

水通网
| 电力电子习题答案



《电力电子技术》习题及解答

1 晶闸管的导通条件是什么？导通后流过晶闸管的电流和负载上的电压由什么决定？

答：晶闸管的导通条件是：晶闸管阳极和阳极间施加正向电压，并在门极和阳极间施加正向触发电压和电流（或脉冲）。

导通后流过晶闸管的电流由负载阻抗决定，负载上电压由输入阳极电压 U_A 决定。

2 晶闸管的关断条件是什么？如何实现？晶闸管处于阻断状态时其两端的电压大小由什么决定？

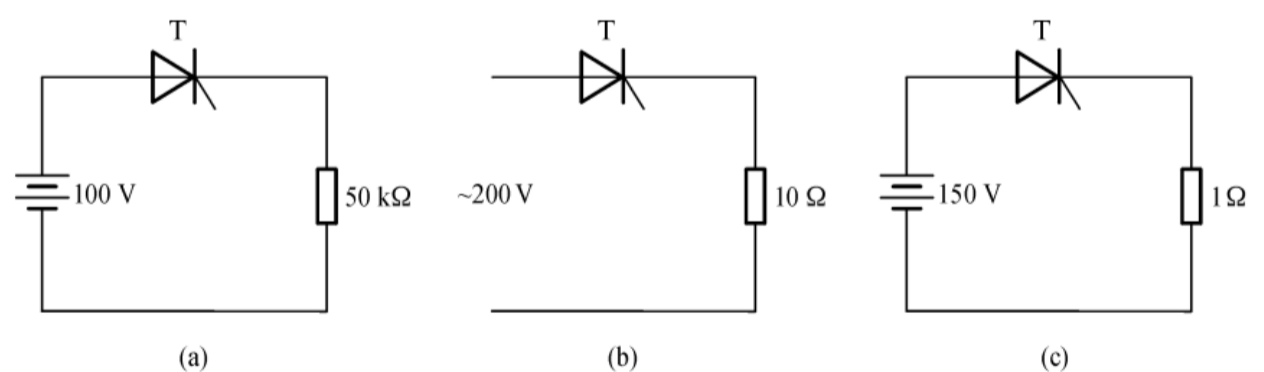
答：晶闸管的关断条件是：要使晶闸管由正向导通状态转变为阻断状态，可采用阳极电压反向使阳极电流 I_A 减小， I_A 下降到维持电流 I_H 以下时，晶闸管内部建立的正

反馈无法进行。进而实现晶闸管的关断，其两端电压大小由电源电压 U_A 决定。

3 温度升高时，晶闸管的触发电流、正反向漏电流、维持电流以及正向转折电压和反向击穿电压如何变化？

答：温度升高时，晶闸管的触发电流随温度升高而减小，正反向漏电流随温度升高而增大，维持电流 I_H 会减小，正向转折电压和反向击穿电压随温度升高而减小。

7 型号为 KP100-3，维持电流 $I_H = 4\text{mA}$ 的晶闸管，使用在图题 1.8 所示电路中是否合理，为什么？(暂不考虑电压电流裕量)



图题

1.8

答：(a) 因为 $I_A = \frac{100\text{V}}{50\text{K}} = 2\text{mA} < I_H$ ，所以不合

理。

(b) 因为 $I_A = \frac{200V}{10} = 20A$ ，KP100 的电流额定值为 100 A，裕量达 5 倍，太大了。

(c) 因为 $I_A = \frac{150V}{1} = 150A$ ，大于额定值，所以不合理。

8 图题 1.9 中实线部分表示流过晶闸管的电流波形，其最大值均为 I_m ，试计算各图的电流平均值、电流有效值和波形系数。

解：图 (a)：

$$I_{T(AV)} = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} I_m \sin t \, dt = \frac{I_m}{\pi}$$

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^{\pi} (I_m \sin t)^2 \, dt} =$$

$$\frac{I_m}{2}$$

$$K_f = \frac{I_T}{I_{T(AV)}} = 1.57$$

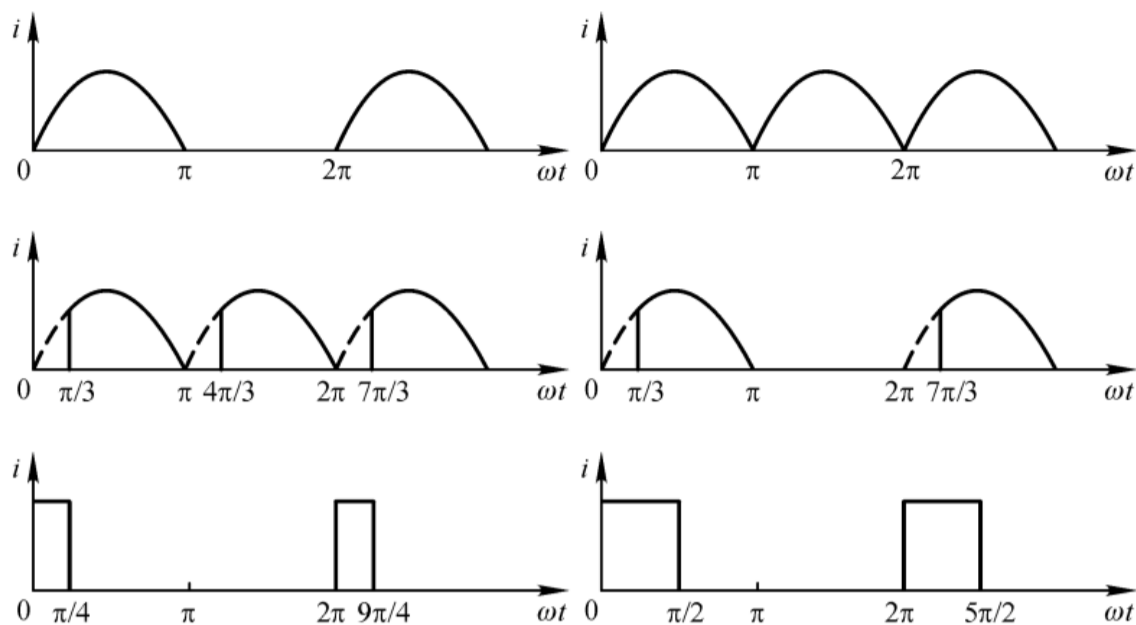


图 题

1. 9

图 (b):

$$I_{T(AV)} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin t \, dt =$$

$$\frac{2}{\pi} I_m$$

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (I_m \sin t)^2 \, dt} =$$

$$\frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$K_f = \frac{I_T}{I_{T(AV)}} = 1.11$$

图 (c):

$$I_{T(AV)} = \frac{1}{\frac{\pi}{3}} \int_0^{\frac{\pi}{3}} I_m \sin t \, dt =$$

$$\frac{3}{2} I_m$$

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{\frac{\pi}{3}} \int_0^{\frac{\pi}{3}} (I_m \sin t)^2 \, dt} =$$

$$I_m \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{\sqrt{3}}{8}} = 0.63I_m$$

$$K_f = \frac{I_T}{I_{T(AV)}} = 1.26$$

图

(d)

:

$$I_{T(AV)} = \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{3}} I_m \sin t dt = \frac{3}{4} I_m$$

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{3}} (I_m \sin t)^2 dt} =$$

$$I_m \sqrt{\frac{1}{6} + \frac{\sqrt{3}}{6}} = 0.52I_m$$

$$K_f = \frac{I_T}{I_{T(AV)}} = 1.78$$

图 (e)

$$I_{T(AV)} = \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{4}} I_m dt = \frac{I_m}{8}$$

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{4}} I_m^2 dt} = \frac{I_m}{2\sqrt{2}}$$

$$K_f = \frac{I_T}{I_{T(AV)}} = 2.83$$

图 (f)

$$I_{T(AV)} = \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_m dt = \frac{I_m}{4}$$

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_m^2 dt} = \frac{I_m}{2}$$

$$K_f = \frac{I_T}{I_{T(AV)}} = 2$$

9 上题中，如不考虑安全裕量，问额定电流 100A 的晶闸管允许流过的平均电流分别是多少？

解：(a)图波形系数为 1.57，则有：

$$1.57 I_{T(AV)} = 1.57 \times 100A, \quad I_{T(AV)} = 100A$$

(b)图波形系数为 1.11，则有：

$$1.11 I_{T(AV)} = 1.57 \times 100A, \quad I_{T(AV)} = 141.4A$$

(c)图波形系数为 1.26，则有：

$$1.26 I_{T(AV)} = 1.57 \times 100A, \quad I_{T(AV)} = 124.6A$$

(d)图波形系数为 1.78 则有：

$$1.78 I_{T(AV)} = 1.57 \times 100A, \quad I_{T(AV)} = 88.2A$$

(e)图波形系数为 2.83，则有：

$$2.83 I_{T(AV)} = 1.57 \times 100A, \quad I_{T(AV)} = 55.5A$$

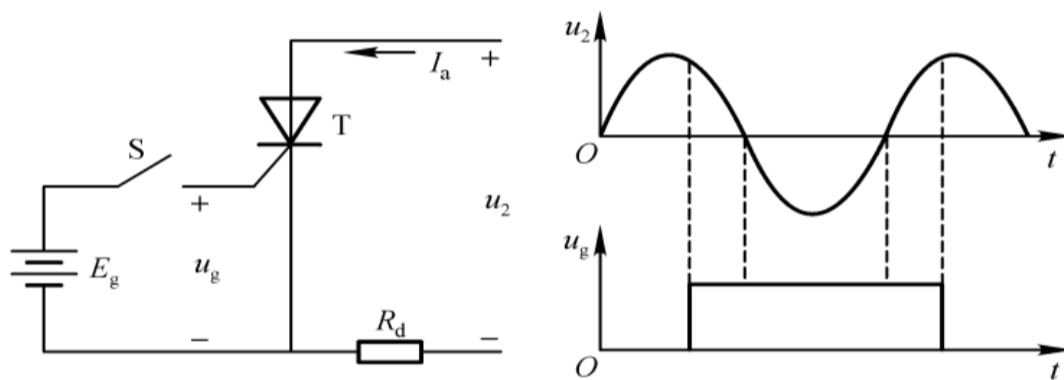
(f)图波形系数为 2，则有：

$$2 I_{T(AV)} = 1.57 \times 100A, \quad I_{T(AV)} = 78.5A$$

10 某晶闸管型号规格为 KP200-8D，试问型号规格代表什么意义？

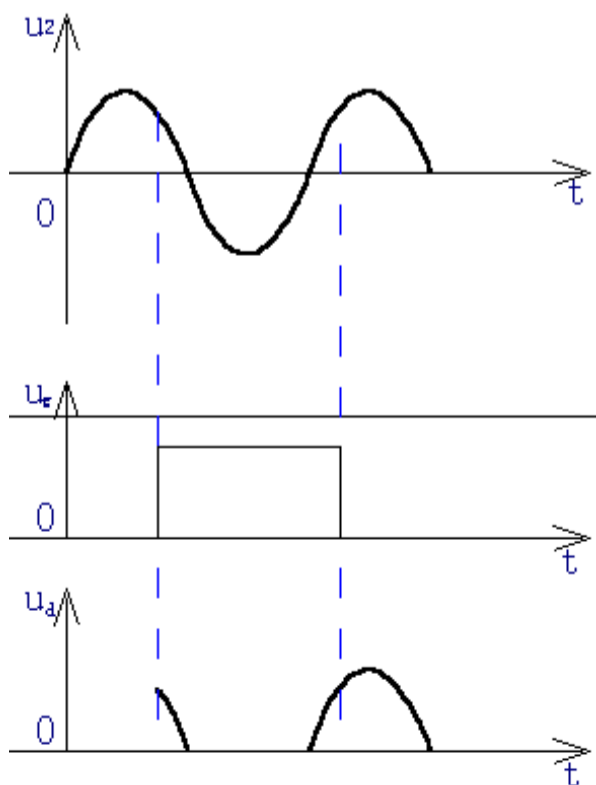
解：KP 代表普通型晶闸管，200 代表其晶闸管的额定电流为 200A，8 代表晶闸管的正反向峰值电压为 800V，D 代表通态平均压降为 $0.6V$ U_T $0.7V$ 。

11 如图题 1.12 所示，试画出负载 R_d 上的电压波形 (不考虑管子的导通压降)。



图题 1.12

解：其波形如下图所示：



12 单相正弦交流电源，晶闸管和负载电阻串联如图题 1.14 所示，交流电源电压有效值为 220V。

(1)考虑安全余量，应如何选取晶闸管的额定电压？

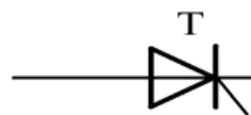
(2)若当电流的波形系数为 $K_f=2.22$ 时，通过晶闸管的有效电流为 100A，考虑晶闸管的安全余量，应如何选择晶闸管的额定电流？

解：(1) 考虑安全余量，取实际工作电压的 2 倍

$$U_T = 220 \times 2 \times \sqrt{2} = 622V, \quad \text{取 } 600V$$

(2) 因为 $K_f=2.22$ ，取两倍的裕量，则：

$$\text{得：} \quad I_{T(AV)} = \frac{2.22 \times 100A}{2} = 111(A) \quad \text{取 } 100A。$$



~200 V

图题 1.14

13 什么叫 GTR 的一次击穿?什么叫 GTR 的二次击穿?

答: 处于工作状态的 GTR, 当其集电极反偏电压 U_{CE} 渐增大电压定额 BU_{CEO} 时, 集电极电流 I_C 急剧增大 (雪崩击穿), 但此时集电极的电压基本保持不变, 这叫一次击穿。

发生一次击穿时, 如果继续增大 U_{CE} , 又不限制 I_C , I_C 上升到临界值时, U_{CE} 突然下降, 而 I_C 继续增大 (负载效应), 这个现象称为二次击穿。

14 怎样确定 GTR 的安全工作区 SOA?

答: 安全工作区是指在输出特性曲线图上 GTR 能够安全运行的电流、电压的极限范

围。按基极偏量分类可分为：正偏安全工作区 FBSOA 和反偏安全工作区 RBSOA。正偏工作区又叫开通工作区，它是基极正向偏量条件下由 GTR 的最大允许集电极功耗 P_{CM} 以及二次击穿功率 P_{SB} ， I_{CM} ， BU_{CEO} 四条限制线所围成的区域。反偏安全工作区又称为 GTR 的关断安全工作区，它表示在反向偏置状态下 GTR 关断过程中电压 U_{CE} ，电流 I_C 限制界线所围成的区域。

15GTR 对基极驱动电路的要求是什么？

答：要求如下：

- (1) 提供合适的正反向基流以保证 GTR 可靠导通与关断，
- (2) 实现主电路与控制电路隔离，
- (3) 自动保护功能，以便在故障发生时快速自动切除驱动信号避免损坏 GTR 。
- (4) 电路尽可能简单，工作稳定可靠，

抗干扰能力强。

16 在大功率 GTR 组成的开关电路中为什么要加缓冲电路？

答：缓冲电路可以使 GTR 在开通中的集电极电流缓升，关断中的集电极电压缓升，避免了 GTR 同时承受高电压、大电流。另一方面，缓冲电路也可以使 GTR 的集电极电压变化率 $\frac{du}{dt}$ 和集电极电流变化率 $\frac{di}{dt}$ 得到有效值抑制，减小开关损耗和防止高压击穿和硅片局部过热熔通而损坏 GTR。

17 与 GTR 相比功率 MOS 管有何优缺点？

答：GTR 是电流型器件，功率 MOS 是电压型器件，与 GTR 相比，功率 MOS 管的工作速度快，开关频率高，驱动功率小且驱动电路简单，无二次击穿问题，安全工作区宽，并且输入阻抗可达几十兆欧。

但功率 MOS 的缺点有：电流容量低，承

受反向电压小。

18 试简述功率场效应管在应用中的注意事项。

答：(1) 过电流保护，(2) 过电压保护，(3) 过热保护，(4) 防静电。

19 与 GTR 、VDMOS 相比，IGBT 管有何特点？

答：IGBT 的开关速度快，其开关时间是同容量 GTR 的 1/10，IGBT 电流容量大，是同容量 MOS 的 10 倍；与 VDMOS、GTR 相比，IGBT 的耐压可以做得很高，最大允许电压 U_{CEM} 可达 4500V，IGBT 的最高允许结温 T_{JM} 为 150°C，而且 IGBT 的通态压降在室温和最高结温之间变化很小，具有良好的温度特性；通态压降是同一耐压规格 VDMOS 的 1/10，输入阻抗与 MOS 同。

20 在 SCR 、GTR 、IGBT 、GTO 、MOSFET 、IGCT 及 MCT 器件中，哪些器

件可以承受反向电压？哪些可以用作静态交流开关？

答：SCR、GTR、IGBT、GTO、MCT都可承受反向电压。SCR可以用作静态开关。

21 试说明有关功率 MOSFET 驱动电路的特点。

答：功率 MOSFET 驱动电路的特点是：输入阻抗高，所需驱动功率小，驱动电路简单，工作频率高。

22 什么是整流？它与逆变有何区别？

答：整流就是把交流电能转换成直流电能，而将直流转换为交流电能称为逆变，它是对应于整流的逆向过程。

23 单相半波可控整流电路中，如果：

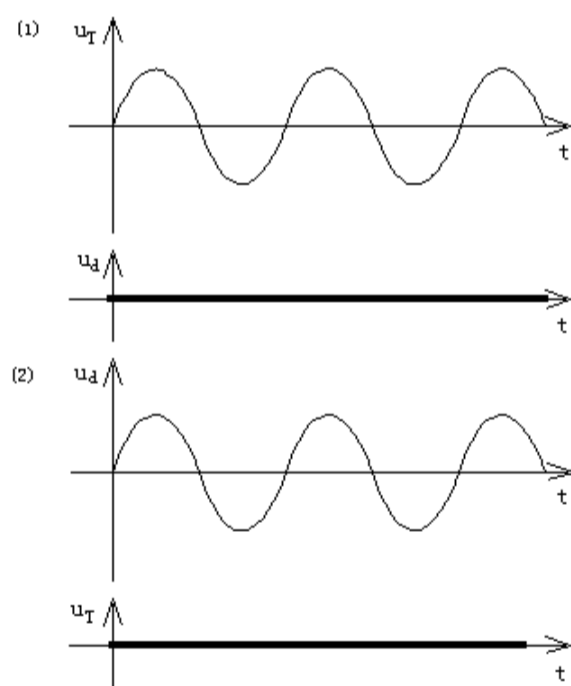
- (1) 晶闸管门极不加触发脉冲；
- (2) 晶闸管内部短路；
- (3) 晶闸管内部断开；

试分析上述三种情况负载两端电压 u_d 和晶闸管两端电压 u_T 的波形。

答：(1) 负载两端电压为 0，晶闸管上电压波形与 U_2 相同；

(2) 负载两端电压为 U_2 ，晶闸管上的电压为 0；

(3) 负载两端电压为 0，晶闸管上的电压为 U_2 。

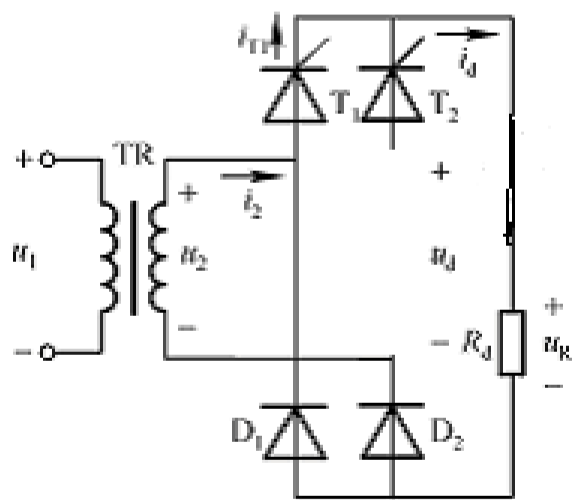


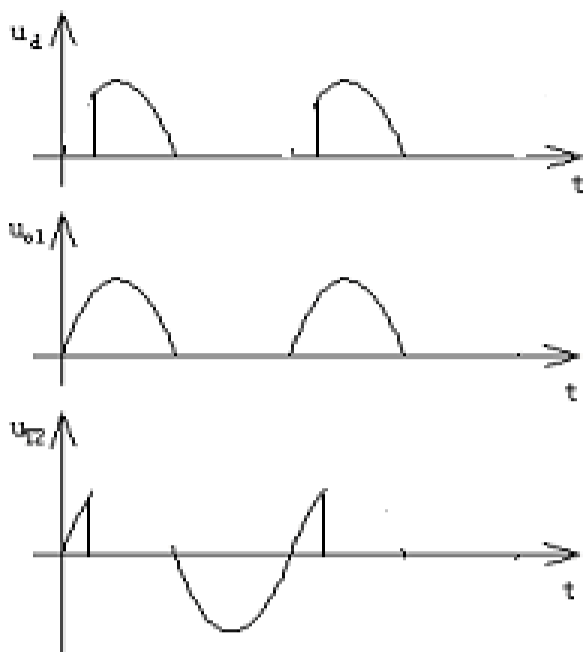
24 某单相全控桥式整流电路给电阻性负载和大电感负载供电，在流过负载电流平均值相同的情况下，哪一种负载的晶闸管额定电流应选择大一些？

答：带大电感负载的晶闸管额定电流应选择小一些。由于具有电感，当其电流增大时，在电感上会产生感应电动势，抑制电流增加。电阻性负载时整流输出电流的峰值大些，在流过负载电流平均值相同的情况下，为防此时管子烧坏，应选择额定电流大一些的管子。

25 某电阻性负载的单相半控桥式整流电路，若其中一只晶闸管的阳、阴极之间被烧断，试画出整流二极管、晶闸管两端和负载电阻两端的电压波形。

解：设 $\alpha = 0$ ， T_2 被烧坏，如下图：





26 相控整流电路带电阻性负载时，负载电阻上的 U_d 与 I_d 的乘积是否等于负载有功功率，为什么？带大电感负载时，负载电阻 R_d 上的 U_d 与 I_d 的乘积是否等于负载有功功率，为什么？

答：相控整流电路带电阻性负载时，负载电阻上的平均功率 $P_d = U_d I_d$ 不等于负载有功功率 P_{UI} 。因为负载上的电压、电流是非正弦波，除了直流 U_d 与 I_d 外还有谐波分量 U_1, U_2, \dots 和 I_1, I_2, \dots ，负载上有功功率为

$$P = \sqrt{P_d^2 + P_1^2 + P_2^2} > P_d = U_d I_d$$

相控整流电路带大电感负载时，虽然 U_d 存在谐波，但电流是恒定的直流，故负载电

阻 R_d 上的 U_d 与 I_d 的乘积等于负载有功功率。

27 某电阻性负载, $R_d=50\ \Omega$, 要求 U_d 在 $0\sim 600V$ 可调, 试用单相半波和单相全控桥两种整流电路来供给, 分别计算:

- (1) 晶闸管额定电压、电流值;
- (2) 连接负载的导线截面积 (导线允许电流密度 $j=6A / mm^2$);
- (3) 负载电阻上消耗的最大功率。

解: (1) 单相半波

$$\text{时, } U_d = \frac{U_2}{0.45} = \frac{600}{0.45} = 1333V, \quad I_d = \frac{U_d}{R_d} = \frac{600}{50} = 12A$$

晶 闸 管 的 最 大 电 流 有 效 值

$$I_T = 1.57 I_d = 18.8A$$

晶 闸 管 额 定 电 流 为

$$I_{T(AV)} = \frac{I_T}{1.57} = 12(A)$$

晶 闸 管 承 受 最 大 电 压 为

$$U_{RM} = \sqrt{2} U_2 = 1885V$$

取 2 倍安全裕量，晶闸管的额定电压、额定电流分别为 4000V 和 30A。

所选导线截面积为

$$S = \frac{I}{J} = \frac{18.8}{6} = 3.13 \text{mm}^2$$

负载电阻上最大功率

$$P_R = I_T^2 R = 17.7 \text{kW}$$

(2) 单相全控桥

时, $U_d = \frac{U}{0.9} = \frac{600}{0.9} = 667 \text{V}$, $I_d = \frac{U_d}{R_d} = \frac{600}{50} = 12 \text{A}$

负载电流有效值

$$I_d = 1.11 I_d = 13.3 \text{A} \quad (K_f = 1.11)$$

晶闸管的额定电流为

$$I_{T(AV)} = \frac{I_d}{1.57} = 6 \text{A} \quad I_T = \frac{I_d}{\sqrt{2}}$$

晶闸管承受最大电压为

$$U_{RM} = \sqrt{2} U_d = 1885 \text{V}$$

取 2 倍安全裕量，晶闸管的额定电压、额定电流分别为 4000V 和 20A。

所选导线截面积为

$$S = \frac{I}{J} = \frac{13.3}{6} = 2.22 \text{mm}^2$$

负载电阻上最大功率

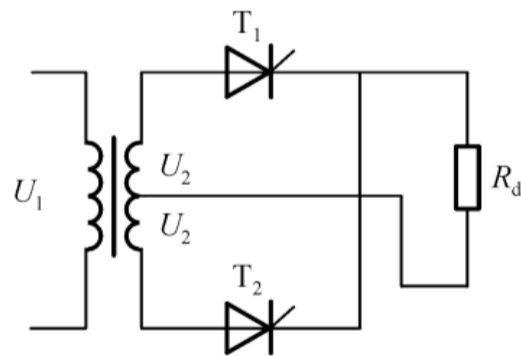
$$P_R = I^2 R = 8.9 \text{ kW}$$

28 整流变压器二次侧中间抽头的双半波相控整流电路如图题 2.8 所示。

(1) 说明整流变压器有无直流磁化问题？

(2) 分别画出电阻性负载和大电感负载在 $\alpha = 60^\circ$ 时的输出电压 U_d 、电流 i_d 的波形，比较与单相全控桥式整流电路是否相同。若已知 $U_2 = 220 \text{ V}$ ，分别计算其输出直流电压值 U_d 。

(3) 画出电阻性负载 $\alpha = 60^\circ$ 时晶闸管两端的电压 u_T 波形，说明该电路晶闸管承受的最大反向电压为多少？



图题 2.8

解：(1) 因为在一个周期内变压器磁通增量为零，所以没有直流磁化。

(2) 其波形如下图所示，与单相全控桥式整流电路相同。

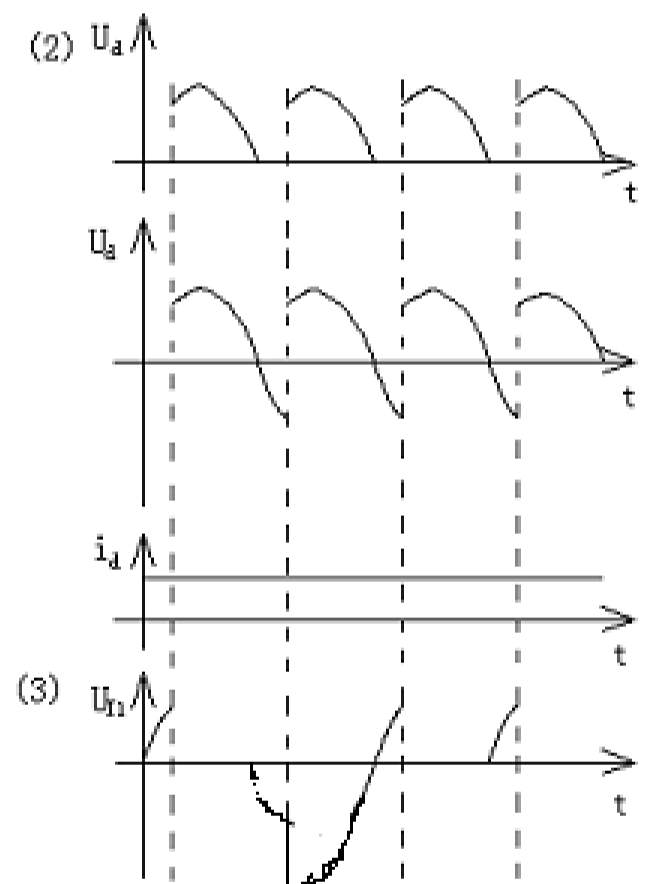
电 阻 性 负 载 :

$$U_d = 0.9U_2 \frac{1 + \cos\alpha}{2} = \frac{0.9 \times 220 \times (1 + \cos 60^\circ)}{2} = 148.5V$$

感性负载:

$$U_d = 0.9U_2 \cos\alpha = 99V$$

(3)其波形如下图所示，晶闸管承受的最大反向电压为 $2\sqrt{2}U_2$ 。



29 三相半波相控整流电路带大电感负载， $R_d = 10 \Omega$ ，相电压有效值 $U_2 = 220V$ 。求 $\alpha = 45^\circ$ 时负载直流电压 U_d 、流过晶闸管的平

均电流 I_{dT} 和有效电流 I_T ，画出 u_d 、 i_{T2} 、 u_{T3} 的波形。

解：
$$U_d = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{3}} \sqrt{2} U_2 \sin \alpha \cos \left(\frac{5}{6} - \alpha \right) = 1.17 U_2 \cos 45^\circ$$

因为：
$$U_2 = 220V, \alpha = 45^\circ$$

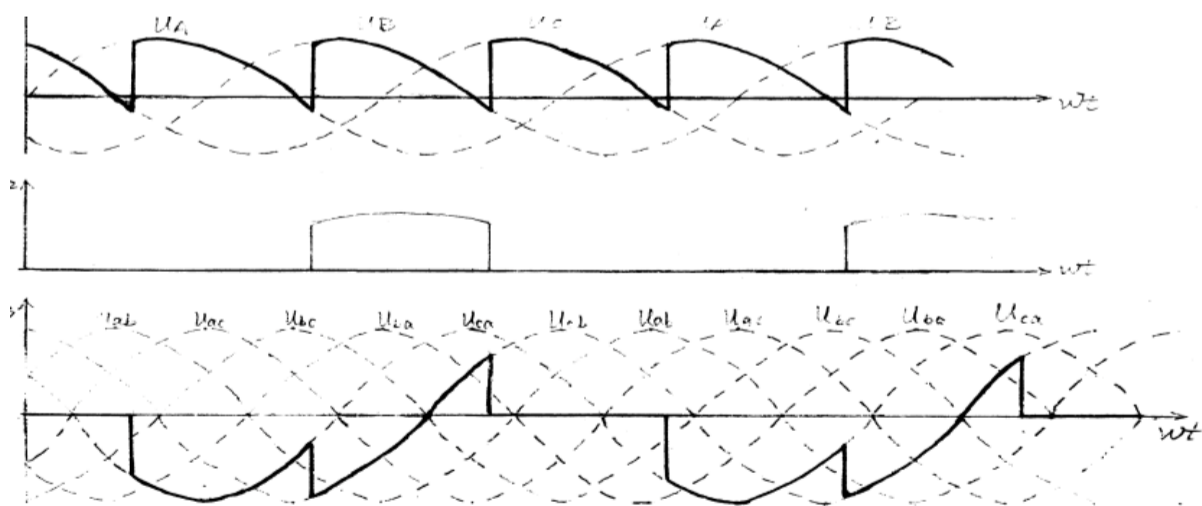
$$U_d = 1.17 U_2 \cos 45^\circ = 182V$$

$$I_d = \frac{U_d}{R_d} = \frac{182V}{10} = 18.2A$$

$$I_{dT} = \frac{1}{2} I_d = \frac{1}{3} I_d = 6.1A$$

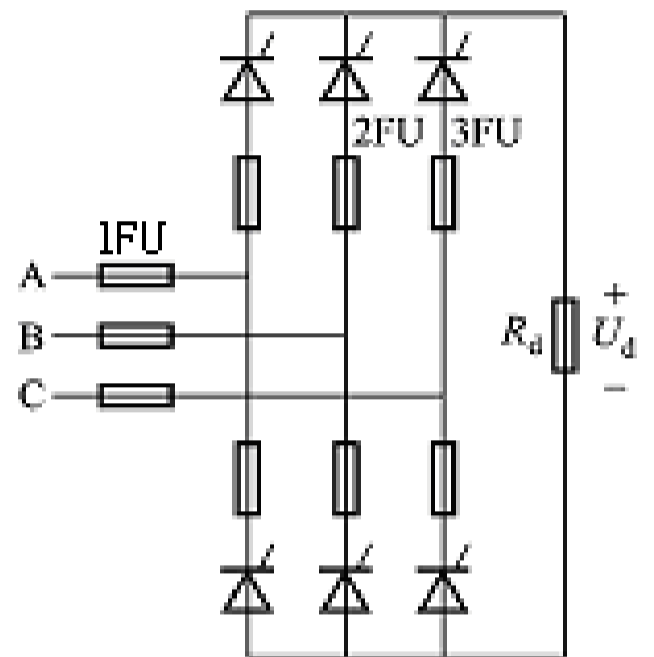
$$I_T = \sqrt{\frac{1}{2}} I_d = \frac{1}{\sqrt{3}} I_d = 10.5A$$

u_d 、 i_{T2} 、 u_{T3} 波形图如下所示：



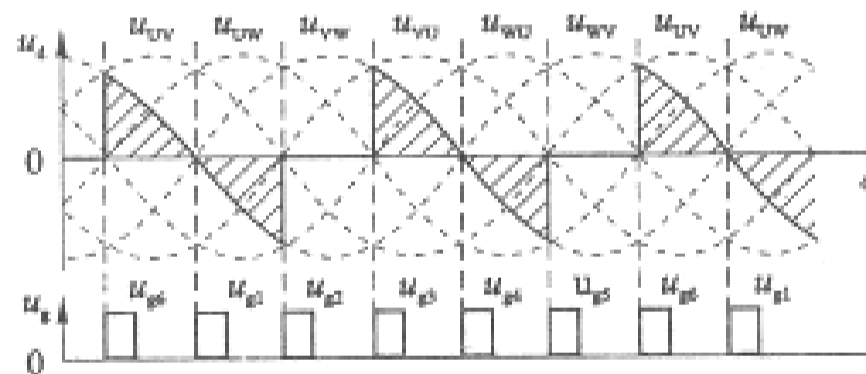
30 在图题 2.11所示电路中，当 $\alpha = 60^\circ$ 时，画出下列故障情况下的 u_d 波形。

- (1) 熔断器 1FU 熔断。
- (2) 熔断器 2FU 熔断。
- (3) 熔断器 2FU、3FU 同时熔断。

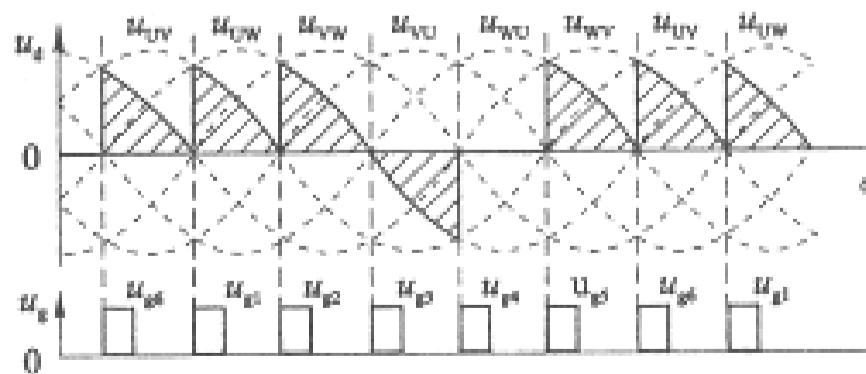


图题 2.11

解：这三种情况下的波形图如下所示：

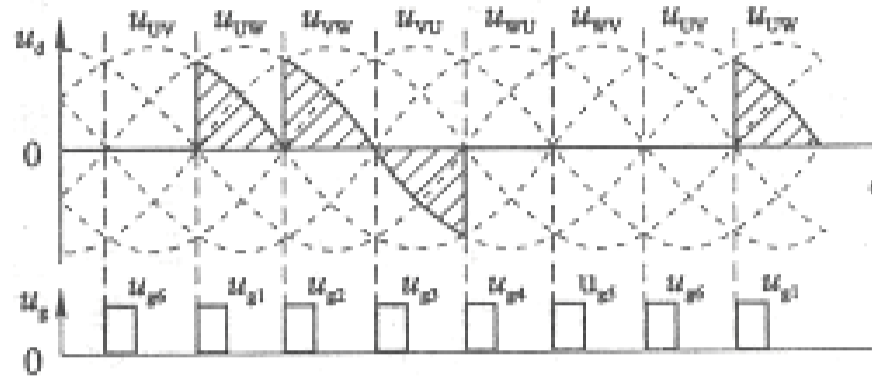


(a)



(b)

单相半波



(c)

31 现有单相半波、单相桥式、三相半波三种整流电路带电阻性负载，负载电流 I_d 都是 40A，问流过与晶闸管串联的熔断器的平均电流、有效电流各为多大？

解：设 $I_d = 40A$

单相半波： $I_{dT} = I_d = 40A$

$$I_T = 1.57 I_{dT} = 62.8A$$

($K_f = 1.57$)

单相桥式： $I_{dT} = \frac{1}{2} I_d = 20A$

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{2}} I_d = 28.3A$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/92801115075007005>