电压来自电力电子装置内部器件的开关过程。（对）
3. 电力电子器件过热的原因在于气温太高，在常温下不需要过热保护。（错）
4. 隔离型半桥 DC-DC 变流电路中的 2 个开关管承受峰值电压均等于输入直流电压值的二分之一。（错）
5. 电压型逆变电路的直流侧是电压源或串联大电感 L ，电流基本无脉动。（错）
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. 三相或单相 PWM 整流电路，通过适当控制，可以使输入电流接近正弦波，但功率因数很小，一般为 0.7 左右。（错）
8. 交流-交流变流电路是把一种形式的交流电变成另一种形式交流电的电路。（对）
9. 斩控式交流调压电路电阻负载时，电源电流的基波分量是和电源电压同相位的，高次谐波可滤除，电路的功率因数接近 1。（对）

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. 对电力电子器件描述正确的是：（A）

- A、电力电子器件可直接用于主电路中，实现电能的变换或控制的电子器件。
- B、电力电子器件是电子器件的总称。
- C、电力电子器件可用于电子系统中，实现电能的变换或控制的器件。
- D、电力电子器件不能直接用于主电路中，只是实现电能的变换或控制的电子器件。

2. 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 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。

3. 关于驱动电路的电气隔离，表述正确的是下面哪个？（C）

- A、电力电子器件驱动电路的电气隔离环节一般采用光隔离。
- B、电力电子器件驱动电路的电气隔离环节一般采用绝缘材料隔离。
- C、电力电子器件驱动电路的电气隔离环节一般采用光隔离或磁隔离。
- D、电力电子器件驱动电路的电气隔离环节一般采用磁隔离。

4. 关于电力电子装置过电流保护，表述正确的是下面哪一个？（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、快速熔断器仅用于部分区段的过载保护。
- D、快速熔断器仅用于短路时保护。

5. 关于计算法和调制法，下面表述正确的是：（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 调制法可分为：单极性 PWM 控制方式和双极性 PWM 控制方式。
- D、PWM 计算法与 PWM 调制法的计算量是一样的。

6. 关于三相 SPWM 逆变电路提高直流电压利用率，下面表述正确的是哪一个？（D）

3. (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)

4. (4分) 驱动电路的基本任务有哪些？

答：按控制目标的要求施加开通或关断的信号。对半控型器件只需提供开通控制信号。对全控型器件则既要提供开通控制信号，又要提供关断控制信号。除此之外，驱动电路一般还要提供控制电路与主电路之间的电气隔离环节，一般采用光隔离或磁隔离。

5 什么是电压型逆变电路？有何特点？ (5分)

答：按照逆变电路直流测电源性质分类，直流侧是电压源的逆变电路称为电压型逆变电路。----- (2分)

电压型逆变电路的主要特点是：

(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。

----- (1分)

四、波形分析题（24 分）

1. （6 分）正激电路如图 2a) 所示，已知电感 L 电流连续，开关管 VT 的驱动波形和变压器等效电路励磁回路的激磁电流 i_m 波形如图 2b)，请在图 2b) 中画出开关管 VT 两端的电压 u_T 、 W_1 绕组电感电压 u_{W1} 、电感电流 i_L 波形。

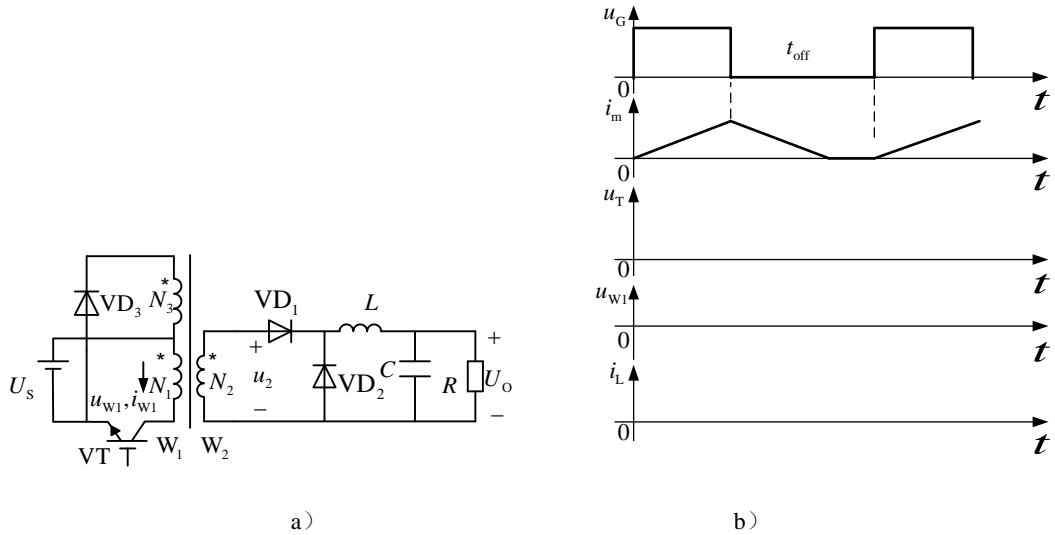
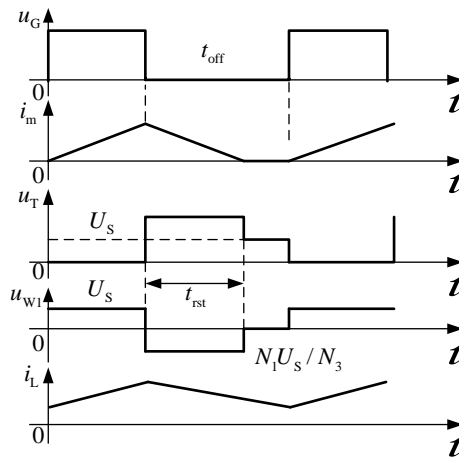
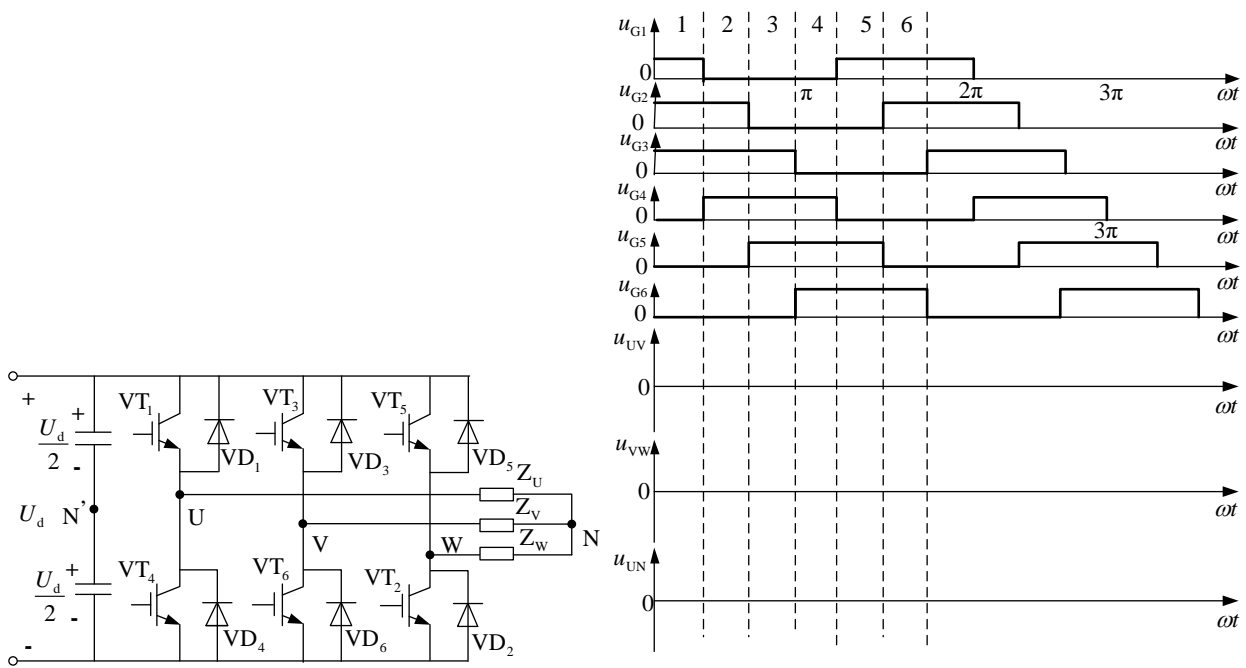


图 2 正激电路
a) 原理图 b) 波形图



----- (u_T 、 u_{W1} 、 i_L 各 2 分)

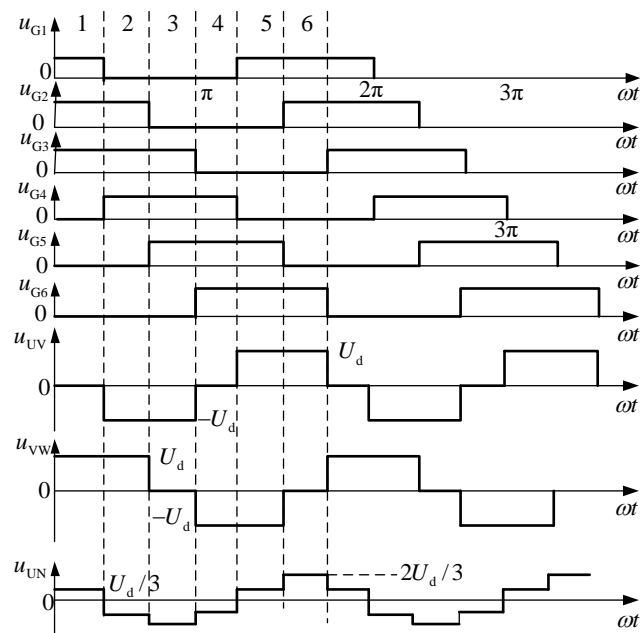
2. （6 分）电压型三相方波逆变电路原理如图 3a) 所示， 180° 导电型，已知 IGBT 开关管 VT1~VT6 的驱动信号分别为 $u_{G1} \sim u_{G6}$ （逻辑信号，低电平对应负电压），如图 3b) 所示。试画出线电压 u_{uv} 、 u_{vw} 以及负载侧相电压 u_{UN} 的波形。



a) 原理图

b) 波形图

图3 电压型三相方波逆变电路



----- (u_{uv} 、 u_{vw} 、 u_{UN} 各 2 分)

3. (6分) 电阻负载时的三相桥式全控整流电路原理如图 4a)所示, 当控制角 $\alpha=30^\circ$ 时, 试在图 4b)中画出输出整流电压 u_d 、晶闸管 VT_1 承受的电压 u_{T1} 以及变压器副边 a 相电流 i_a 的波形。

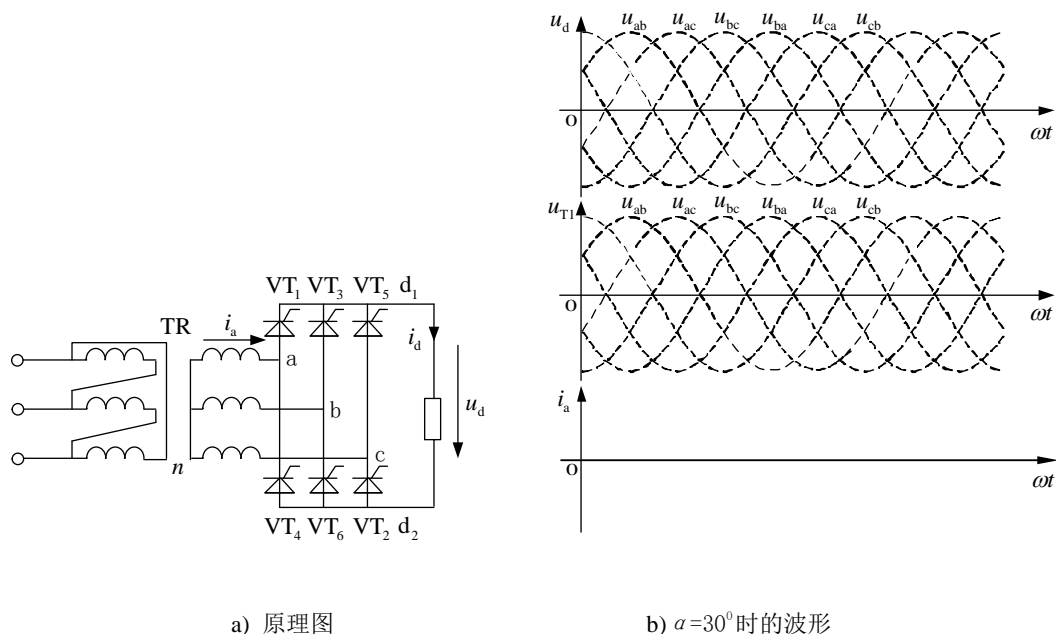
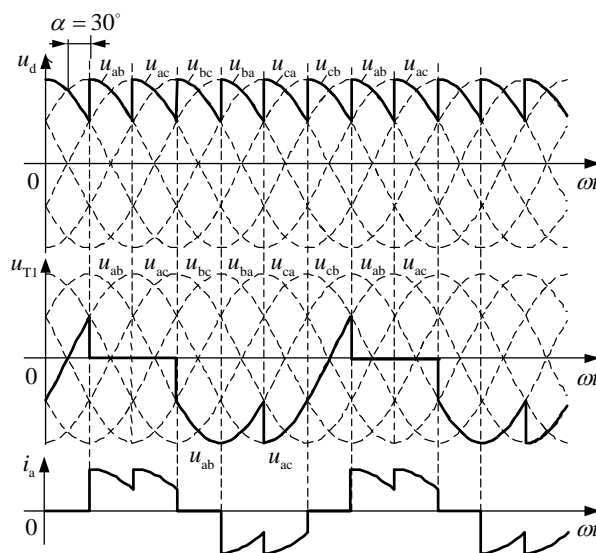


图 4 电阻负载时的三相桥式全控整流电路



----- (u_d 、 u_{T1} 、 i_a 各 2 分)

图 4 电阻负载时的三相半波可控整流电路 $\alpha=30^\circ$ 时的波形

4. (6 分) Buck 型半波零电流准谐振变换器如图 5a), 已知图 5b) 中的 VT 开关管 MOSFET 的驱动波形 u_G 、电感 L_r 电流 i_{L_r} 的波形以及 u_{DS} 在 $t_5 \sim t_6$ 和 $t'_5 \sim t'_6$ 期间的波形, 请在图 5b) 中画出 VT 开关管承受的电压 u_{DS} 其余波形 (补齐) 以及 C_r 上电压 u_{Cr} 的波形。

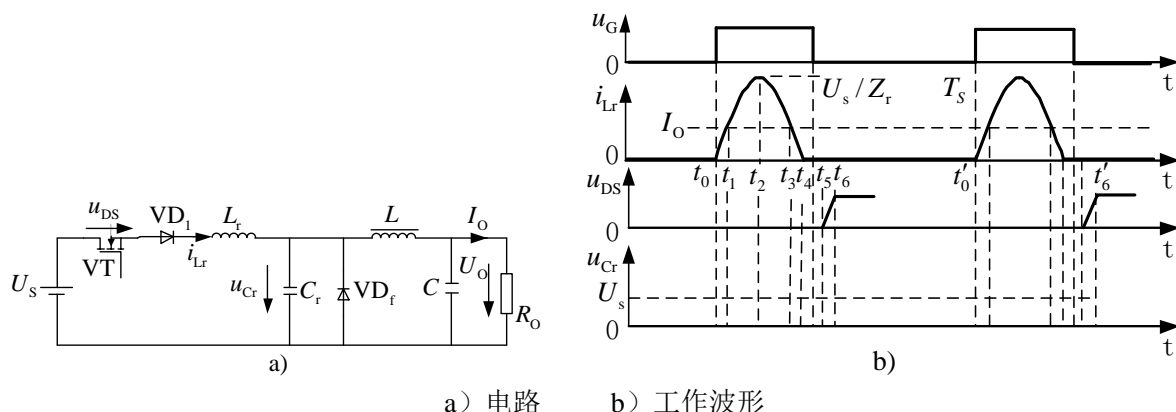
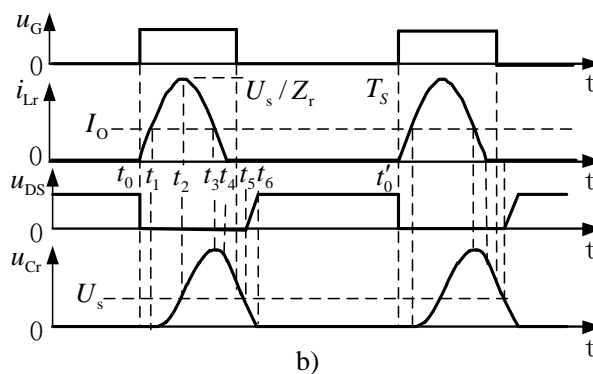


图 5 Buck 型半波零电流准谐振变换器



----- u_{DS} 、 u_{Cr} 各 3 分

五、计算题 (36 分)

1. (9 分) 有一个开关频率为 40kHz 的降压变换电路, $L=0.3\text{mH}$, 输入电压 $U_s=24\text{V}$, 输出电压 $U_o=16\text{V}$, 已知工作在电感电流连续的情况下, 试求:

- 1) 占空比 ρ 的大小;
- 2) 电感中电流的峰值 ΔI_L ;
- 3) 若允许输出电压的纹波 $\Delta U_o / U_o = 1\%$, 求滤波电容 C 的最小值。

解: 1) 电流连续, 占空比 $\rho = \frac{U_o}{U_s} = \frac{16}{24} = 0.667$ ----- (2 分)

2) 开关周期 $T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{40 \times 10^3} = 2.5 \times 10^{-5} (\text{S})$ ----- (1 分)

$\Delta I_L = \frac{U_o}{L} (1 - \rho) T_s = \frac{16}{0.3 \times 10^{-3}} \times (1 - 0.667) \times 2.5 \times 10^{-5} = 0.444 (\text{A})$ ----- (2 分)

3) 根据 $\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{1}{8LC} (1 - \rho) T_s^2 = 1\%$ ----- (2 分)

$C = \frac{1}{8L} (1 - \rho) T_s^2 \frac{U_o}{\Delta U_o} = \frac{1}{8 \times 0.3 \times 10^{-3}} (1 - 0.667) \times (2.5 \times 10^{-5})^2 / 0.01 = 8.7 (\mu\text{F})$

可得电容最小值

$C = 8.7 \mu\text{F}$ ----- (2 分)

浙江工业大学考试命题纸

2. (12 分) 某变换电路, 输入直流电压 $U_s = 60V$, 开关频率 $f_s = 40kHz$, 导通占空比 $\rho = 0.40$, 输出电压 U_o 为 36V 恒定, 负载电流为 1A, 忽略开关管与二极管的通态压降, 要求变换电路工作在电流连续状态, 试计算:

1) 如果该变换电路为正激电路, 钳位绕组匝数 $N_3 = N_1$, 那么变压器变比 N_2 / N_1 、最小滤波电感 L 为多少?

2) 如果该变换电路为反激电路, 当开关管关断期间, 变压器副边电流变化量 $\Delta I_2 = 2A$ 时, 其变压器变比 N_2 / N_1 、副边电感 L_2 为多少?

解: 1) 根据题意, 忽略开关管与二极管的通态压降, $M = \frac{U_o}{U_s} = \frac{N_2}{N_1} \rho$, 则

$$\frac{36}{60} = \frac{N_2}{N_1} \times 0.40$$

$$\frac{N_2}{N_1} = 1.5$$

----- (2 分)

开关周期

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

$$t_{on} = T_s \rho = 2.5 \times 10^{-5} \times 0.40 = 1 \times 10^{-5} (s)$$

由于

$$L \frac{\Delta I_L}{t_{on}} = U_s \frac{N_2}{N_1} - U_o$$

----- (2 分)

电流临界连续时 ΔI_L 等于 2 倍的输出电流 I_o , 则

$$L \frac{2 \times 1}{1 \times 10^{-5}} = 60 \times 1.5 - 36$$

$$L = 270 \mu H$$

----- (2 分)

2) 如果该变换电路为反激电路

$$t_{off} = T_s (1 - \rho) = 2.5 \times 10^{-5} \times (1 - 0.40) = 1.5 \times 10^{-5} (s)$$

----- (2 分)

根据

$$U_o = \frac{N_2}{N_1} \frac{t_{on}}{t_{off}} U_s$$

$$36 = \frac{N_2}{N_1} \frac{1 \times 10^{-5}}{1.5 \times 10^{-5}} \times 60$$

$$\frac{N_2}{N_1} = 0.9$$

----- (2 分)

电流临界连续时 ΔI_2 等于 2 倍的输出电流 I_o ,

$$U_o = -L_2 \frac{\Delta I_2}{t_{off}}$$

$$36 = -L_2 \frac{-2 \times 1}{1.5 \times 10^{-5}}$$

$$L_2 = 270 \mu H$$

----- (2 分)

3. (8分) 三相桥式全控整流电路, 交流侧电压 $U_2=220\text{V}$, 带反电动势电阻电感负载, 反电动势 $E=200\text{V}$, 电阻 $R=1\Omega$, 电感 L 值极大, 当控制角 $\alpha=60^\circ$ 时, 求:

- 1) 整流输出平均电压 U_d ;
- 2) 整流输出平均电流 I_d ;
- 3) 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

$$U_d = 2.34 U_2 \cos \alpha = 2.34 \times 220 \times \cos 60^\circ = 257 \text{ (V)} \quad \text{-----}(2\text{分})$$

- 2) 整流输出平均电流 I_d

$$I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{257 - 200}{1} = 57 \text{ (A)} \quad \text{-----}(2\text{分})$$

- 3) 通过晶闸管电流平均值 I_{dT} 和有效值 I_T

$$I_{dT} = \frac{I_d}{3} = \frac{57}{3} = 19 \text{ (A)} \quad \text{-----}(2\text{分})$$

$$I_T = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{57}{\sqrt{3}} = 33 \text{ (A)} \quad \text{-----}(2\text{分})$$

4. (7分) 单相桥式全控变流器, $U_2=220\text{V}$, 反电动势阻感负载, 负载中 $R=1\Omega$, L 值极大, 当反电动势 $E_M=-120\text{V}$, 逆变角 $\beta=60^\circ$ 时, 试求:

- 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 P_d 是多少?

解: (1) 整流输出平均电压 U_d

$$U_d = -0.9 U_2 \cos \beta = -0.9 \times 220 \times \cos 60^\circ = -99 \text{ (V)} \quad \text{-----}2 \text{ 分}$$

- (2) 整流输出平均电流 I_d :

$$I_d = \frac{U_d - E_M}{R} = \frac{-99 - (-120)}{1} = 21 \text{ (A)} \quad \text{-----} 2 \text{ 分}$$

- (3) 送回电网的有功功率 P_d

$$P_d = U_d I_d = (-99) \times 21 = -2079 \text{ (W)}$$

或者

$$P = E_M I_d + I_d^2 R = -120 \times 21 + 21^2 \times 1 = -2079 \text{ (W)} \quad \text{-----}3\text{分}$$

