

# 浙江工业大学期终考试命题稿

2016 /2017 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 2014 级
教师份数	10	学生份数	230
命题人	南余荣、陈国定、徐建明	审核人	
命题总页数	10 页	每份试卷需用白纸	2 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 2014 级

课程 《电力电子技术》 姓名 \_\_\_\_\_

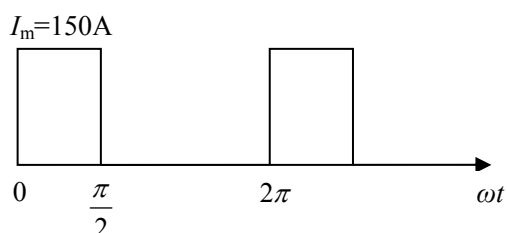
专业 \_\_\_\_\_ 班级 \_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_

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。可将答案直接写在试卷上。

### 一、填空题（20 分）

- （1 分）当晶闸管导通的电流小于 维持电流 时，晶闸管将从通态转为关断。
- （1 分）阻感负载的三相桥式全控整流电路，要求触发脉冲移相范围是 0~90。
- （1 分）IGBT、GTR、GTO 和电力 MOSFET、电力二极管中，没有电导调制效应的器件有：电力 MOSFET。
- （3 分）电力电子器件一般工作在 开关 状态；在器件开关频率很低情况下，电力电子器件功率损耗主要为 通态损耗，而当器件开关频率较高时，功率损耗主要为 开关损耗。
- （3 分）晶闸管串联时，给每只管子并联相同阻值的电阻  $R$  是 静态均压 措施，给每只管子并联  $RC$  支路是 动态均压 措施，当需同时串联和并联晶闸管时，应采用 先串后并 的方法。
- （2 分）有源逆变电路将直流侧电能传输到 交流电网，无源逆变电路将直流侧电能传输给 交流负载。
- （3 分）晶闸管通过图 1 所示的电流，峰值 150A，需要选择晶闸管的额定电流 100（A）。



$$\begin{aligned} I_T &= 75A, \\ I_{T(AV)} &= (1.5 \sim 2.0) I_T / 1.57 \\ &= 100A \end{aligned}$$

图 1 晶闸管通过电流波形

8. (2分) 根据电力电子器件驱动信号波形, 可将其分为①**脉冲触发**型和②**电平控制**型, ①型的器件有 晶闸管, GTO, ②型的器件有 IGBT、P-MOS。(2分) (每空答出一个就可以)。
9. (2分) 按照器件内部载流子参与导电情况分为 单极型器件、双极型器件和 复合型器件。
10. (2分) 控制角  $\alpha$ , 阻感负载的三相桥式全控整流电路在忽略换相过程和电流脉动时, 功率因数为  $0.955\cos\alpha$ 。

## 二、问答题(25分)

1. 电力电子器件并联使用时, 希望每个器件平均承担负载电流, 哪种电力电子器件可直接并联, 为什么? 说出其所具有的特性。(4分)

**答: 功率 MOS 管可直接并联使用, 因为其导通电阻具有正温度系数, 并联的器件具有自动均流能力。**

2. 有源逆变电路为什么要设置  $\beta_{\min}$  角? (4分)

**答: 有源逆变电路换流存在重叠现象, 如果逆变角很小, 会造成换相裕量不足, 换相还没有结束, 应关断的晶闸管会因为受正向电压而重新导通, 出现正的输出电压, 与直流侧电源造成短路, 形成很大的短路电流, 出现逆变失败或逆变颠覆。**

**为防止逆变失败, 必须设置  $\beta_{\min}$  角。**

3. 什么是分段同步调制? 为什么要采用分段同步调制? (5分)

**答: 分段同步调制是把逆变电路的输出频率划分为若干段, 每个频段的载波比一定, 不同频段采用不同的载波比。其优点主要是, 在高频段采用较低的载波比, 使载波频率不致过高, 可限制在功率器件允许的范围内。而在低频段采用较高的载波比, 以使载波频率不致过低而对负载产生不利影响。**

4. 电力电子电路过电压保护与过电流保护措施有哪些? (4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。**

**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。**

5. 交流调压电路和交流调功电路有什么区别？（4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。

6. 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。

②交流侧输出电压波形为矩形波，并且与负载阻抗角无关。

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。

三、波形分析题（25分）

1. （6分）电流可逆斩波电路如图3所示，按图约定参考方向，其输出电压  $u_o$ 、电流  $i_o$  波形如图2，试在图3上画出斩波电路各个阶段电流流通的路径，并标明电流方向。

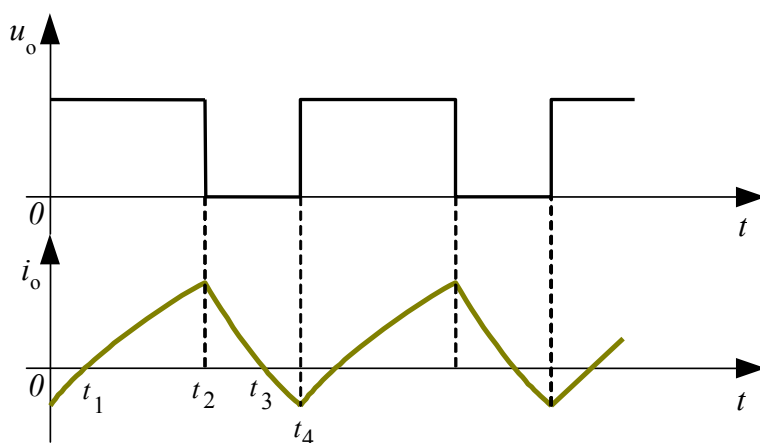


图2 电压  $u_o$ 、电流  $i_o$  波形

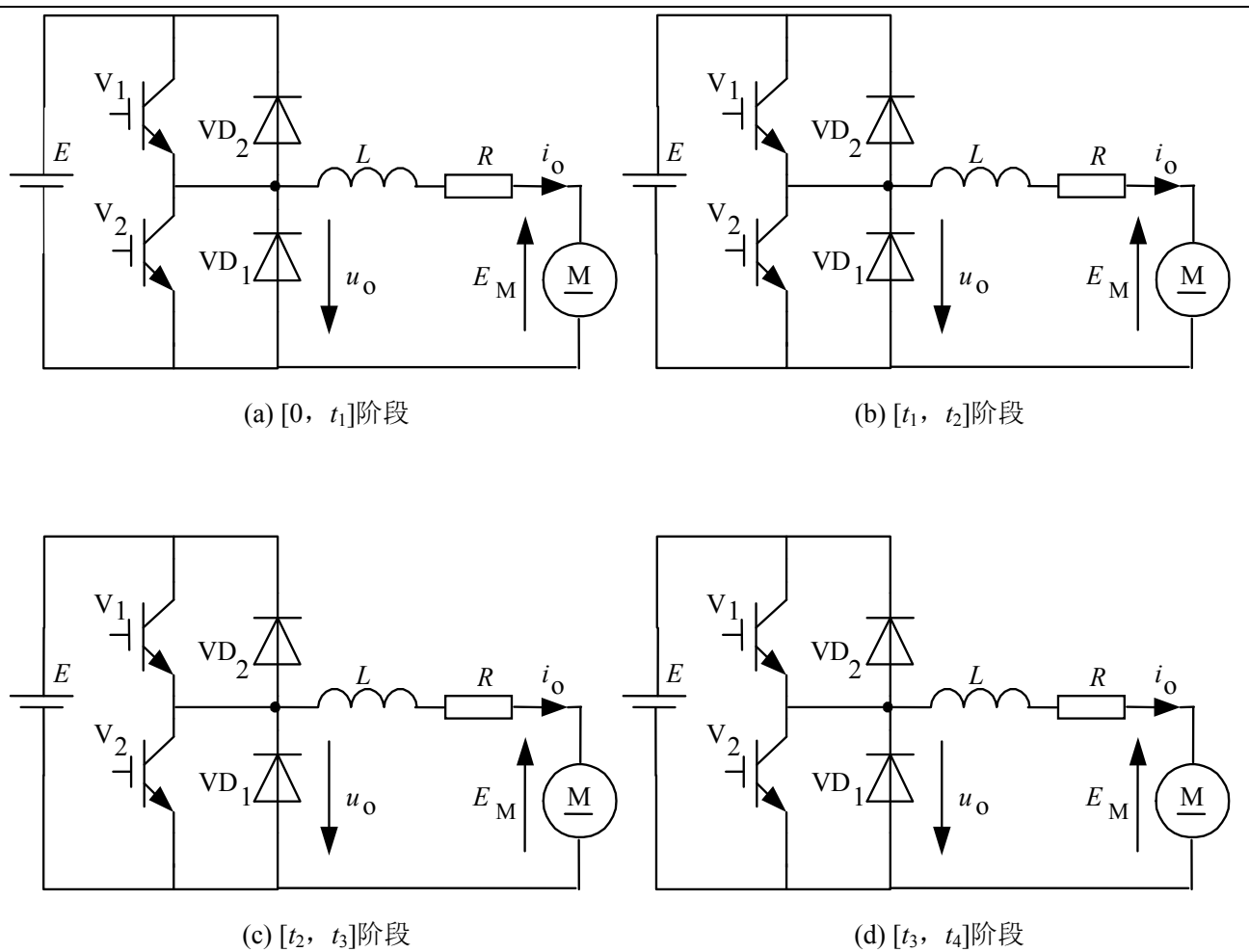


图 3 电流可逆斩波电路

2. (8 分) 三相桥式可控整流电路如图 4 所示, 大电感反电势负载, 试画出  $\beta = 60^\circ$  情况下  $u_d$ 、 $i_{VT3}$ 、 $i_b$ 、 $u_{VT3}$  的波形。请画在图 5 (a)、(b)、(c)、(d) 中。

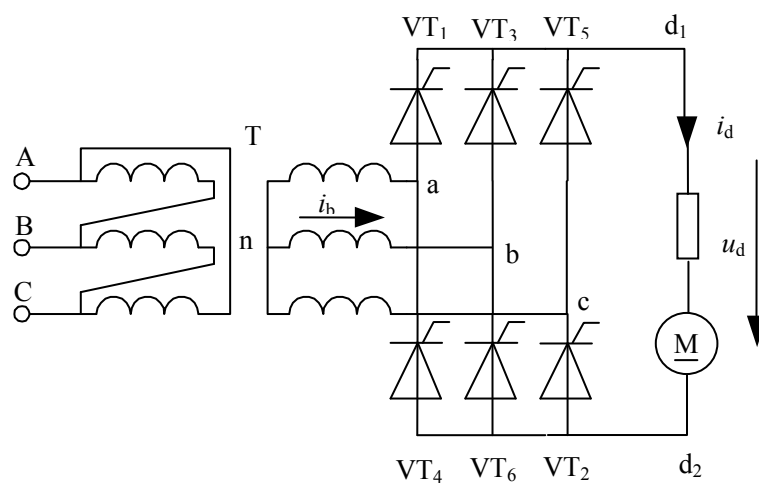
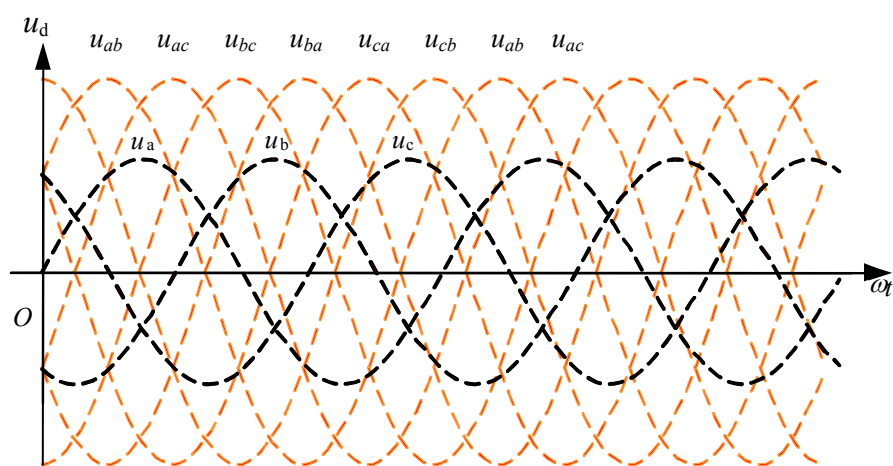
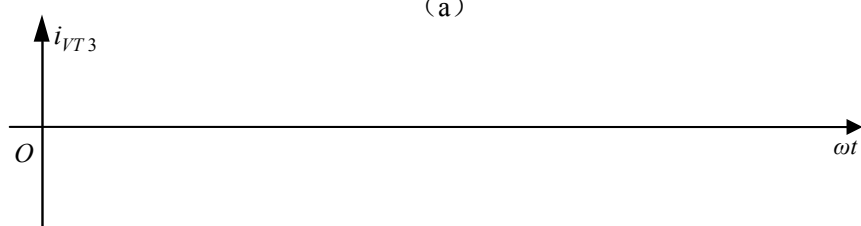


图 4 三相桥式可控整流电路



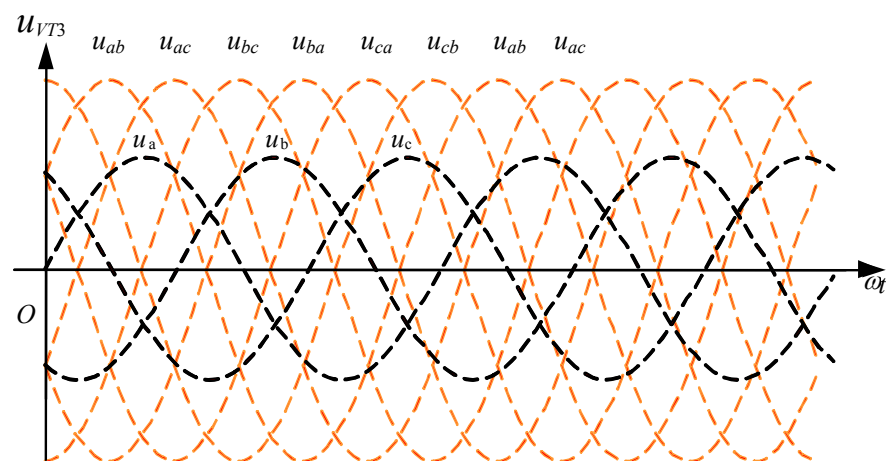
(a)



(b)



(c)



(d)

图 5  $u_d$ 、 $i_{VT3}$ 、 $i_b$ 、 $u_{VT3}$  的波形

3. （6 分）半桥逆变电路如图 6 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  $u_o$ 、通过负载的电流  $i_o$  如图 7 所示，试给出各个阶段导通的器件填如表中。

阶段	$0 \sim t_1$	$t_1 \sim t_2$	$t_2 \sim t_3$	$t_3 \sim t_4$
导通器件	<b>VD<sub>1</sub></b>	<b>V<sub>1</sub></b>	<b>VD<sub>2</sub></b>	<b>V<sub>2</sub></b>

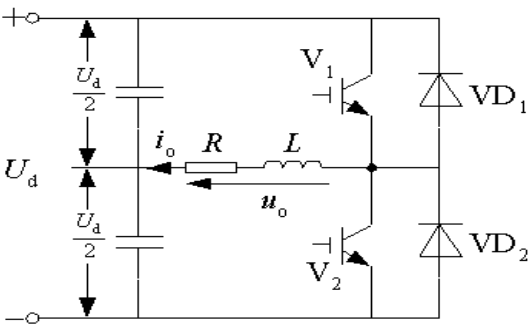


图 6 半桥逆变电路

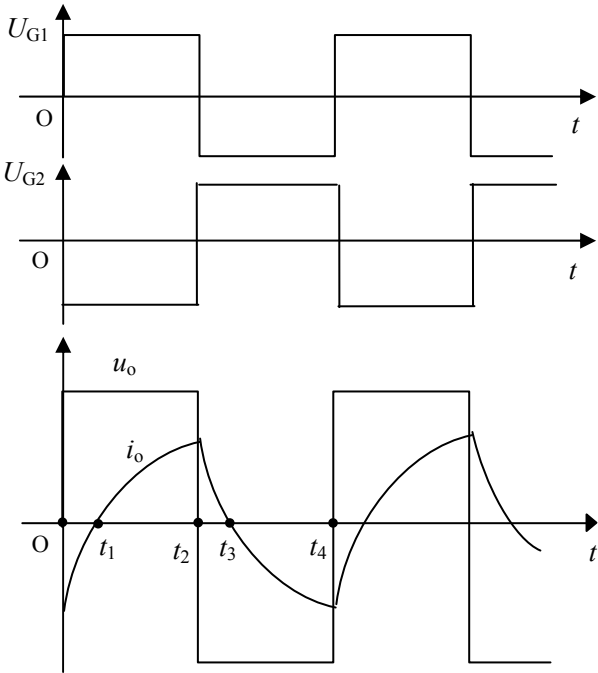


图 7 半桥逆变电路工作波形

4. （5 分）图 8(a)所示单相半波整流电路，电感性负载，工作波形如图 8(b)、(c)、(d)、(e)所示，试分析  $\omega t_1 \sim \omega t_4$  能量平衡关系，即交流电源  $u_2$ 、电感  $L$ 、电阻  $R$  输出能量、吸收能量，或者消耗能量情况，填入下表中。

时间段	$\omega t_1 \sim \omega t_2$	$\omega t_2 \sim \pi$	$\pi \sim \omega t_4$
交流电源 $u_2$	输出	输出	吸收
电感 $L$	储能	输出	输出
电阻 $R$	消耗	消耗	消耗

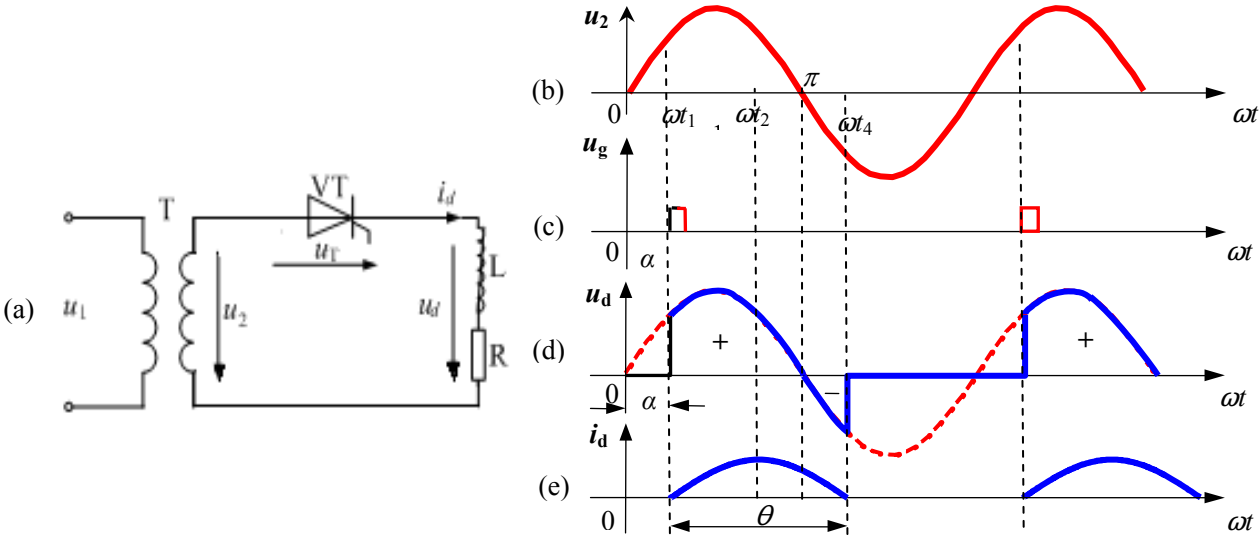


图 8 单相半波整流电路

四、计算题（30 分）

1. （12 分）单相全控桥，反电动势阻感负载， $R=1\Omega$ ， $L=\infty$ ， $U_2=100V$ ， $L=0.5mH$ ，当  $E_M= -99V$ ， $\beta=60^\circ$  时求  $U_d$ 、 $I_d$  和  $\gamma$  的值。

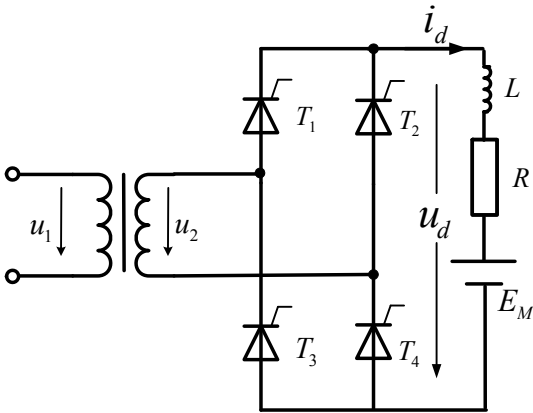


图 9 单相全控桥



解：由题意可列出如下3个等式：

$$U_d = 0.9U_2 \cos(\pi - \beta) - \Delta U_d \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

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

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

三式联立求解，得：

$$U_d = [\pi R 0.9U_2 \cos(\pi - \beta) + 2X_B E_M] / (\pi R + 2X_B)$$

$$= -49.91 \text{ (V)} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$I_d = 49.09 \text{ (A)} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$\text{又} \because \cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = \sqrt{2} I_d X_B / U_2 = 0.2181$$

即得出：

$$\cos(120^\circ + \gamma) = -0.7181$$

换流重叠角

$$\gamma = 135.9^\circ - 120^\circ = 15.9^\circ \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

2. (10分) 如图10所示升降压斩波电路，推导稳态时输入输出电压关系；已知  $E=100\text{V}$ ， $L$  值和  $C$  值极大， $R=20\Omega$ ，采用PWM控制方式，开关周期  $T=40\mu\text{s}$ ，导通时间  $t_{\text{on}}=25\mu\text{s}$  时，计算输出电压平均值  $U_o$  和输出电流平均值  $I_o$ 。

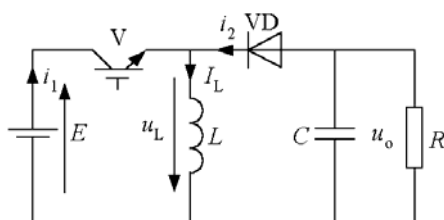


图10 升降压斩波电路

解：(1) 稳态时，一个周期  $T$  内电感  $L$  两端电压  $u_L$  对时间的积分为零，即  $\int_0^T u_L dt = 0$ 。V

处于通态  $u_L = E$ ；V 处于断态  $u_L = -u_o$ 。于是  $E t_{\text{on}} = U_o t_{\text{off}}$ ，所以输出电压为

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

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

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

3. (8分) 三相全控桥, 反电动势阻感负载,  $E=200\text{V}$ ,  $R=2\Omega$ ,  $L=\infty$ ,  $U_2=220\text{V}$ ,  $\alpha=60^\circ$ , 求: 整流输出平均电压  $U_d$ 、平均电流  $I_d$ 、晶闸管电流的平均值  $I_{dT}$  和有效值  $I_T$ 。

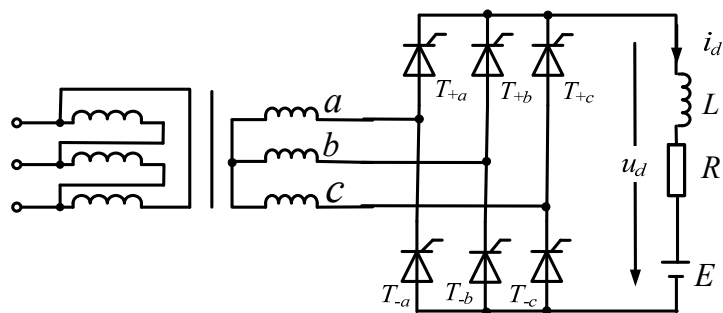


图 11 三相全控桥

解: 整流输出平均电压:  $U_d = 2.34 U_2 \cos \alpha = 2.34 \times 220 \times \cos 60^\circ = 254.7\text{V}$

平均电流  $I_d = (U_d - E) / R = (254.7 - 200) / 2 = 27.35\text{A}$

晶闸管电流的平均值  $I_{dT} = I_d / 3 = 27.35 / 3 = 9.12\text{A}$

晶闸管电流的有效值  $I_T = I_d / \sqrt{3} = 27.35 / \sqrt{3} = 15.7\text{A}$

(各 2 分)