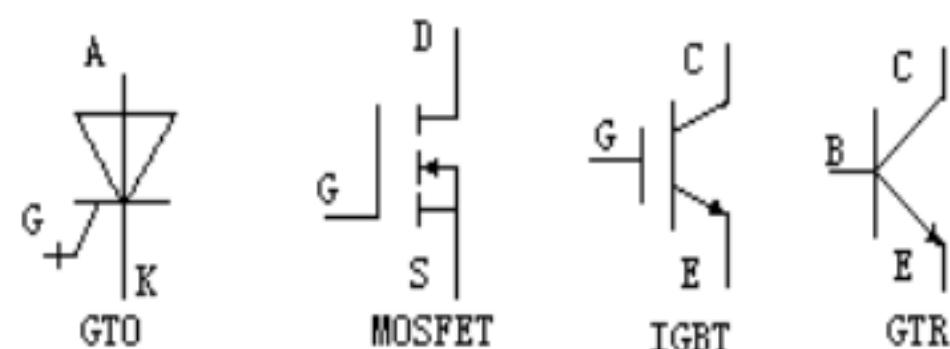


# 电力电子技术试题

## 第 1 章 电力电子器件

1. 电力电子器件一般工作在 开关 状态。
5. 电力二极管的工作特性可概括为 承受正向电压导通，承受反相电压截止 。
6. 电力二极管的主要类型有 普通二极管、快恢复二极管、肖特基二极管。
8. 晶闸管的基本工作特性可概括为 正向电压门极有触发则导通、反向电压则截止 。
18. 在如下器件：电力二极管（ Power Diode ）、晶闸管（ SCR）、门极可关断晶闸管（ GTO）、电力晶体管（ GTR）、电力场效应管（电力 MOSFET）、绝缘栅双极型晶体管（ IGBT）中，属于不可控器件的是 电力二极管，属于半控型器件的是 晶闸管，属于全控型器件的是 GTO、GTR、电力 MOSFET、IGBT；属于单极型电力电子器件的有 电力 MOSFET，属于双极型器件的有 电力二极管、晶闸管、GTO、GTR，属于复合型电力电子器件得有 IGBT；在可控的器件中，容量最大的是 晶闸管，工作频率最高的是 电力 MOSFET，属于电压驱动的是 电力 MOSFET、IGBT，属于电流驱动的是 晶闸管、GTO、GTR。

2、可关断晶闸管的图形符号是       ；电力场效应晶体管的图形符号是         
绝缘栅双极晶体管的图形符号是       ；电力晶体管的图形符号是       ；



## 第 2 章 整流电路

1. 电阻负载的特点是 电压和电流成正比且波形相同，在单相半波可控整流电阻性负载电路中，晶闸管控制角        的最大移相范围是 0-180°。
2. 阻感负载的特点是 流过电感的电流不能突变，在单相半波可控整流带阻感负载并联续流二极管的电路中，晶闸管控制角        的最大移相范围是 0-180°，其承受的最大正反向电压均为  $\sqrt{2}U_2$ ，续流二极管承受的最大反向电压为  $\sqrt{2}U_2$ （设  $U_2$  为相电压有效值）。
3. 单相桥式全控整流电路中，带纯电阻负载时，角移相范围为 0-180°，单个晶闸管所承受的最大正向电压和反向电压分别为  $\sqrt{2}U_2/2$  和  $\sqrt{2}U_2$ ；带阻感负载时，角移相范围为 0-90°，单个晶闸管所承受的最大正向电压和反向电压分别为  $\sqrt{2}U_2$  和  $\sqrt{2}U_2$ ；带反电动势负载时，欲使电阻上的电流不出现断续现象，可在主电路中直流输出侧串联一个 平波电抗器。
5. 电阻性负载三相半波可控整流电路中，晶闸管所承受的最大正向电压  $U_{Fm}$  等于  $\sqrt{2}U_2$ ，晶闸管控制角        的最大移相范围是 0-150°，使负载电流连续的条件为  $\alpha \leq 30^\circ$  ( $U_2$  为相电压有效值)。
6. 三相半波可控整流电路中的三个晶闸管的触发脉冲相位按相序依次互差 120°，当它带阻感负载时， $\alpha$  的移相范围为 0-90°。
7. 三相桥式全控整流电路带电阻负载工作中，共阴极组中处于通态的晶闸管对应的是 最高 的相电压，而共阳极组中处于导通的晶闸管对应的是 最低 的相电压；这种电路  $\alpha$  角的移相范围是 0-120°， $u_d$  波形连续的条件是  $\alpha \leq 60^\circ$ 。
8. 对于三相半波可控整流电路，换相重叠角的影响，将使用输出电压平均值 下降。
11. 实际工作中，整流电路输出的电压是周期性的非正弦函数，当  $\alpha$  从  $0^\circ \sim 90^\circ$  变化时，整流输出的电压  $u_d$  的谐波幅值随  $\alpha$  的增大而 增大，当  $\alpha$  从  $90^\circ \sim 180^\circ$  变化时，整流输出的电压  $u_d$  的谐波幅值随  $\alpha$  的增大而 减小。
12. 逆变电路中，当交流侧和电网联结时，这种电路称为 有源逆变，欲实现有源逆变，只能采用 全控 电路；对于单相全波电路，当控制角  $0 < \alpha < \pi/2$  时，电路工作在 整流 状态； $\pi/2 < \alpha < \pi$  时，电路工作在 逆变 状态。
13. 在整流电路中，能够实现有源逆变的有 单相全波、三相桥式整流电路 等（可控整流电路均可），其工作在有源逆变状态的条件是 有直流电动势，其极性和晶闸管导通方向一致，其值大于变流器直流侧平均电压 和 晶闸管的控制角  $\alpha > 90^\circ$ ，使输出平均电压  $U_d$  为负值。

## 第 3 章 直流斩波电路

1. 直流斩波电路完成得是直流到 直流 的变换。
2. 直流斩波电路中最基本的两种电路是 降压斩波电路 和 升压斩波电路。
3. 斩波电路有三种控制方式：脉冲宽度调制（PWM）、频率调制 和 （ $t_{on}$  和  $T$  都可调，改变占空比）混合型。
6. CuK 斩波电路电压的输入输出关系相同的有 升压斩波电路、Sepic 斩波电路 和 Zeta 斩波电路。
7. Sepic 斩波电路和 Zeta 斩波电路具有相同的输入输出关系，所不同的是：Sepic 斩波电路 的电源电流和负载电流均连续，Zeta 斩波电路 的输入、输出电流均是断续的，但两种电路输出的电压都为 正 极性的。
8. 斩波电路用于拖动直流电动机时，降压斩波电路能使电动机工作于第 1 象限，升压斩波电路能使电动机工作于第 2 象限，电流可逆斩波 电路能使电动机工作于第 1 和第 2 象限。
10. 复合斩波电路中，电流可逆斩波电路可看作一个 升压 斩波电路和一个 降压 斩波电路的组合；

SPWM脉宽调制型变频电路的基本原理是：对逆变电路中开关器件的通断进行有规律的调制，使输出端得到 等高不等宽 脉冲列来等效正弦波。

第 4 章 交流—交流电力变换电路

- 1.改变频率的电路称为 变频电路 ,变频电路有交交变频电路和 交直交变频 电路两种形式, 前者又称为 直接变频电路 ,后者也称为 间接变频电路 。
- 2.单相调压电路带电阻负载,其导通控制角  $\alpha$  的移相范围为  $0-180^\circ$  ,随  $\alpha$  的增大,  $U_o$  降低 ,功率因数  $\lambda$  降低 。
- 3.单相交流调压电路带阻感负载,当控制角  $\alpha < \varphi$  ( $\varphi = \arctan(\omega L/R)$ ) 时,VT1 的导通时间 逐渐缩短 ,VT2 的导通时间 逐渐延长 。
- 6.把电网频率的交流电直接变换成可调频率的交流电的变流电路称为 交交变频电路 。

- 1、请在空格内标出下面元件的简称：电力晶体管 GTR ；可关断晶闸管 GTO ；功率场效应晶体管 MOSFET ；绝缘栅双极型晶体管 IGBT ；IGBT 是 MOSFET 和 GTR 的复合管。
- 3、多个晶闸管相并联时必须考虑 均流 的问题,解决的方法是 串专用均流电抗器。
- 5、型号为 KS100-8 的元件表示 双向晶闸管 晶闸管、它的额定电压为 800V 伏、额定有效电流为 100A 安。
- 6、180°导电型三相桥式逆变电路,晶闸管换相是在 同一桥臂 上的上、下二个元件之间进行;而 120°导电型三相桥式逆变电路,晶闸管换相是在 不同桥臂 上的元件之间进行的。)
- 11、直流斩波电路按照输入电压与输出电压的高低变化来分类有 降压 斩波电路; 升压 斩波电路; 升降压 斩波电路。
- 12、由晶闸管构成的逆变器换流方式有 负载 换流和 强迫 换流。
- 13、按逆变后能量馈送去向不同来分类,电力电子元件构成的逆变器可分为 有源、 逆变器与 无源 逆变器两大类。
- 14、有一晶闸管的型号为 KK200 - 9,请说明 KK 快速晶闸管 ; 200 表示表示 200A , 9 表示 900V 。
- 15、单结晶体管产生的触发脉冲是 尖脉冲 脉冲;主要用于驱动 小 功率的晶闸管; 锯齿波同步触发电路产生的脉冲为 强触发脉冲 脉冲;可以触发 大 功率的晶闸管。
- 18、直流斩波电路在改变负载的直流电压时,常用的控制方式有 等频调宽控制;等宽调频控制;脉宽与频率同时控制 三种。
- 19、由波形系数可知, 晶闸管在额定情况下的有效值电流为  $I_{Tn}$  等于 1.57 倍  $I_{T(AV)}$  ,如果  $I_{T(AV)}=100$  安培,则它允许的有效电流为 157 安培。 通常在选择晶闸管时还要留出 1.5—2 倍的裕量。
- 20、通常变流电路实现换流的方式有 器件换流,电网换流,负载换流,强迫换流 四种。
- 21、在单相交流调压电路中,负载为电阻性时移相范围是  $0 \rightarrow \pi$  ,负载是阻感性时移相范围是  $\varphi \rightarrow \pi$  。

25、普通晶闸管的图形符号是 ,三个电极分别是 阳极 A , 阴极 K 和 门极 G 晶闸管的导通条件是 阳极加正电压,阴极接负电压,门极接正向电压形成了足够门极电流时晶闸管导通; 关断条件是 当晶闸管阳极电流小于维持电流  $I_H$  时,导通的晶闸管关断。 。

31、单相全波可控整流电路中,晶闸管承受的最大反向电压为  $\sqrt{2}U_2$  。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  $U_2$ ）

32、要使三相全控桥式整流电路正常工作,对晶闸管触发方法有两种,一是用 大于 60°小于 120°的宽脉冲, 触发;二是用 脉冲前沿相差 60°的双窄脉冲 触发。

37、从晶闸管开始承受正向电压起到晶闸管导通之间的电角度称为 控制角  $\alpha$  角,用  $\alpha$  表示。

40、型号为 KS100-8 的元件表示 双向晶闸管 管、它的额定电压为 800V、 伏、额定电流为 100A 安。

41、实现有源逆为的条件为 要有一个直流逆变电源,它的极性方向与晶闸管的导通方向一致,其幅极应稍大于逆变桥直流侧输出的平均电压;逆变桥必须工作在  $<90^\circ$  (即  $>90^\circ$ ) 区间,使输出电压极性与整流时相反,才能把直流能量逆变成交流能量反送到交流电网。

43、有源逆变指的是把 直流 能量转变成 交流 能量后送给 电网的 装置。

44、给晶闸管阳极加上一定的 正向 电压;在门极加上 正向门极 电压,并形成足够的 门极触发 电流,晶闸管才能导通。

45、当负载为大电感负载,如不加续流二极管时,在电路中出现触发脉冲丢失时 单相桥式半控整流桥, , 与 三相桥式半控整流桥 电路会出现失控现象。

47、造成逆变失败的原因有 逆变桥晶闸管或元件损坏,供电电源缺相,逆变角太小,触发脉冲丢失或未按时到达, 等几种。

49、对三相桥式全控变流电路实施触发时,如采用单宽脉冲触发,单宽脉冲的宽度一般取 90°度较合适;如采用双窄脉冲触发时,双窄脉冲的间隔应为 60°度。

50、三相半波可控整流电路电阻性负载时,电路的移相范围  $0^\circ-150^\circ$  ,三相全控桥电阻性负载时,电路的移相范围  $0^\circ-120^\circ$  ,三相半控桥电阻性负载时,电路的移相范围  $0^\circ-150^\circ$  。

51、锯齿波触发电路的主要环节是由 同步环节;锯齿波形成;脉冲形成;整形放大;强触发及输出 环节组成。 交流电力控制电路包括 交流调压电路 ,即在没半个周波内通过对晶闸管开通相位的控制, 调节输出电压有效值的电路, 调功电路 即以交流电的周期为单位控制晶闸管的通断,改变通态周期数和断态周期数的比, 调节输出功率平均值的电路, 交流电力电子开关 即控制串入电路中晶闸管根据需要接通或断开的电路。

52 、单相桥式可控整流电路带电阻性负载,在控制角为  $\alpha$  时,其输出的直流电压为  $0.9 \frac{1 + \cos \alpha}{2}$  。

电力电子技术问答分析题

1、晶闸管两端并联 R、C 吸收回路的主要作用有哪些?其中电阻 R 的作用是什么?

R、C 回路的作用是：吸收晶闸管瞬间过电压，限制电流上升率，动态均压作用。 R 的作用为：使 L、C 形成阻尼振荡，不会产生振荡过电压，减小晶闸管的开通电流上升率，降低开通损耗 。

2、实现有源逆变必须满足哪两个必不可少的条件？

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。



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

2、PWM逆变电路的控制方法主要有哪几种？简述异步调制与同步调制各有哪些优点？

答：（1）PWM逆变电路的常用控制方法有两种，一是计算法；二是调制法。其中调制法又可分为两种，一是异步调制法；二是同步调制法。

（2）通常异步调制法是保持载波频率不变，信号频率根据需要而改变时，载波比是变化的。优点是：信号频率较低时载波比较大，一周期内脉冲数较多，输出较接近正弦波。

（3）同步调制时，保持载波比为常数，并在变频时使载波和信号波保持同步变化。优点是：信号波一周内输出的脉冲数是固定的，脉冲相位也是固定的，对称性好。

3、什么是逆变失败？逆变失败后有什么后果？形成的原因是什么

答：（1）逆变失败指的是：逆变过程中因某种原因使换流失败，该关断的器件未关断，该导通的器件未导通。从而使逆变桥进入整流状态，造成两电源顺向联接，形成短路。

（2）逆变失败后果是严重的，会在逆变桥与逆变电源之间产生强大的环流，损坏开关器件。

（3）产生逆变失败的原因：一是逆变角太小；二是出现触发脉冲丢失；三是主电路器件损坏；四是电源缺相等。

2、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？并简述其控制原理。

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）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。

（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。。

6、晶闸管的过电流保护常用哪几种保护方式？其中哪一种保护通常是用来作为“最后一道保护”用？

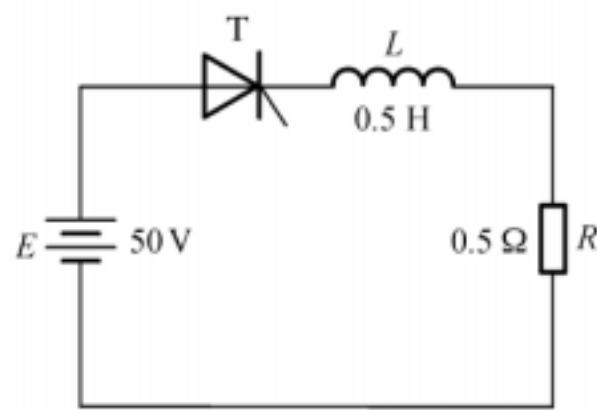
答：晶闸管的过电流保护常用快速熔断器保护；过电流继电器保护；限流与脉冲移相保护和直流快速开关过电流保护等措施进行。其中快速熔断器过电流保护通常是用来作为“最后一道保护”用的。

7、具有变压器中心抽头的单相全波可控整流电路，问该变压器还有直流磁化问题吗？

具有变压器中心抽头的单相全波可控整流电路中，因为变压器二次绕组中，正负半周内上下绕组内电流的方向相反，波形对称，一个周期内的平均电流为零，故不会有直流磁化的问题

（变压器变流时双向流动的就没有磁化 存在磁化的：单相半波整流、三相半波整流）

8、如下图所示（L和R串联后作为负载），说明晶闸管导通的条件是什么？关断时和导通后晶闸管的端电压、流过晶闸管的电流和负载上的电压由什么决定？



答：晶闸管导通的条件是：阳极承受正向电压，处于阻断状态的晶闸管，只有在门极加正向触发电压，才能使其导通。门极所加正向触发电压的最小宽度，应能使阳极电流达到维持通态所需要的最小阳极电流，即擎住电流  $I_L$  以上。导通后的晶闸管管压降很小。晶闸管的关断时其两端电压大小由电源电压  $U_d$  决定，电流近似为零。

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  $U_d$  决定。

1. 缓冲电路的作用是什么？关断缓冲与开通缓冲在电路形式上有何区别，各自的功能是什么？

答：缓冲电路的作用是抑制电力电子器件的内因过电压  $du/dt$  或者过电流  $di/dt$ ，减少器件的开关损耗。缓冲电路分为关断缓冲电路和开通缓冲电路。关断缓冲电路是对  $du/dt$  抑制的电路，用于抑制器件的关断过电压和换相过电压，抑制  $du/dt$ ，减小关断损耗。开通缓冲电路是对  $di/dt$  抑制的电路，用于抑制器件开通时的电流过冲和  $di/dt$ ，减小器件的开通损耗。

2. 在三相桥式整流电路中，为什么三相电压的六个交点就是对应桥臂的自然换流（相）点？（请以 a、b 两相电压正半周交点为例，说明自然换向原理）

答：三相桥式整流电路中，每只二极管承受的是相邻二相的线电压，承受正向电压时导通，反向电压时截止。三相电压的六个交点是其各线电压的过零点，是二极管承受正反向电压的分界点，所以，是对应桥臂的自然换流点。

3. SPWM调制方式是怎样实现变压功能的？又是怎样实现变频功能的？

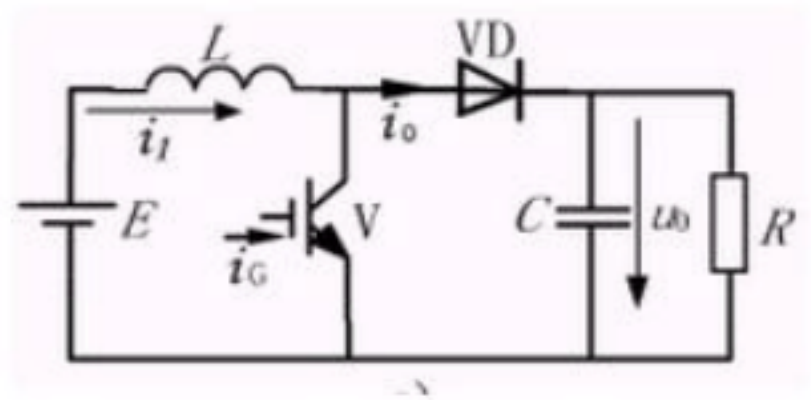
答：改变调制比  $M$  可以改变输出电压  $u_o$  基波的幅值，所以，SPWM调制是通过改变调制波  $u_r$  的幅值实现变压功能的。

改变正弦调制波的频率时，可以改变输出电压  $u_o$  的基波频率，所以，SPWM调制是通过改变调制波  $u_r$  的频率实现变频功能的。

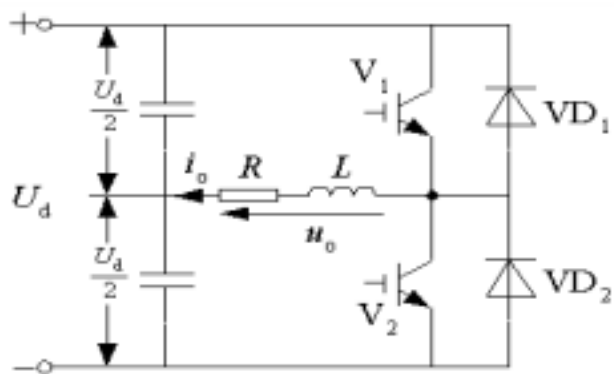
9、PWM逆变电路的控制方法主要有哪几种？

答：PWM逆变电路的常用控制方法有两种，一是计算法；二是调制法。其中调制法又可分为两种，一是异步调制法；二是同步调制法。

下面 BOOS升压电路中，电感 L 与电容 C的作用是什么？（我觉得要掌握的，自己找答案，书上 158）



说明下图单相半桥电压逆变电路中二极管 VD1和VD2的作用。



答：

VD1 或 VD2 通时， $i_o$  和  $u_o$  反向，电感中贮能向直流侧反馈，VD1、VD2 称为反馈二极管，还使  $i_o$  连续，又称续流二极管。

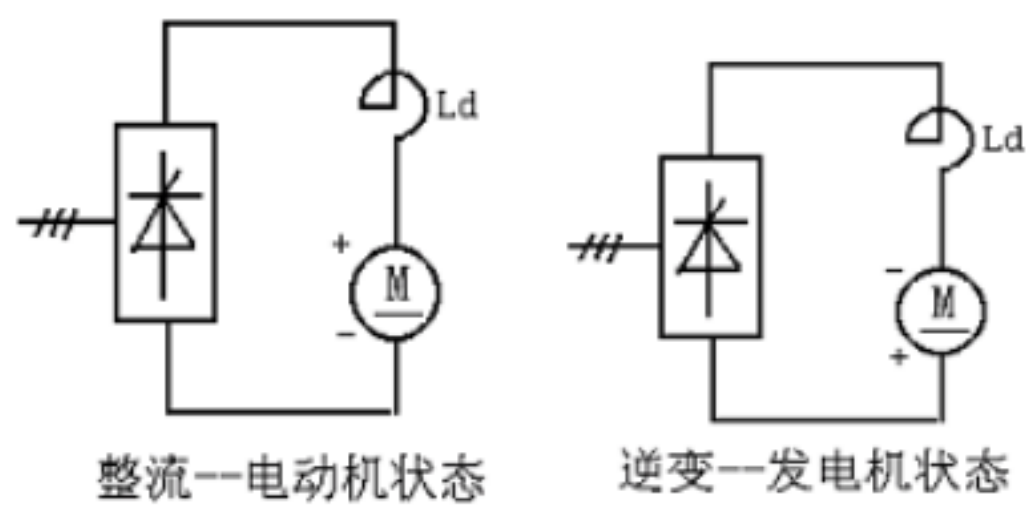
设计题

1、在下面两图中，一个工作在整流电动机状态，另一个工作在逆变发电机状态。

（1）、标出  $U_k$ 、 $E$  及  $i_d$  的方向。

（2）、说明  $E$  与  $U_d$  的大小关系。

（3）、当  $\alpha$  与  $\beta$  的最小值均为 30 度时，控制角  $\alpha$  的移向范围为多少？



整流电动机状态：

电流方向从上到下，电压方向上正下负，反电势  $E$  方向上正下负， $U_d$  大于  $E$ ，控制角的移相范围  $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

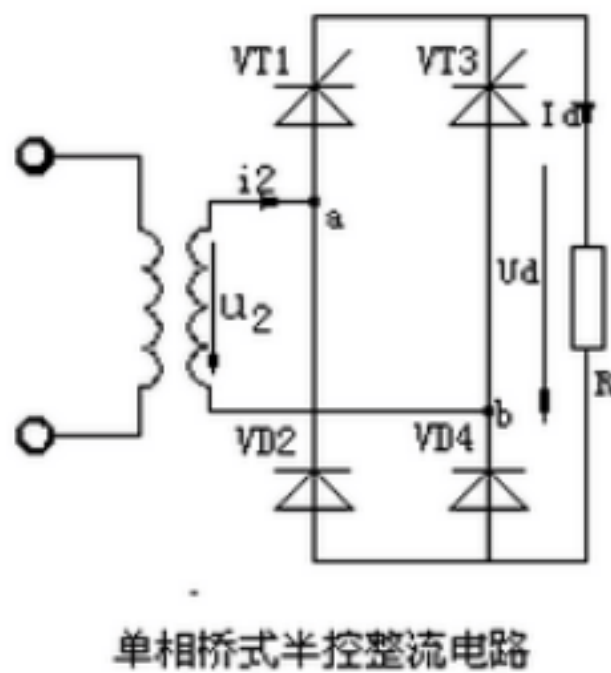
逆变发电机状态：

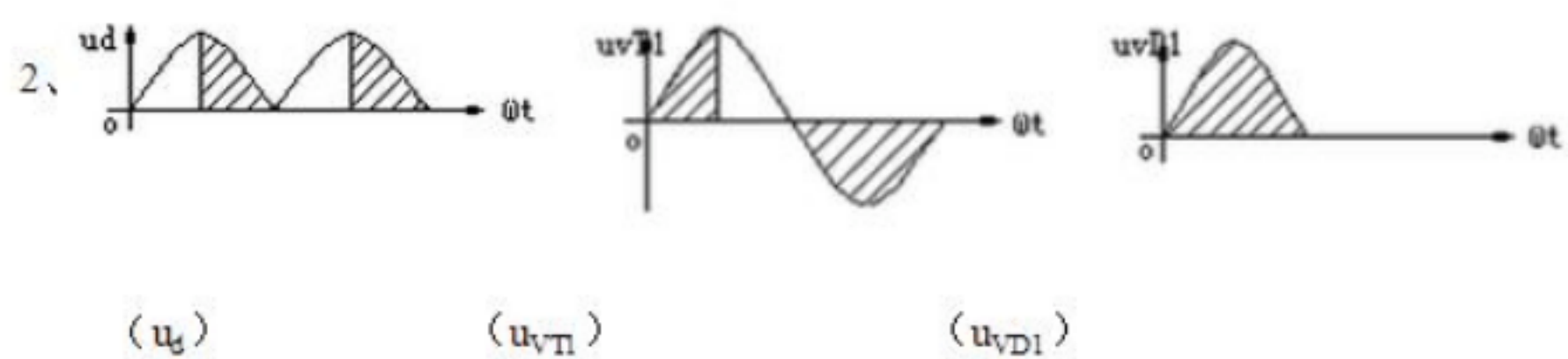
电流方向从上到下，电压  $U_d$  方向上负下正，发电机电势  $E$  方向上负下正， $U_d$  小于  $E$ ，控制角的移相范围  $90^\circ \sim 150^\circ$ 。

2、单相桥式半控整流电路，电阻性负载。当控制角

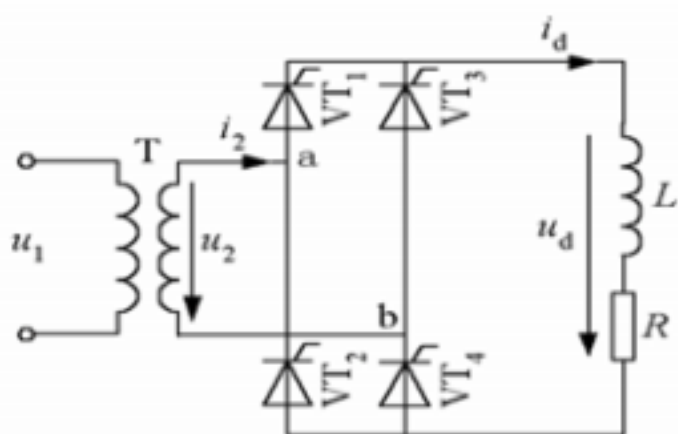
$\alpha = 90^\circ$  时，画出：负载电压  $u_d$ 、晶闸管 VT1 电压  $u_{VT1}$ 、整流二极管 VD2 电压  $u_{VD2}$ ，在一

周期内的电压波形图。





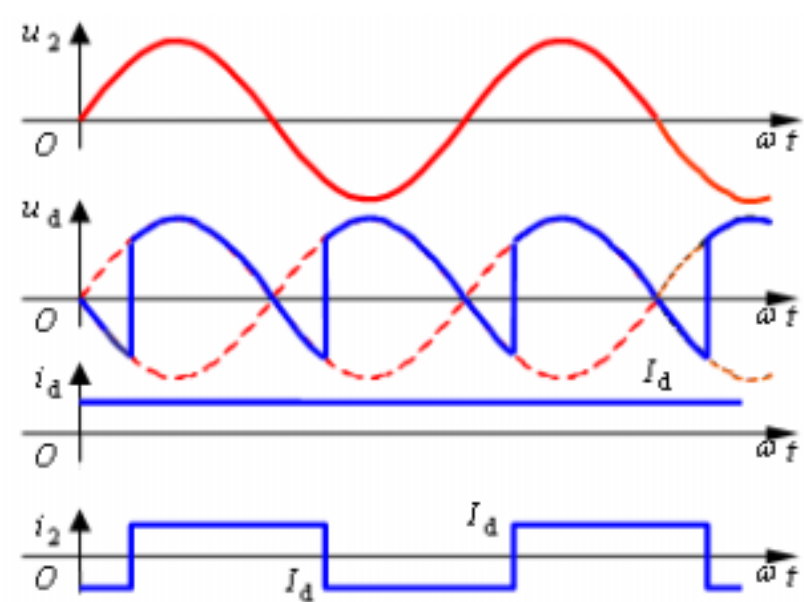
3. 单相桥式全控整流电路，  $U_2 = 100V$ ，负载中  $R = 2\Omega$ ， $L$  值极大，当  $\alpha = 30^\circ$  时，要求：



(1) 作出  $u_d$ 、 $i_d$  和  $i_2$  的波形；

(2) 求整流输出平均电压  $U_d$ 、平均电流  $I_d$ ，变压器二次电流有效值  $I_2$ ；

解：(1) 作图。



(2)  $U_d = 0.9U_2 \cos\alpha$

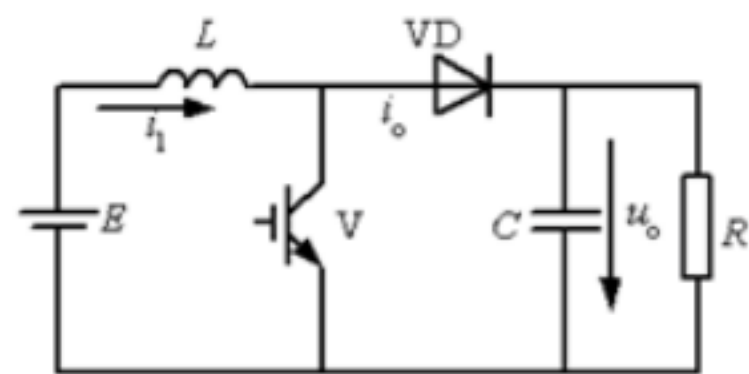
当  $\alpha = 30^\circ$  时，

$$U_d = 0.9U_2 \cos\alpha = 0.9 \times 100 \times \cos 30^\circ \approx 78V$$

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{78}{2} = 39A$$

$$I_2 = I_d = 39A$$

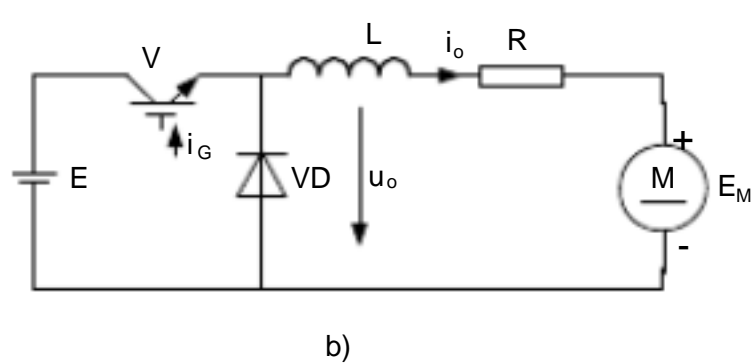
4、绘制直流升压斩波电路原理图。



$$U_o = \frac{t_{on} + t_{off}}{t_{off}} E = \frac{T}{t_{off}} E = \frac{1}{\beta} E$$

$$I_o = \frac{U_o}{R}$$

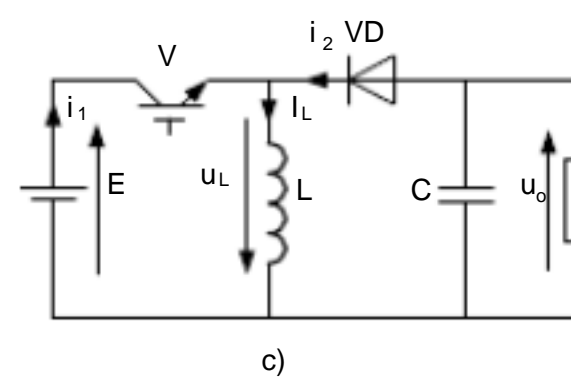
直流降压斩波电路：



$$U_o = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} E = \frac{t_{on}}{T} E = \alpha E$$

$$I_o = \frac{U_o - E_m}{R}$$

升降压：



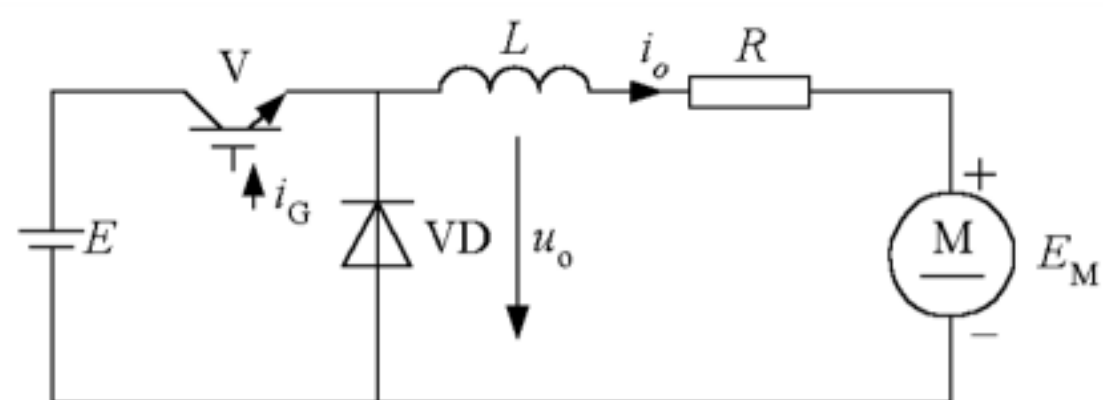
$$U_o = \frac{t_{on}}{t_{off}} E = \frac{t_{on}}{T - t_{on}} E = \frac{\alpha}{1 - \alpha} E$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{t_{on}}{t_{off}}$$

计算题

1、在图 1 所示的降压斩波电路中，已知  $E = 200V$ ， $R = 10\Omega$ ， $L$  值极大， $E_M = 30V$ 。

（1）分析斩波电路的工作原理；（2）采用脉宽调制控制方式，当  $T = 50\mu s$ ， $t_{on} = 20\mu s$  时，计算输出电压平均值  $U_o$ 、输出电流平均值  $I_o$ 。



解：（1）参考书上简要说明。

（2）根据公式得

$$U_o = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \times E = \frac{t_{on}}{T} \times E = \frac{20}{50} \times 200 = 80V$$

$$I_o = \frac{U_o - E_M}{R} = \frac{80 - 30}{10} = 5A$$

计算题，第二章 P150 2、3、12、28