

### 1. 电力电子器件实际应用中的一般系统组成 P11。

答：控制电路+驱动单路+以电力电子器件为核心的主电路。（或直接说**主电路+控制电路**）

由信息电子电路组成的控制电路按照系统的工作要求形成控制信号，通过驱动电路去控制主电路中电力电子器件的导通或关断，来完成整个系统的功能。

### 2. 电导调制效应（P15），肖特基二极管的优点。（P19

答：当 **PN 结上流过的正向电流较小的时候**，二极管的电阻主要是作为基片的低掺杂 **N 区** 的欧姆电阻，其阻值较高且为常量，因此管压降随着正向电流的上升而增加；当 **PN 结的正向电流较大时**，由 **P 区注入并积累在低掺杂 N 区的少子空穴浓度**将很大，为维持半导体的电中性条件，其多子浓度也相应大幅度增加，使其电阻率明显下降，也就是电导率大大增加。

优点：1. 反向恢复时间短，2. 正向恢复过程中不会有明显电压过冲，3. 在反向耐压较低的情况下其正向压降也很小。因此，其开关损耗和正向导通损耗都比快速二极管还要小，效率高。

缺点：反向耐压提高时正向压降也会过高，只能满足 200V 以下低压场合，反向漏电流过大且对温度敏感，因此反向稳态损耗不能忽略，必须严格控制工作温度。

### 3. 晶闸管特性，如开通条件，关断条件等。

答：门极触发驱动电路，半控型器件，

(1) 当晶闸管承受反向电压时，不论门极是否有触发电流，晶闸管都不会导通；

(2) 当晶闸管承受正向电压时，仅在门极有触发电流时晶闸管才导通。

(3) 晶闸管一旦导通后，不论门极电流还在不在，晶闸管都保持导通。

(4) 若要关断导通的晶闸管，只能加反向电压和外电路的作用，使流过晶闸管的电流降到接近 0 的某以数值以下。

(5) 晶闸管的两种特性：

a. 单向导电性：使电路输出不再具有交变性质。

b. 可控性：使电路输出功率可依从给定信号变化；当给定信号保持一定时，能在外扰的作用下，维持输出量不变。

### 4. IGBT GTR（电力晶体管） SCR MOSFET 器件各自优缺点。速度，全控，半控，电流，电压，载流子等。MOS 管特点，正向平均电流定义。

答：(1) GTR（电力晶体管）P27：双极性电流驱动器件，全控型，少子器件。优点：耐压高，电流大，开关特性好，通流能力强，饱和压降低。缺点：但是电流增益 $\beta$ 小，电流容量小，驱动功率大，电路复杂，开关速度慢；驱动电路复杂，存在二次击穿。

(2) GTO（门极可关断晶闸管）双极性电流驱动器件：全控型，少子器件优点：电压，电流容量大，适用于大功率场合，其通流能力很强；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。

(3) 单极性电压驱动器件 MOSFET（P30）全控型，单极型器件（多子器件）。优点：驱动电路简单，需要驱动功率小；开关速度快，工作效率高。热稳定性优于 GTR。不存在二次击穿问题。缺点：工作电流小，击穿电压低，多用于功率不超过 10KW 的电力电子装置。

(4)（SCR（晶闸管 P20）：半控型，优点：脉冲触发，驱动功率小，电压，电流等级大，价格低；

缺点：开关损耗大，工作频率低，关断复杂；

(5) 绝缘栅双极晶体管 P36）IGBT 复合型电力电子器件：全控型，混合器件，电压驱动。

优点：开关速度快，开关损耗小，安全工作区大，具有耐脉冲电流冲击的能力；通态压降低；输入阻抗高；耐压，通流能力比 MOSFET 和 CTR 都高，保持开关频率高的特点，电压驱动，驱动功率小。缺点：是导通电压降稍大，电流、电压容量不大；

(6) 总结：单极型和复合型都是电压驱动，双极型均为电流驱动。

电压驱动（都是电平控制型器件）：所需驱动功率小，驱动电路简单，输入阻抗高，工作频率高。

电流驱动：具有电导调制效应，因而通态压降低，导通损耗小，但是工作频率低，所需驱动功率大，驱动电路复杂。

25. 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 Power Diode，属于半控型器件的是 SCR，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 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 SCR，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 SCR、GTO、GTR。

(7)

		名称	开关速度	半控/全控	单双极	驱动方式
		GTR	慢	全控	双	电流
		GTO	慢	全控	双	电流
在可控制器件中容量最大		SCR	慢	半控		电流
	工作频率最高	电力MOSFTE	快	全控	单	电压
		IGBT	快	全控	复合型	电压
		电力二极管		不可控		

(8)

(9) 正向平均电流定义  $I_{F(AV)}$  P18: 电力二极管在连续运行条件时,器件在额定结温和规定的散热条件下,允许流过的最大工频正弦半波电流的平均值。在使用时，应按照工作中实际波形的电流与电力二极管所允许的最大工频电流在流过电力二极管时所造成的热效应相等，即两者的有效值相等的原则来选取电力二极管的电流定额，并留出一定裕量。

(10) MOS 管特点:

5.SCR GTR 驱动电路分析，缓冲电路各部分作用。

答：GTR 为电流驱动，基极驱动电流应使其处于准饱和和导通状态（即临界饱和状态）（贝克钳位电路），使之不进入放大区或深饱和区。关断 GTR 时，施加一定的负基级电流有利于减小关断时间和关断损耗，关断后同样在基射极之间加一个负偏压（6V 左右。）

（驱动电路：控制电路与主电路之间的接口，性能良好的驱动电路可使电力电子器件工作在较理想的开关状态，还提供控制电路和主电路之间的电气隔离环节。）

6.单向半波、桥式、三相半波在电阻负载，阻感负载时的电路分析，波形分析，以及移相范围、晶闸管上承受的最大正、反电压。有源逆变的条件。触发角  $\alpha$ 、功率因数和谐波之间的关系。



整流电路		移相范围 $\alpha$	输出电压平均值 $U_d$	晶闸管承受压降	
				正向电压	反向电压
单相半波可控	R	$0\sim 180^\circ$	$0.45U_2\frac{1+\cos\alpha}{2}$	$\sqrt{2}U_2$	$\sqrt{2}U_2$
单相桥式全控	R	$0\sim 180^\circ$	$0.9U_2\frac{1+\cos\alpha}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}U_2$	$\sqrt{2}U_2$
	LR	$0\sim 90^\circ$	$0.9U_2\cos\alpha$	$\sqrt{2}U_2$	
三相半波可控	R	$0\sim 150^\circ$	$1.17U_2\cos\alpha\ (\alpha<\pi/6)$	$\sqrt{2}U_2$	$\sqrt{6}U_2$
			$0.675U_2[1+\cos(\frac{\pi}{6}+\alpha)]$		
	LR	$0\sim 90^\circ$	$1.17U_2\cos\alpha$	$\sqrt{6}U_2=2.45U_2$	
三相桥式全控	R	$0\sim 120^\circ$	$2.34U_2\cos\alpha\ (\alpha<\pi/3)$	$\sqrt{2}U_2$	$\sqrt{6}U_2$
			$2.34U_2[1+\cos(\frac{\pi}{3}+\alpha)]$		
	LR	$0\sim 90^\circ$	$2.34U_2\cos\alpha$	$\sqrt{6}U_2=2.45U_2$	
双反星形电路		$0\sim 120^\circ$	$1.17U_2\cos\alpha$		
说明		$\theta=\pi-\alpha$	三相桥式全控电路：需要由宽脉冲或双窄脉冲触发。		

答：（P70）功率因数=有功功率 P/视在功率 S

（P71）有功功率  $P=UI\cos\phi$ ，功率因数=基波因素\*基波功率因数

（交流侧接电源 P84）有源逆变的条件：

1.要有直流电动势，其极性需和晶闸管的导通方向一致，其值应大于变流器直流侧的平均电压。

2.要求晶闸管的控制角 $\alpha > \pi/2$ ，使  $U_d$  为负数。只能选择全控以上电路

7.PWM,PFM,SPWM 概念，调制波和载波信号。

答:PWM（P163）：脉冲宽度调制。通过对一系列脉冲的宽度进行调制，来等效地获取所需要的波形（含形状和幅值。）

SPWM：正弦波脉宽调制。脉冲的宽度按正弦规律变化而和正弦波等效的 PWM 波形。保持开关周期 T 不变，调节开关导通时间  $t_{on}$ 。

PFM:脉冲频率调制。保持开关导通时间  $t_{on}$  不变，调节开关周期 T。

8.BUCK Boost 升降压电路原理及分析

答：升降压斩波电路（BUCK Boost）P127

9.功率因数与谐波分量的概念。

10.UPS 的类型，结构及各部分功能，蓄电池 Ah 和 C 的物理含义。

答：UPS（不间断电源 P218）异常断电时继续向负载供电，并保证供电质量，使负载供电不受影响的装置。蓄电池的额定容量，单位安时（Ah），它是放电电流安（A）和放电时间小时（h）的乘积。

UPS (不间断电源) 用来为敏感性负载提供有保证的电力。UPS 是安装在公共电网和敏感负载之间的电力装置, 它提供的电压具有:

- ① 高质量: 输出的正弦波不含公共电网中的任何骚扰并且其幅值和频率都在严格的容限范围内;
- ② 高可用性: 后备电源应确保连续提供在规定的容限范围内的电压。后备电源通常为电池, 在需要的时候, 它会不间断地投入来取代市电, 并提供应用负载所需要的后备时间。

这些特性使 UPS 成为所有敏感性应用负载的理想电源, 因为无论市电的状态如何, 它们都能保证电力的质量和可用性。

1) 整流器: 从公共电网处获得电力并产生直流电流供给逆变器和电池充电。

2) 逆变器: 需要时, 由电源供电, 产生一个高质量的正弦波输出电压。

3) 电源: 代替电网供电。

11. 换流方式, 半桥, 全桥电压型逆变器在阻感负载下工作原理, 波形分析, 电流型逆变电路的特点。

答: 换流方式 (P99):

1. **器件换流**。利用全控型器件的自关断能力进行换流。只适合全控型器件。后三者主要针对晶闸管。

2. **电网换流**。由电网提供换流电压。

3. **负载换流**。由负载提供换流电压。凡是负载电流的相位超前于负载电压的场合都能实现负载换流。

4. **强迫换流** (电容换流)。设置附加的换流电路, 给欲关断的晶闸管强迫施加反向电压或反向电流的方式。

电流型逆变器的特点:

1) . 直流侧串联大电感 (大电容), 相当于电流源。直流侧电流基本无脉动, 直流回路呈现高阻态 (电压型为低阻态)。

2) . 电路中开关器件的作用只是改变直流电流的流通途径 (由于直流电压源的钳位作用), 因此交流侧输出电流为矩形波, 并与负载阻抗角无关。而交流侧输出电压 (电流) 波形和相位则因负载阻抗情况的不同而不同。

3) . 当交流侧为阻感负载时需要提供无功功率, 直流侧电感 (电容) 起缓冲无功能量的作用。因为反馈无功能量时直流电流并不反向, (为了给交流侧向直流侧反馈的无功功率提供通道) 因此不需要 (需要) 给开关器件并联二极管。

12. 间接直流变流电路与直流斩波电路相比优点。 p131

13. 正激电路, 反激电路的特点。

答: 属于单端电路。 P136

优点: 电路简单, 成本低, 可靠性高, 驱动电路简单。

缺点: 变压器单向励磁, 利用率低。反激电路难以达到较大功率 (几瓦~几十瓦)

14. 交流调压电路, 交流调功电路, 斩控式调压电路, 电子开关的特点 P140

### 单相交流调压可归纳以下三点：

- ① 带电阻性负载时，负载电流波形与单相桥式可控整流交流侧电流波形一致，改变控制角 $\alpha$ 可以改变负载电压有效值。
- ② 带感性负载时，不能用窄脉冲触发，否则当 $\alpha < \varphi$ 时会发生有一个晶闸管无法导通的现象。
- ③ 带感性负载时， $\alpha$ 的移相范围为 $\varphi \sim 180^\circ$ ，带电阻性负载时移相范围为 $0 \sim 180^\circ$ 。

### ■ 交流调功电路与交流调压电路的异同比较

#### ◆ 不同点

✎ 交流调压电路在每个电源周期都对输出电压波形进行控制。

✎ 交流调功电路是将负载与交流电源接通几个周期，再断开几个周期，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。

✎ 因其直接调节对象是电路的平均输出功率，所以称为交流调功电路

I

■ 交流电力电子开关：把晶闸管反并联后串入交流电路中，代替电路中的机械开关，起接通和断开电路的作用。

■ 优点：响应速度快，没有触点，寿命长，可以频繁控制通断。

### ■ 与交流调功电路的区别

◆ 并不控制电路的平均输出功率。

◆ 通常没有明确的控制周期，只是根据需要控制电路的接通和断开。

◆ 控制频度通常比交流调功电路低得多。



---

■ 晶闸管交流开关是一种快速、理想的交流开关。它总是在电流过零时关断，在关断时不会因负载或线路电感储存能量而造成暂态过电压，因此特别适用于操作频繁、可逆运行及有易燃气体和多粉尘的场合。