目录

√什么是电力电子技术？01.....3
√电力电子技术的基础与核心分别是什么?02.....3
√请列举电力电子技术的 3 个主要应用领域。03.....3
√电能变换电路有哪几种形式？其常用基本控制方式有哪三种类型？ 04.....3
√从发展过程看，电力电子器件可分为哪几个阶段？简述各阶段的主要标志。 05.....3
√传统电力电子技术与现代电力电子技术各自特征是什么？ 06.....3
√电力电子技术的发展方向是什么? 07.....4
√按可控性分类，电力电子器件分哪几类？ 11.....4
√电力二极管有哪些类型？各类型电力二极管的反向恢复时间大约为多少？ 12.....4
√在哪些情况下，晶闸管可以从断态转变为通态？维持晶闸管导通的条件是什么？13.....4
√已处于通态的晶闸管，撤除其驱动电流为什么不能关断，怎样才能使晶闸管由导通变为关断？ 14.....4
√根据 GTO 的关断原理，说明：GTO 和普通晶闸管同为 PNPN 结构，为什么 GTO 能够通过门极控制关断，而普通晶闸管不能？ 16.....4
√关于 GTR，请回答如下两个问题： 1）描述 GTR 的二次击穿特性。 2）为什么 GTR 在开关瞬变过程中易被击穿?有什么预防措施? 17.....5
√如何防止电力 MOSFET 因静电感应应起的损坏？ 18.....5
√比较电力 MOSFET 与 IGBT 内部结构，说明电力 MOSFET 在开关特性上的优点。19...5
√作为开关使用时，IGBT 有哪些优点？ 110.....5
√试说明 IGBT、GTR、GTO 和电力 MOSFET 各自的优缺点。112.....5
√试分析电力电子集成技术可以带来哪些益处。智能功率模块与功率集成电路实现 集成的思路有何不同？ 113.....6
√IGCT 与 GTO、IGBT 相比，有哪些特点？ 114△.....6
√请说出 3 种硅材料制成的电流控制电力电子器件、3 种硅材料制成的电压控制电 力电子器件和 3 种碳化硅材料制成的电力电子器件。115△.....6
√电力电子器件的驱动电路对整个电力电子装置影响有哪些？21.....6
√驱动电路的基本任务有哪些？ 22.....6
√为什么要对电力电子主电路和控制电路进行电气隔离？其基本方法有哪些？ 23.....6
√由晶闸管构成的主电路对触发脉冲一般要求有哪些? 24.....7
√画出 GTO 理想的门极驱动电流波形，并说明门极开通和关断脉冲的要求。26.....7
√说明电力场效应晶体管栅极驱动电路的一般要求。27.....7
√GTO、GTR、电力 MOSFET 和 IGBT 的驱动电路各有什么特点？28.....7
√电力电子器件过电压产生的原因有哪些？ 29.....7

√发生过电流的原因有哪些? 210 8
√电力电子器件过电压保护和过电流保护各有哪些主要方法？211 8
√电力电子器件过热保护有哪些主要方法？ 212 8
√电力电子器件缓冲电路是怎样分类的？全控器件缓冲电路的主要作用是什么？试分析 RDC 缓冲电路中各元件的作用。 213 8
√在高压变流装置中，晶闸管串联使用以提高耐压，其均压措施有哪些？ 215 8
√ 电力 MOSFT、NPT 型 IGBT 易于并联使用的原因是什么?并联使用时还应注意哪些事项？ 216 8
√(其它基本概念—比较杂)、电力电力电子器件工作状态、开关损耗、通态损耗、常用的器件、串并联、开关速度、器件内部（PNPN 结构，MOSFET 与 IGBT)，晶闸管各电流名称、常用开关管的名称、晶闸管触发电路各环节名称（脉 冲宽度、锯齿宽度、移相范围）以及要求。其它器件触发电路及其方式，另外，如贝克钳位、栅极电阻、电压值 217 9
√时间比控制有哪三种控制方式？ 31 9
√试述脉冲宽度调制（PWM）基本原理。 32 9
√结合原理图，简述降压斩波电路的工作原理。 33 △ 9
√分别简述 Sepic 变换电路与 Zeta 变换电路的工作原理，并写出输入输出电压关系。 314 △ 9
√分析图 3-21a）所示的电流可逆斩波电路，并结合图 3-21b 的波形，绘制出各个阶 段电流流通的路径并标明电流方向。 315 △ 10
√多相多重斩波电路有何优点？ 316 10
√为什么正激变换器需要磁场复位电路？ 317 11
√试分析全桥，半桥和推挽电路中的开关和整流二极管在工作时承受的最大电压， 输入输出电压关系。 320 11
√试分析全桥式变换器的工作原理。321△ 12
√开关电源与线性稳压电源相比有何优缺点。322 12
√无源逆变电路和有源逆变电路有何不同？ 41 12
√逆变电路与变频电路有什么区别？ 42 12
√换流方式有哪几种？各有什么特点？ 43 13
√什么是电压型逆变电路？有何特点？ 44 13
√电压型逆变电路中反馈二极管的作用是什么？ 45 14
√说出总谐波畸变因数 THD 的含义。 46 14
√什么是异步调制？什么是同步调制？两者各有何特点？分段同步调制有什么优点？48. 14
√什么是 SPWM 波形的规则化采样法？与自然采样法相比规则采样法有什么优点？ 4915
√PWM 调制有哪些方法？它们各自的出发点是什么？ 410 15

√电流跟踪 SPWM 逆变有哪几种控制方式？411 15
√三相 SPWM 逆变电路采用什么样的控制方法可以提高直流电压利用率？ 415 16
√SVPWM 控制方法中，直流电压利用率（线电压峰值与直流电压的比值）最大值为多少? 416 16
√逆变电路多重化、多电平化的目的是什么? 三电平逆变电路有什么突出优点? 417 △ 16
√单相全波可控整流电路，分别给电阻性负载供电和带阻感负载供电时，如果流过 负载电流的平均值相同，试问哪种情况下通过负载的电流有效值更大? 54 16
√在三相半波可控整流电路中，如果触发脉冲出现在自然换流点附近之前，能否进行换流? 可能会出现什么情况? 58 16
√三相半波可控整流电路，如果 a 相的触发脉冲消失，试绘出电阻性负载和电感性负载下的直流电压 u_d 波形。 59 17
√单相桥式全控整流电路、三相桥式全控整流电路中，当负载分别为电阻负载或电感负载时，要求的晶闸管移相范围分别是多少？ 515 17
√三相桥式可控整流电路，六个晶闸管分别由六个同步信号为锯齿波的触发电路驱 动，某个触发电路的同步信号与对应晶闸管的阳极电压之间的相位有什么关系？ 516 17
√三相半波逆变电路，当 α>π/2 时，反电动 E_M 和整流电压 U_d 均为负值，若反电动势 $|E_M|>|U_d|$，电路运行情况如何?若反电动势 $|E_M|<|U_d|$，电路运行情况又如何？ 520 17
√使变流器工作于有源逆变状态的条件是什么？ 521 17
√试从电压波形图上分析，无论何种逆变电路，当电抗器电感量不够大时，则在 α=π/2 时输出直流平均电压 $U_d>0$，将造成被拖动直流电动机爬行（极低速转动）。 522 △ 18
√什么是逆变失败？如何防止逆变失败？ 526 18
√结合电路原理图，简要说明倍流整流电路的工作原理。527 △ 18
√结合电路原理图，简要说明同步整流电路的工作原理。 528 △ 18
√间接电流控制的 PWM 整流电路，当测量的交流侧电感量与工作过程中的实际值误差较大时，会影响输入电流与输入电压相位差吗？ 530 19
√直接电流控制的 PWM 整流电路，当设计的交流侧电感量与工作过程中的实际值误差较大时，对输入电流有何影响？ 531 19
√交流调压电路和交流调功电路有什么区别?各适合予何种负载? 611 19
√单相交流调压斩控电路工作原理。 6X △ 20
√何谓软开关和硬开关？谐振软开关的特点是什么？ 71 20
√高频化的意义是什么？为什么提高开关频率可以减小滤波器的体积和重量？为什么提高开关频率可以减小变压器的体积和重量？ 72 20
√软开关电路可以分为哪几类？73 20

什么是电力电子技术？01

答：电力电子技术是应用于电力技术领域中的电子技术；它是以利用大功率电子器件对能量进行变换和控制为主要内容的技术。国际电气和电子工程师协会（IEEE）的电力电子学会对电力电子技术的定义为：“有效地使用电力半导体器件、应用电路和设计理论以及分析开发工具，实现对电能的高效能变换和控制的一门技术，它包括电压、电流、频率和波形等方面的变换。”

电力电子技术的基础与核心分别是什么?02

答：电力电子技术的基础是电力电子器件，电力电子技术的核心是能量变换技术，并随着变换电路和控制技术的发展而发展的。

请列举电力电子技术的 3 个主要应用领域。03

答：电力电子技术的主要应用领域有：①电源装置；②电源电网净化设备；③电机调速系统；④电能传输和电力控制；⑤新能源开发和新蓄能系统；⑥照明及其它。

电能变换电路有哪几种形式？其常用基本控制方式有哪三种类型？ 04

答：电能变换电路可分为四类：

1)交流 - 直流变换电路(或称 AC - DC 整流电路),功能为将交流电能变换成直流电能；

2)直流 - 交流变换电路(或称 DC - AC 逆变电路),功能为将直流电能变换成交流电能；

3）交流 - 交流变换电路（或称 AC - AC 交流变换电路），功能为将一种交流电压或频率变换到另一种交流电压或频率；

4）直流 - 直流变换电路（或称 DC - DC 直流变换电路），功能为将一种直流电压变换成另一种幅值或极性不同的直流电压。

常用基本控制方式主要有以下三种类型：

相控方式：用于交流电源的电力变换器，如可控整流器、有源逆变器、交流调压器、周波变换器等。在该控制方式下，控制信号的变化结果体现为触发脉冲的移相。

频控方式：用于由直流电源供电的无源逆变器。在该控制方式下，控制信号的变化结果体现为控制脉冲频率的变化。

斩控方式：用于斩波器和采用脉宽调制 PWM 的变换器。在该控制方式下，控制信号的变化结果体现为变流元件导通时间和关断时间比值的变化。

从发展过程看，电力电子器件可分为哪几个阶段？简述各阶段的主要标志。 05

答：如果以电力电子技术器件的发展为主线，可以把它分为 3 个主要发展阶段，即

1）“晶闸管及其应用”， 主要标志为晶闸管；

2）“自关断器件及其应用”， 主要标志为可关断晶闸管 GTO、大功率（巨型）晶体管 GTR、功率场效应晶体管 Power MOSFET、绝缘栅双极晶体管 IGBT 等；

3）“功率集成电路和智能功率器件及其应用” ， 主要标志为功率集成电路 PIC 和智能功率模块 IPM。

传统电力电子技术与现代电力电子技术各自特征是什么？ 06

答：传统电力电子技术的特征：电力电子器件以半控型晶闸管为主，变流电路一般为相控型，控制技术多采用模拟控制方式。

现代电力电子技术特征：电力电子器件以全控型器件为主，变流电路采用脉宽调制型，控制技术多采用 PWM 数字控制技术。

电力电子技术的发展方向是什么? 07

答：电力电子技术的发展方向概括为以下几个方面：①新器件；②高频化与高效率；③集成化与模块化；④数字化；⑤绿色化。

按可控性分类，电力电子器件分哪几类？ 11

答：按可控性分类，电力电子器件分为不可控器件、半控器件和全控器件。

电力二极管有哪些类型？各类型电力二极管的反向恢复时间大约为多少？ 12

答： 电力二极管类型以及反向恢复时间如下：

1）普通二极管，反向恢复时间在 5 μs 以上。

2）快恢复二极管，反向恢复时间在 5 μs 以下。快恢复极管从性能上可分为快速恢复和超快速恢复二极管。前者反向恢复时间为数百纳秒或更长，后者在 100 ns 以下，甚至达到 20~30ns，多用于高频整流和逆变电路中。

3）肖特基二极管，反向恢复时间为 10～40 ns。

在哪些情况下，晶闸管可以从断态转变为通态? 维持晶闸管导通的条件是什么？13

答：晶闸管同时承受正向阳极电压并在门极施加触发电流（脉冲）时晶闸管才能导通，两者缺一不可。在两者条件都具备情况下，晶闸管可以从断态转变为通态。

维持导通的条件： 使流过晶闸管的电流大于能保持晶闸管导通的最小电流，即维持电流。

已处于通态的晶闸管，撤除其驱动电流为什么不能关断，怎样才能使晶闸管由导通变为关断？ 14

答： 已处于通态的晶闸管在内部已形成强烈的正反馈，即使撤去其驱动电流，会仍然维持导通的状态。因此晶闸管一旦导通后门极将失去控制作用，门极的电压和驱动电流对管子随后的导通或关断均不起作用。

要使晶闸管由导通变为关断， 可利用外加电压和外电路的作用使流过晶闸管的电流降到接近于零的某一数值以下，即降到维持电流以下，便可使导通的晶闸管关断。

根据 GTO 的关断原理，说明：GTO 和普通晶闸管同为 PNPN 结构，为什么 GTO 能够通过门极控制关断，而普通晶闸管不能？ 16

答： GTO 之所以能够自行关断，而普通晶闸管不能，是因为 GTO 与普通晶闸管在设计和工艺方面有以下几点不同：

1）在设计 GTO 时使其 α_2 较大，这样，晶体管 VT_2 控制灵敏，使 GTO 容易关断。

2）由于 GTO 的内部包含着许多共阳极的小 GTO 单元， GTO 元阴极面积小，门极和阴极间的距离短， P_2 基区的横向电阻小，可以从门极抽出更大的电流。

3） GTO 导通时，双晶体管模型中的 2 个晶体管共基极电流放大倍数之和 $\alpha_{12}+\alpha$ 大于 1 且近似等于 1（1.05 左右），因而处于临界饱和导通状态，若要关断 GTO，可用抽出部分阳极电流的办法破坏其临界饱和状态，使 GTO 用门板负信号关断。 SCR 的 $\alpha_{12}+\alpha$ 比 1 大 （大约为 1.15）， SCR 导通后处于深度饱和状态，因而用门极负脉冲不足以使 $\alpha_{12}+\alpha$ 达到小于 1 的程度，因而也就不能用门极负信号去关断阳极电流。这是 GTO 与 SCR 的一个极为重要的区别。

关于 GTR，请回答如下两个问题： 1）描述 GTR 的二次击穿特性。 2）为什么 GTR 在开关瞬变过程中易被击穿?有什么预防措施? 17

答： 1）当 GTR 集射极间的电压升高至击穿电压 BU_{CEO} 时，发生一次击穿，此时集电极电流急速增加，如果有外接电阻限制集电极电流的增长，一般不会引起晶体管特性变坏；一次击穿发生时，如果对集电极电流不加限制，集电极电流继续增加，集射极间的电压陡降，就会导致破坏性的二次击穿。所以，二次击穿是在器件发生一次击穿后，在某电压和电流点产生向低阻抗区高速移动的负阻现象。

2） GTR 的安全工作区较窄，当 GTR 在工作过程中所承受的电压电流都较大时，超出安全工作区域，那么 GTR 在开关瞬变过程中易被击穿。

预防措施就是加辅助电路，确保 GTR 所承受的电压电流在安全工作区域之内。

如何防止电力 MOSFET 因静电感应应起的损坏？ 18

答：电力 MOSFET 的栅极绝缘层很薄弱，容易被击穿而损坏。 MOSFET 的输入电容是低泄漏电容，当栅极开路时极易受静电干扰而充上超过 ± 20V 的击穿电压，所以为防止 MOSFET 因静电感应而引起的损坏，应注意以下几点：

1） 一般在不用时将其三个电极短接。

2） 装配时人体、工作台、电烙铁必须接地，测试时所有仪器外壳必须接地。

3） 电路中，栅、源极间常并联齐纳二极管以防止电压过高。

4） 漏、源极间也要采取缓冲电路等措施吸收过电压。

比较电力 MOSFET 与 IGBT 内部结构，说明电力 MOSFET 在开关特性上的优点。19

答： 内部结构相似之处： IGBT 内部结构包含了 MOSFET 内部结构。 内部结构不同之处：IGBT 内部结构有注入 P 区， MOSFET 内部结构则无注入 P 区。

开关特性的相似之处： IGBT 开关大部分时间由 MOSFET 运行，特性相似。

开关特性的不同之处： IGBT 的注入 P 区有电导调制效应， 有少子储存现象， 开关慢， 所以， 电力 MOSFET 开关速度快。

作为开关使用时，IGBT 有哪些优点？ 110

答： IGBT 将 MOSFET 与 GTR 的优点集于一身，既有输入阻抗高、速度快、热稳定性好、电压驱动型，又具有通态压降低，高电压、大电流的优点。

试说明 IGBT、GTR、GTO 和电力 MOSFET 各自的优缺点。112

答： IGBT 优点：开关速度高，开关损耗小，具有耐脉冲电流冲击的能力，通态压降较低，输入阻抗高，为电压驱动，驱动功率小。

缺点：开关速度低于电力 MOSFET,电压，电流容量不及 GTO。

GTR 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：开关速度低，为电流驱动，所需驱动功率大，驱动电路复杂，存在二次击穿问题。

GTO 优点：电压、电流容量大，适用于大功率场合，具有电导调制效应，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。

电力 MOSFET 优点：开关速度快，输入阻抗高，热稳定性好，所需驱动功率小且驱动电路简单，工作频率高，不存在二次击穿问题。

缺点：电流容量小，耐压低，一般只适用于功率不超过 10kW 的电力电子装置。

试分析电力电子集成技术可以带来哪些益处。智能功率模块与功率集成电路实现 集成的思路有何不同？ 113

答：带来的益处：装置体积减小、可靠性提高、使用方便、维护成本低。
智能功率模块与功率集成电路实现集成的思路的不同：前者是将一系列的器件集成为一个模块来使用（封装集成）， 而后者则是将所有的东西都集成于一个芯片当中（芯片集成）。

IGCT 与 GTO、IGBT 相比，有哪些特点？ 114

IGCT 与 GTO、 IGBT 相比，有以下几个特点：
1）保留了 GTO 阻断电压高（6kV），导通电流大（6kA）的优点。
2）在相同运行功率条件下，开关频率比 GTO 更高，可达到 1 kHz，开关损耗降低，约为 GTO 的一半。
3）由于采用了很薄的缓冲层和可穿透发射区结构，所以通态压降小，通态损耗几乎可以忽略不计，有利于器件的保护。
4） GTO 关断时需要一个庞大的缓冲电路。而 IGCT 可承受很大的 du/dt 的冲击，无需缓冲电路，逆变器结构设计的比 IGBT 还要简单，与传统的 GTO 相比，元器件数减少一半以上，系统更加简单、可靠。
5）器件与器件之间的开关过程一致性好，所以，可以容易地实现 IGCT 的串、并联，扩大其功率使用范围。
6）电压等级高于 IGBT，现有 IGCT 的电压等级为 4.5 kV 和 6 kV。

请说出 3 种硅材料制成的电流控制电力电子器件、3 种硅材料制成的电压控制电 力电子器件和 3 种碳化硅材料制成的电力电子器件。115

答：硅材料制成的电流控制器件： SCR、 GTO、 GTR。
硅材料制成的电压控制器件： MOSFET、 IGBT、 IGCT、 IEGT、 SIT、 SITH、 MCT。
碳化硅材料制成的电力电子器件：二极管、 MOSFET、 GTO、 IGBT、 IGCT 都已经有对应的碳化硅产品。

电力电子器件的驱动电路对整个电力电子装置影响有哪些？21

答：采用性能良好的驱动电路，可以使电力电子器件工作在较理想的开关状态，缩短开关时间，减少开关损耗，对装置的运行效率、可靠性和安全性都有重要意义。

驱动电路的基本任务有哪些？ 22

答：按控制目标的要求施加开通或关断的信号。对半控型器件只需提供开通控制信号。对全控型器件则既要提供开通控制信号，又要提供关断控制信号。除此之外，驱动电路一般还要提供控制电路与主电路之间的电气隔离环节，一般采用光隔离或磁隔离。

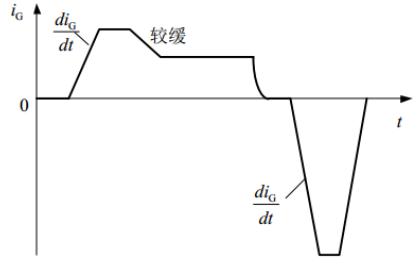
为什么要对电力电子主电路和控制电路进行电气隔离？其基本方法有哪些？ 23

答：对电力电子主电路和控制电路进行电气隔离可以提高电力电子装置的安全使用，同时防止主电路和控制电路之间的干扰，其基本方法有光隔离、磁隔离。

由晶闸管构成的主电路对触发脉冲一般要求有哪些? 24

1）触发信号应有足够大的功率；
2）触发脉冲的同步及移相范围；
3）触发脉冲信号应有足够的宽度，且前沿要陡；
4）为使并联晶闸管元件能同时导通，触发电路应能产生强触发脉冲；
5）应有良好的抗干扰性能、温度稳定性及与主电路的电气隔离。

画出 GTO 理想的门极驱动电流波形，并说明门极开通和关断脉冲的要求。26



除电气隔离外，可关断晶闸管的门极驱动电路的一般要求有:
1）开通时，驱动信号前沿要陡，且应有足够大的功率与足够的宽度。
2）可关断晶闸管关断时，门极驱动电路应产生负电压并具有足够的灌电流能力。
3）GTO 关断后，门极驱动电路应保持负电压。

说明电力场效应晶体管栅极驱动电路的一般要求。27

答：栅极驱动电路的一般要求有：
1）为快速建立驱动电压，要求驱动电路具有较小的输出电阻。
2）开通时栅源极驱动电压一般取 10～15V。
3）在关断时，要求施加一定幅值的负驱动电压，有利于减小关断时间和关断损耗。
4）在栅极串入一只低值电阻可以减小寄生振荡。

GTO、GTR、电力 MOSFET 和 IGBT 的驱动电路各有什么特点？28

答：IGBT 驱动电路的特点是：驱动电路具有较小的输出电阻，IGBT 是电压驱动型器件，IGBT 的驱动多采用专用的混合集成驱动器。
GTR 驱动电路的特点是：驱动电路提供的驱动电流有足够陡的前沿，并有一定的过冲，这样可加速开通过程，减小开通损耗，关断时，驱动电路能提供幅值足够大的反向基极驱动电流，并加反偏截止电压，以加速关断速度。
GTO 驱动电路的特点是：GTO 要求其驱动电路提供的驱动电流的前沿应有足够的幅值和陡度，且一般需要在整个导通期间施加正门极电流，关断需施加负门极电流，幅值和陡度要求更高，其驱动电路通常包括开通驱动电路，关断驱动电路和门极反偏电路三部分。
电力 MOSFET 驱动电路的特点：要求驱动电路具有较小的输入电阻，驱动功率小且电路简单。

电力电子器件过电压产生的原因有哪些？ 29

答：电力电子器件过电压产生的原因有外因和内因 2 方面，外因包括操作过电压和雷击过电压；内因包括换相过电压和关断过电压。

发生过电流的原因有哪些? 210

答：当晶闸管变流装置内部某一器件击穿或短路、触发电路或控制电路发生故障，外部出现过载重载、直流侧短路、可逆传动系统产生环流或逆变失败，以及交流电源电压过高或过低、缺相等状况时，均可引起装置其他元件的电流超过正常工作电流，即出现过电流。

电力电子器件过电压保护和过电流保护各有哪些主要方法？211

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。

电力电子器件过热保护有哪些主要方法？ 212

答：电力电子器件过热保护主要方法有：

1）降低损耗。

2）减小热阻。 1）一方面减小接触热阻 $R_{\theta CS}$ 。 2）另一方面减小散热器热阻 $R_{\theta Sa}$ 。

3）加强散热。电力电子装置常用冷却方式分为四种：自冷、风冷、液冷和沸腾冷却。

电力电子器件缓冲电路是怎样分类的？全控器件缓冲电路的主要作用是什么？试分析 RDC 缓冲电路中各元件的作用。 213

答：电力电子器件缓冲电路有不同的分类方法。缓冲电路又称为吸收电路，通常可以分为关断缓冲电路和开通缓冲电路。关断缓冲电路又称为 du/dt 抑制电路，开通缓冲电路又称为 di/dt 抑制电路。将关断缓冲电路和开通缓冲电路结合在一起，称为复合缓冲电路。还可以分类方法：缓冲电路中储能元件的能量如果消耗在其吸收电阻上，则被称为耗能式缓冲电路；如果缓冲电路能将其储能元件的能量回馈给负载或者电源，则被称为馈能式缓冲电路，或称为无损吸收电路。

全控器件缓冲电路分为关断、开通缓冲电路。全控器件关断缓冲电路的主要作用是抑制过电压或 du/dt, 全控器件开通缓冲电路的主要作用是抑制过电流或 di/dt。

RDC 缓冲电路中电阻 R 的作用是为电容 C 提供释放能量的通路并消耗 C 上的能量，二极管 D 的作用是在器件关断、电压上升时，使器件电压嵌位在电容 C 上的电压，电容 C 的作用是在器件关断时抑制过电压和 du/dt。

在高压变流装置中，晶闸管串联使用以提高耐压，其均压措施有哪些？ 215

答： 晶闸管串联运行时应有相应的均压措施， 均压包含静态和动态。 静态均压措施包括：选用参数和特性尽量一致的器件；采用电阻 R_P 均压， R_P 的阻值应比器件阻断时的正、反向电阻小得多。动态均压措施包括：选择动态参数和特性尽量一致的器件；用 R_D C_D 并联支路作动态均压；还有采用门极强脉冲触发可以显著减小器件开通时间的差异。

电力 MOSFT、NPT 型 IGBT 易于并联使用的原因是什么?并联使用时还应注意哪些事项？ 216

答： 电力 MOSFT、 NPT 型 IGBT 易于并联使用的原因在于电力 MOSFT 的通态电阻具有正温度系数特性， NPT 型 IGBT 的通态压降具有正温度系数特性。

MOSFET 或 IGBT 并联使用时，多个管子型号、厂家一致，连线尽量做到一致，同时主

回路各模块布线电阻和电感一致。即使这样， n 个相同等级的模块并联时，允许的电流应小于 nI_{CN} （I_{CN} 为额定值），因为每个开关管之间的电流不可能完全均衡，所以，应适当降低允许值。

(其它基本概念—比较杂)、电力电力电子器件工作状态、开关损耗、通 态损耗、常用的器件、串并联、开关速度、器件内部（PNPN 结构，MOSFET 与 IGBT），晶闸管各电流名称、常用开关管的名称、晶闸管触发电路各环节名称（脉 冲宽度、锯齿宽度、移相范围）以及要求。其它器件触发电路及其方式，另外，如贝克钳位、栅极电阻、电压值 217

时间比控制有哪三种控制方式？ 31

答：时间比控制主要有脉冲频率调制（PFM）、脉冲宽度调制（Pulse Width Modulation－PWM）及混合调制三种控制方式。

试述脉冲宽度调制（PWM）基本原理。 32

答：脉宽调制是目前电能变换中最重要的变换技术，其基本原理内容为：冲量相等而形状不同的 PWM 波（或窄脉冲）加在具有惯性的环节上时，其效果基本相同。

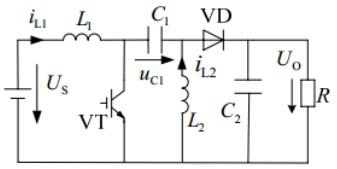
结合原理图，简述降压斩波电路的工作原理。 33

答：降压斩波器的原理是：在一个控制周期中，让VT导通一段时间 t_{on}，由电源E向L、R供电，在此期间，$u_0 = U_S$。然后使VT关断一段时间 t_{off}，此时电感L通过二极管VD向负载R供电，$u_0 = 0$。一个周期内的平均电压 $U_0 = \dfrac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} U_S$。输出电压小于电源电压，起到降压的作用。

分别简述 Sepic 变换电路与 Zeta 变换电路的工作原理，并写出输入输出电压关系。314

答：Sepic 变换电路由电感 L_1 和 L_2、电容 C_1、开关管 VT、二极管 VD、输出侧电容 C_2 和负载 R、输入电源 U_S 构成。当 VT 处于通态时，U_S、L_1、VT 构成一个回路，C_1、VT、L_2 也构成一个回路同时导电，L_1 和 L_2 贮能，通过电感的电流上升。

当 VT 处于断态时，U_S、L_1、C_1、VD、负载构成一个回路，L_2、VD、负载也构成一个回路，两个回路同时导电，此阶段 U_S 通过 L_1 既向负载供电，同时也向 C_1 充电，其中 C_1 上贮存的能量在 VT 处于导通时向 L_2 转移。



输入输出关系：$\dfrac{U_O}{U_S} = \dfrac{\rho}{1-\rho}$

Zata 斩波电路由电感 L_1 和 L_2、电容 C_1、开关管 VT、二极管 VD、输出侧电容 C_2 和负载 R、输入电源 U_s 构成。在 VT 处于通态期间，电源 U_s 经开关 VT 向电感 L_1 贮能。同时，U_s 和电容 C_1 共同向负载 R 供电，并向 C_2 充电。VT 关断后，L_1、C_1、

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/108117004056006035