

武汉大学 2012-2013 学年度第一学期
《电力电子技术》期末试卷 (A) (时间: 150 分钟)

班级:

姓名:

学号:

得分:

一、简答题: (8 × 5 分 = 40 分)

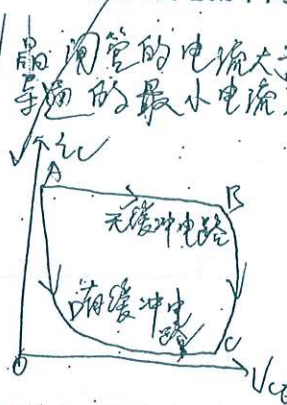
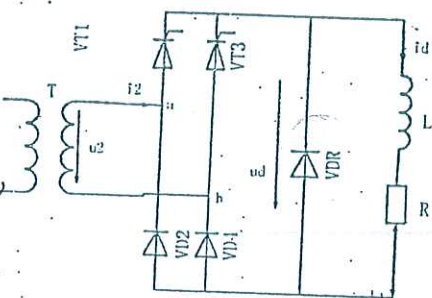
1、什么是电力电子技术? 为何电力电子器件一般工作在开关状态?

2、按照驱动电路加在电力电子器件控制端和公共端之间信号的性质, 可以将电力电子器件分为哪几类? 各类电力电子器件的优缺点是什么?

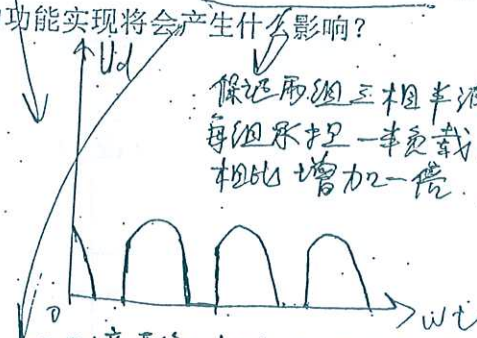
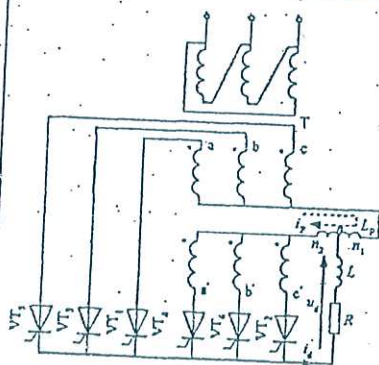
3、晶闸管导通条件是什么? 维持晶闸管导通条件是什么? 怎样才能使晶闸管由导通变为关断?

4、从降低电力电子器件损耗的角度考虑, 分析缓冲电路与软开关的工作方式。

5、单相桥式半控整流电路中, 电感 L 足够大 (负载电流不间断), 画出 $\alpha = 30^\circ$ 时输出电压 U_d 的波形。



6、带平衡电抗器的双反星形可控整流电路中, 平衡电抗器的作用是什么? 如果没有平衡电抗器, 那么该电路的功能实现将会产生什么影响?



7、画出降压斩波电路图并简述其工作原理。

批准:

[Signature]

武汉大学 2012-2013 学年度第一学期
《电力电子技术》期末试卷 (A) (时间: 150 分钟)

班级:

姓名:

学号:

得分:

一、简答题: (8 × 5 分 = 40 分)

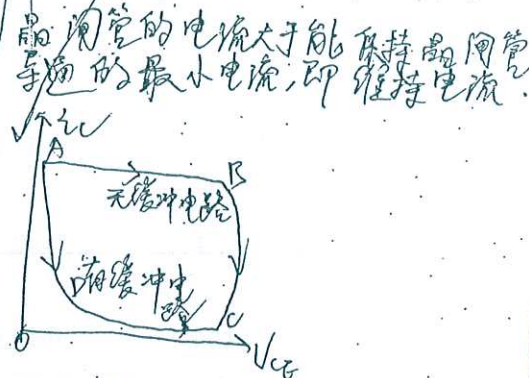
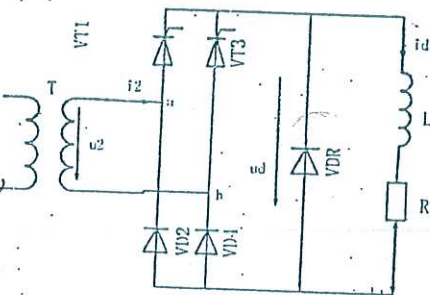
1、什么是电力电子技术? 为何电力电子器件一般工作在开关状态?

2、按照驱动电路加在电力电子器件控制端和公共端之间信号的性质, 可以将电力电子器件分为哪几类? 各类电力电子器件的优缺点是什么?

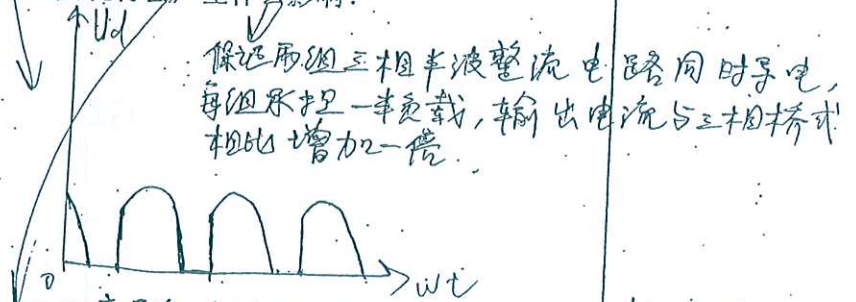
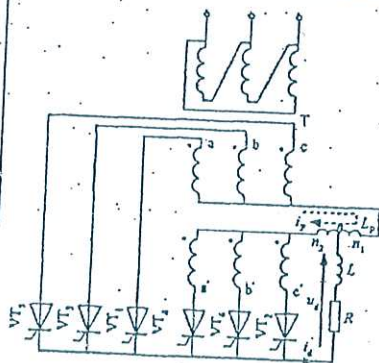
3、晶闸管导通条件是什么? 维持晶闸管导通条件是什么? 怎样才能使晶闸管由导通变为关断?

4、从降低电力电子器件损耗的角度考虑, 分析缓冲电路与软开关的工作方式。

5、单相桥式半控整流电路中, 电感 L 足够大 (负载电流不间断), 画出 $\alpha = 30^\circ$ 时输出电压 U_d 的波形。



6、带平衡电抗器的双反星形可控整流电路中, 平衡电抗器的作用是什么? 如果没有平衡电抗器, 那么该电路的功能实现将会产生什么影响?



7、画出降压斩波电路图并简述其工作原理。

批准:

[Signature]

电力电子技术

第 1 页 共 4 页

$\frac{1}{2} \times \frac{6}{10}$ 不考
 $\Delta = \frac{\text{相电压基波幅值}}{\frac{U_d}{2}}$ 直接判
 $\frac{\text{线电压基波幅值}}{U_d}$

软开关概念目的

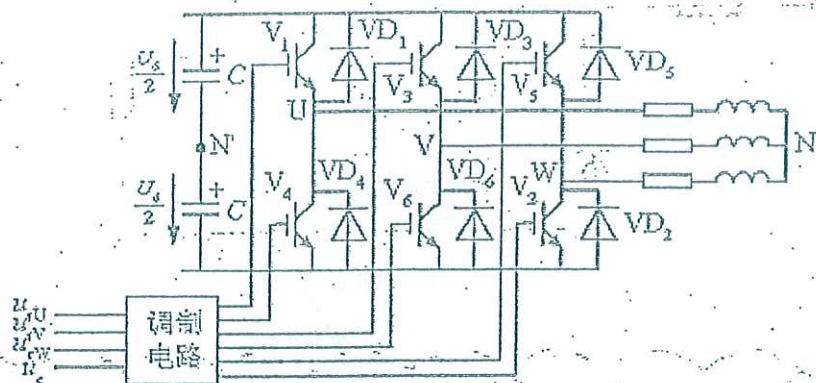
8、什么是载波比？同步调制和异步调制的优缺点是什么？

脉冲个数不固定，前为半周期脉冲不对称

二、计算题（2 × 15分 = 30分）

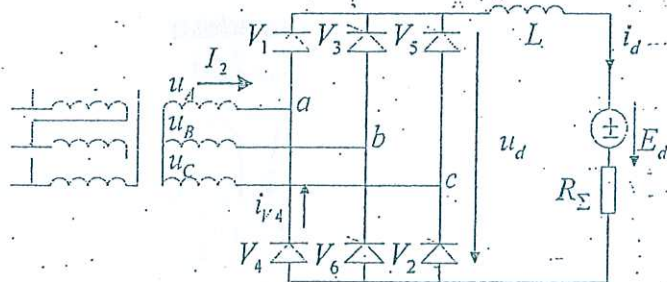
市电周期不对称同是

1、对于三相桥式 PWM 逆变电路，三相对称阻感负载，直流侧电压 $U_d = 1000V$ ，输出线电压为 $380V/50Hz$ ，采用三角波调制方式，求：



- (1) 计算调制度： $f_c = 3000Hz$ $\Delta =$
- (2) 载波频率为 $3000Hz$ ，计算载波比，每个电力电子器件的开关频率是多少？ $3000Hz$
- (3) 采用什么方式防止一个桥臂上下两个电力电子器件的直通；

2、三相桥式全控变流电路如图所示，反电动势阻感负载， $u_A = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ ， $U_2 = 220V$ ， $R = 1\Omega$ ， L 值极大， $E_d = -400V$ ， $L_B = 1mH$ ， $\alpha = 120^\circ$ ；计算 U_d 及电机回馈给系统的功率是多少？（提示：对于三相桥式电路， $\Delta U_d = \frac{3X_B}{\pi} I_d$ ）



三、分析题（5 × 6分 = 30分）

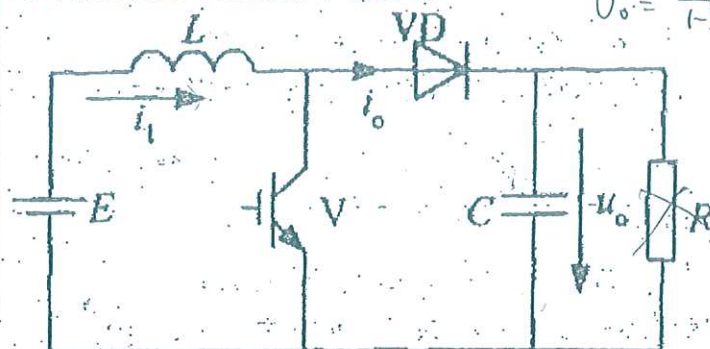
1、分析下图所示三相全控桥式整流电路，在熔断器 2FU 熔断时绘制 $\alpha = 60^\circ$ 时

批准：

[Signature]

IGBT 占空比为 D

此时输出电压 U_0 为多少，为什么？



$U_0 = \frac{1}{1-D} E$ 变成一个纯电感 一直充电，直至击穿

$$E \cdot t_{on} + (E - U_0) t_{off} = 0$$

$$U_0 = \frac{t_{on} t_{off}}{t_{off}} E$$

$$= \frac{1}{1-D} E$$

4、在三相桥式 PWM 逆变电路中，为了能够连续控制输出基波和 5 次、7 次谐波电压的幅值、相位，如果采用计算法获取电力电子器件的开关时刻，那么，在一个基波周期内，至少需要确定多少个独立的开关时刻？（提示：从傅立叶级数展开的角度考虑）

5、三相 SPWM 逆变电路的负载为交流感应异步电动机，在载波频率为 9000Hz 和 900Hz 相比，电动机的震动和噪音是否相同，为什么？

批准:

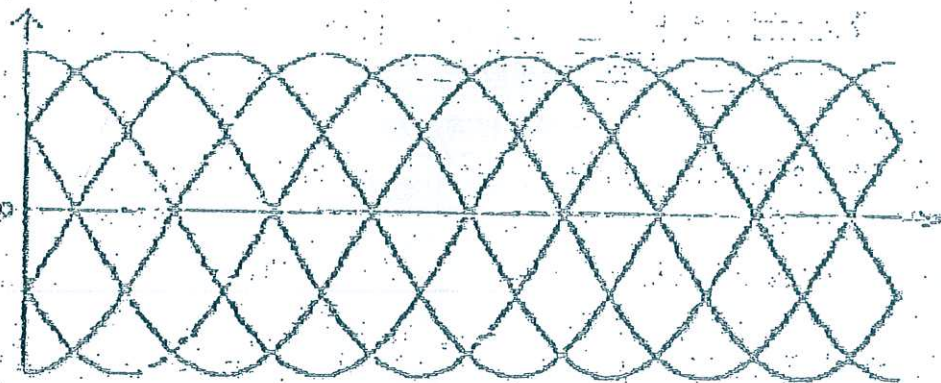
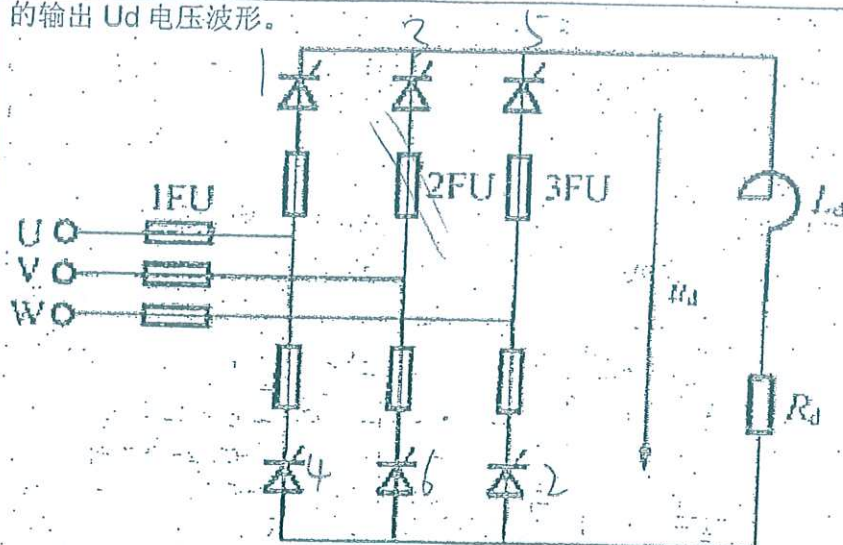
[Signature]

电力电子技术

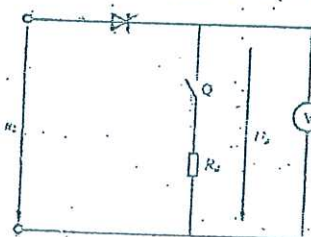
第 4 页 共 4 页

$$\alpha = 60^\circ$$

的输出 U_d 电压波形。



2、下图为晶闸管测试电路， U_2 为测试直流电压， R_d 为测试电阻，万用表调整为直流电压测试档位，在断开 R_d 后，给晶闸管以触发信号，为何万用表显示电压为 0V？（提示：从晶闸管导通条件及其伏安特性角度考虑）



③ 下图 Boost 斩波电路中，IGBT 的导通占空比为 $D(0 < D < 1)$ ，负载电阻断开，

批准：

[Signature]

武汉大学 2013—2014 学年度第一学期
《电力电子技术》期末试卷 (A) (时间: 150 分钟)

班级: 10 姓名: 苏力威 学号: 2011301610139 得分:

一、简答题: (8 × 5 分 = 40 分)

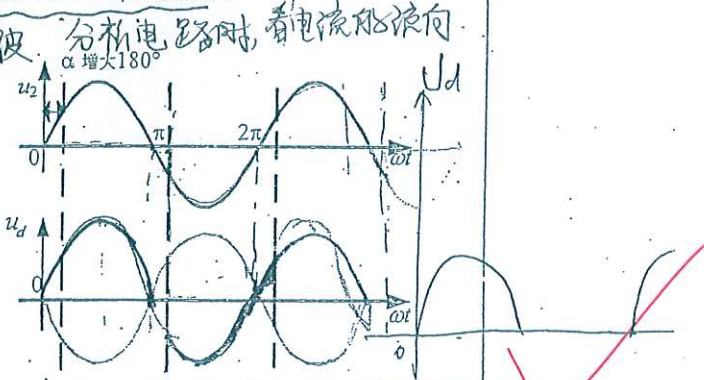
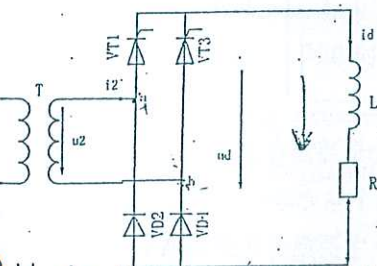
1、电力电子技术与电力技术和电子技术的关系? 开关型电力电子变换有哪四种基本类型? 电力电子技术包括电力电子技术和信息电子技术, 电力电子技术与信息电子技术相结合, 形成电力电子技术, 是应用电力电子技术对电能进行变换和控制的技术。

2、GTO 与普通晶闸管同为 PNP 型结构, 为什么 GTO 可以通过控制驱动电流关断, 而普通晶闸管不能?

3、购买一只额定电流为 100A 的晶闸管, 向其通过 157A 的恒定直流, 这只晶闸管是否能稳定工作, 并分析其原因?

4、SPWM 控制方式中单极性和双极性调制有何不同? 三相桥式 PWM 逆变器一般采用哪种调制方式?

5、单相桥式半控整流电路中, 电感 L 足够大 (负载电流不间断), 在稳定工作后 α 如果突然增大到 180° , 此时画出输出电压 U_d 的波形。



分析: U_2 由正变负时, V_{T1} 、 V_{D2} 续流, 由于 $\alpha = 180^\circ$, 故 V_{T3} 在 U_2 负半周都不导通, 当 U_2 由负变正时, 虽然此时 V_{T1} 的触发脉冲还未到, 但由于此时 i_d 是连续的, 故 V_{T1} 还是通的, 因此 U_d 变为正弦。

6、不带平衡电抗器的双反星形可控整流电路中, 如果 $\alpha = 0$, 输入相电压有效值为 U_2 , 其整流输出电压是多少? 平衡电抗器的作用是什么?

批准:

电力电子技术

第 1 页 共 4 页

$$6.135 \cos \alpha = 1.35 \times \cos 0^\circ = 1.35$$

平衡电抗器的作用: 没有电抗器, n_1 、 n_2 之间的电压差加在 L_p 两端, 它可以补偿两相电压瞬时值之间的电压差, 使两个桥臂的晶闸管同时导通。

$$U_d = 1.35 U_2 \cos \alpha = 1.35 U_2$$

作用: 保证两组三相半波整流电路同时导电, 每相承担一半负载, 输出电流与三相桥式相比增加一倍。

1. 多极多流
有流交流
交流多流
多流交流

2. GTO 是多元功率集成器件, 能同时实现功率器件和驱动电路, 集成度高, 体积小, 重量轻, 寿命长, 可靠性高。

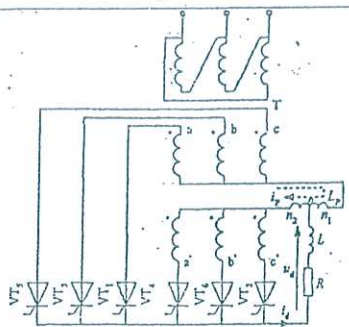
3. 购买一只额定电流为 100A 的晶闸管, 向其通过 157A 的恒定直流, 这只晶闸管是否能稳定工作, 并分析其原因?

4. SPWM 控制方式中单极性和双极性调制有何不同? 三相桥式 PWM 逆变器一般采用哪种调制方式?

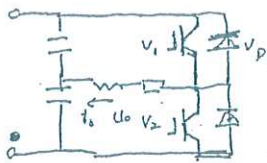
5. 单相桥式半控整流电路中, 电感 L 足够大 (负载电流不间断), 在稳定工作后 α 如果突然增大到 180° , 此时画出输出电压 U_d 的波形。

6. 不带平衡电抗器的双反星形可控整流电路中, 如果 $\alpha = 0$, 输入相电压有效值为 U_2 , 其整流输出电压是多少? 平衡电抗器的作用是什么?

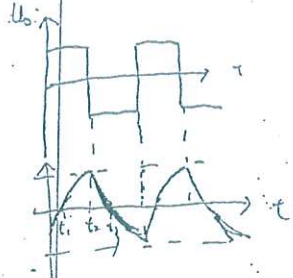
分析: U_2 由正变负时, V_{T1} 、 V_{D2} 续流, 由于 $\alpha = 180^\circ$, 故 V_{T3} 在 U_2 负半周都不导通, 当 U_2 由负变正时, 虽然此时 V_{T1} 的触发脉冲还未到, 但由于此时 i_d 是连续的, 故 V_{T1} 还是通的, 因此 U_d 变为正弦。



7. 单相半桥电路拓扑图



波形图:



7、电压型 180° 方波逆变器的主要特点，并画出带感性负载的电压型逆变电路

拓扑图以及负载上的电压电流波形，以单相半桥为例。

① 电压型逆变器特点：直流侧电压源或并联有大电容，直流电压基本无脉动，交流侧电流为矩形波，并受负载影响，而交流侧电压和相位角不同而不同。

② 什么是分段同步调制方法？其优点是什么？

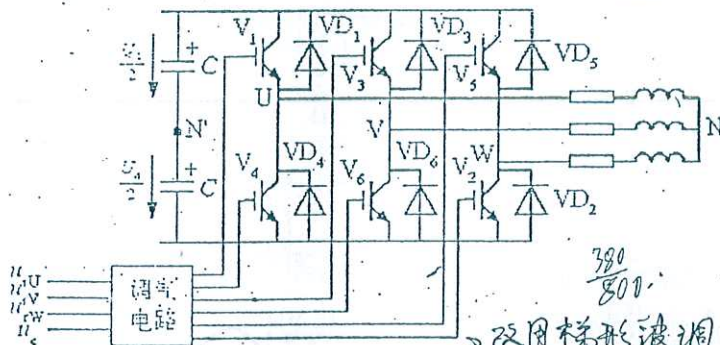
把逆变器的工作频率分成若干个段，每个段内保持载波比不变，而载波频率随逆变器工作频率变化，在输出频率低时，采用较低的载波比，以便使载波频率不过高，而在输出频率高时，采用较高的载波比，以便使载波频率不过低，从而保证器件的允许范围。

二、计算题 (2 × 15 分 = 30 分)

1、对于三相桥式 SPWM 逆变电路，三相对称阻感性负载，直流侧电压

$U_d = 800V$ ，输出线电压为 $380V/50Hz$ ，求：

$$U_{ah1} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_d$$



调制度 $a = \frac{\text{相电压基波幅值}}{\frac{U_d}{2}}$

$$a = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{\frac{800}{2}} = \frac{219.6}{400} = 0.549$$

(1) 计算调制度和计算直流电压利用率，如何提高直流电压利用率？

(2) 载波频率为 $3000Hz$ ，计算载波比，每个电力电子器件的开关频率是多少？

此时 PWM 调制过程中产生的谐波主要集中在哪些频率附近？

(3) 上述电路交流侧 U、V、W 三相桥臂通过滤波电感直接接入 $380V/50Hz$ 的

三相电网实现 PWM 整流，直流电压 U_d 的幅值最低能调节到多少？这个工作方

式与相控整流在调节直流电压方面有什么本质区别？

相控整流是通过调节触发延迟角 α 来调节输出电压平均值，而 PWM 整流电路中含有储能元件，故是升压型整流电路，其输出直流电压可以从交流电源电压峰值附近高调节，如要调低，就会使电路工作

批准:

(Signature)

电力电子技术

第 2 页 共 4 页

$$a) a = \frac{380 \times \sqrt{3}}{\frac{U_d}{2}} = \frac{380 \times \sqrt{3}}{\frac{800}{2}} = 0.7757$$

$$\text{直流电压利用率} = \frac{\text{线电压基波幅值}}{U_d} = \frac{380 \times \sqrt{3}}{800} = 0.672$$

$$(2) \text{载波比 } N_2 = \frac{3000}{50} = 60$$

$$(3) \text{由 } a = \frac{380 \times \sqrt{3}}{\frac{U_d}{2}}, \text{ 当 } a=1 \text{ 时, } U_{dmin}$$

由于此时连续的， α 还是导通的，因此变为正弦半波。

通荷

且

$$U_d = 2.34 U_2 \cos \alpha - \frac{3X_B}{\pi} I_d$$

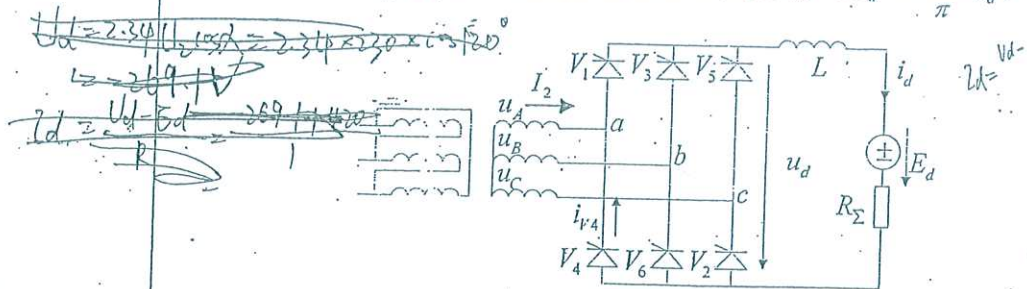
$$I_d = \frac{U_d - E_d}{R}$$

$$U_d = 2.34 U_2 \cos \alpha - \frac{3X_B}{\pi} \frac{U_d - E_d}{R}$$

$$= 2.34 U_2 \cos \alpha - \frac{3X_B}{\pi R} U_d + \frac{3X_B E_d}{\pi R}$$

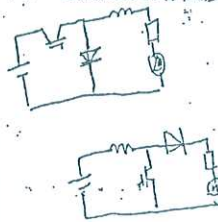
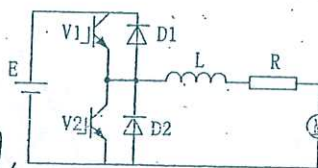
$$P = R I_d^2 + E_d I_d$$

2、三相桥式全控变流电路如图所示，反电动势阻感负载， $u_A = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$ ， $U_2 = 230V$ ， $R = 1\Omega$ ， L 值极大， $E_d = -420V$ ， $L_B = 1mH$ ， $\alpha = 120^\circ$ ；计算 U_d 及电机回馈给系统的功率是多少？（提示：对于三相桥式电路， $\Delta U_d = \frac{3X_B}{\pi} I_d$ ）



三、分析题 (5 × 6 分 = 30 分)

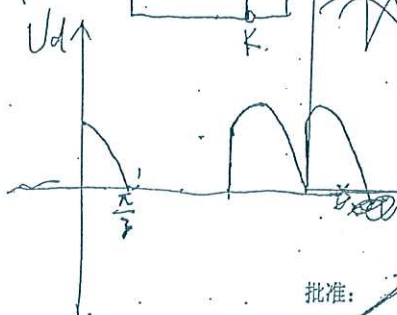
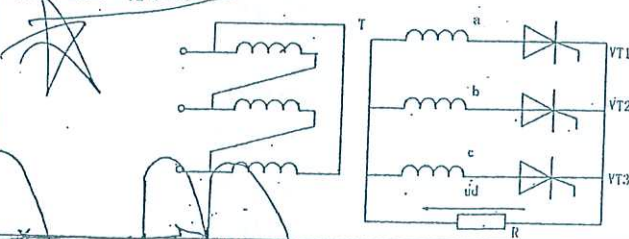
1、分析下图所示电流可逆斩波电路，根据 buck 和 boost 的基本原理分别画出直流电动机处于电动和再生制动两种工作状态下，电流通路及参与工作的元器件电路图。



2、普通晶闸管内部是一个 $P_1N_1P_2N_2$ 四层半导体结构，可以看成两个晶体管模型，画出晶闸管的双晶体管模型及其工作原理图，并说明晶闸管为半控型器件的原因？

由于晶闸管的门极只能控制其开通，不能控制其关断，故晶闸管才被称为半控型器件。

3、画出三相半波可控整流电路带电阻性负载电路图，如果 a 相晶闸管 VT_1 触发脉冲丢失，试画出 $\alpha = 30^\circ$ 时的直流电压 u_d 波形，并画出 $\alpha = 30^\circ$ 时 b 相 VT_2 管两端的电压 u_{T2} 波形。



批准:

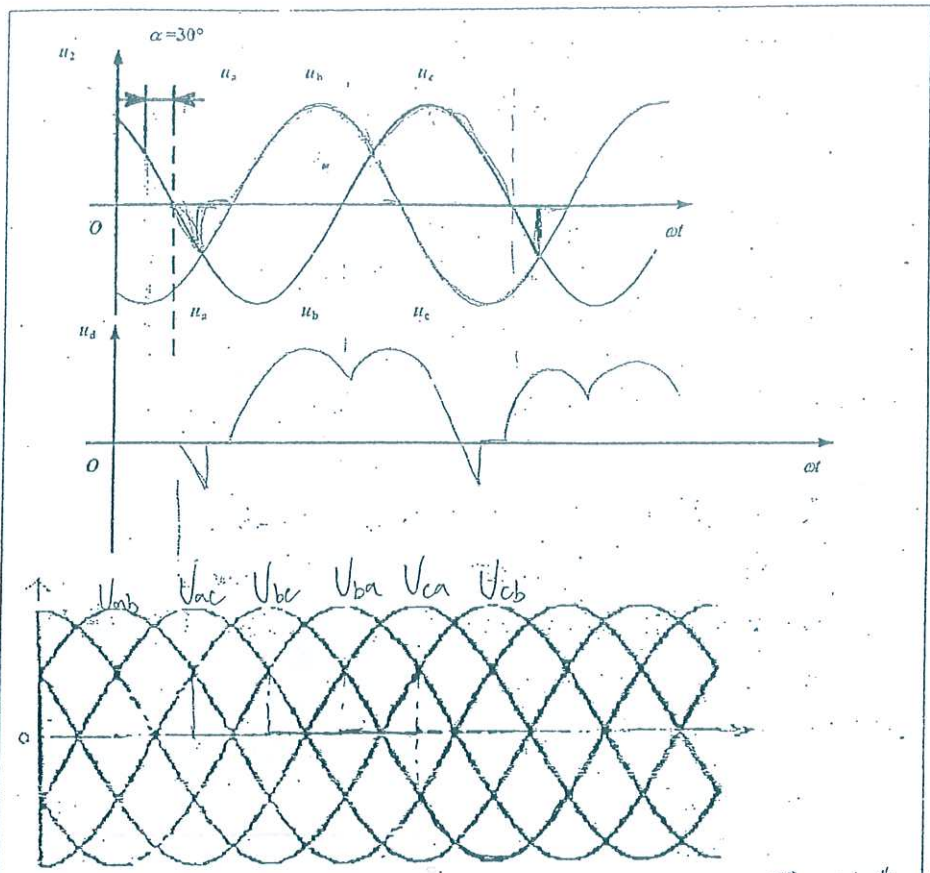
[Signature]

$\sin \omega t$
 U_d 及电
 $\frac{U_d}{r} I_d$
 V_d
 $2k$

分别画出
与工作的

晶体管模
 型器件
 类器件
 VT₁ 触发
 VT₂ 管两

管才被
 称为
 半控型
 器件



4、在三相桥式 PWM 逆变电路中，为了能够输出线电压波形最低次谐波为 17 次（含 17 次谐波），如果采用计算法获取电力电子器件的开关时刻，那么在一个基波周期内，至少需要确定多少个独立的开关时刻控制？

$2 \times 3 \times 2 \times 17 = 15$ 1 5 7 11 13 6 16 = 12

5、对于带阻感性负载的单相交流调压电路，说明触发延迟角 α 和负载阻抗角 φ 的关系；当 $\alpha < \varphi$ 时电路能否正常工作，并分析一下原因？

$\varphi < \alpha < \pi$ 不能正常工作
 $\alpha < \varphi$ 时 如在 $\alpha < \varphi$ 时 触发 VT₁，VT₁ 导通时间

超过 π ，未到 $\omega t = \pi + \alpha$ 时，VT₂ 触发，因 VT₁ 尚未导通，VT₁ 仍在导通，VT₂ 不会开通，当 ωt 过零后，VT₂ 的触发脉冲有足够宽度而尚未消失，VT₂ 就会开通， $\alpha < \varphi$ ，VT₁ 提前开通，负载过电压，放电时间延长，VT₁ 的导通时间大于 $\pi + \varphi$ ，VT₂ 拒导通。