

电力电子技术(power electronic technology)是以电力为对象的电子技术,是一门利用电力电子器件对电能进行转换与控制的新兴学科。电力电子技术包括如下三大部分:

- (1) 电力电子器件(power electronic device);
- (2) 电力电子(功率)交流技术(power conversion technique), 包括改变频率、电压、电流及变换相数等;
- (3) 控制技术。



图 1 电力半导体器件的形成及发展

电力电子技术的应用已深入到工业生产和社会生产的各个方面。典型的用途如电化学、直流动动、交流传动、电机励磁、电镀及电加工、中频感应加加热、交流不间断电源、稳定电源、电子开关、高压静电除尘、直流输电和无功补偿等。电力电子技术已成为传统产业和高新技术领域不可缺少的关键技术,可以有效地节约能源,并成为新能源(燃料**电池**、太阳能和风力发电等)与电网的中间接口。

1948年普通晶体管的发明引起了电子工业革命。**半导体**器件首先应用于小功率领域,如通信、信息处理的计算机。1958年,从美国通用电气公司研制第一个工业用的普通**晶闸管**开始,大大扩展了半导体器件功率控制的范围。电能的变换和控制从旋转的变流机组、静止的离子变流器进入到以电力半导体器件组成的变流器时代,这标志着电力电子技术的诞生,晶闸管为电力电子学科的建立立下了汗马功劳。晶闸管是半控型器件,不能自关断,属于第一代电力电子器件。至今晶闸管及其派生器件仍广泛应用于各种变流器,并且还在发展中。由于包括晶闸管在内的电力电子器件具有体积小、重量轻、功耗小、效率高、响应快等特点,用它构成的变流装置具有可靠性高、寿命长、容易维护等优点,特别是它可节约能源;所以得到飞速的发展。可以认为电力电子学就是应用在电力技术领域中的电子学,它是电气工程中电力、电子和控制三大主要领域之间的边缘学科。

30 多年来，随着半导体制造技术和变流技术的发展，一代又一代的电力电子器件相继问世，使它的应用领域迅猛扩大，如交流电机变频调速技术的蓬勃发展和日益迫切需要可控制关断的(即自关断的)电力电子器件(全控型器件)；因此相继出现了电力晶体管(GTR)、可关断晶闸管(GTO)、电力场效应晶体管(MOSFET)等，这些可称为第二代电力电子器件。

到 20 世纪 80 年代后期，出现了以绝缘栅极双极晶体管(IGBT)为代表的复合型器件。IGBT 是 MOSFET 和 GTR 的复合，它是用 MOSFET 驱动双极型晶体管，兼有 MOSFET 的高输入阻抗和 GTR 的低导通压降两方面的优点。与此相仿，MCT(MOS controlled thyristor)是 MOSFET 驱动晶闸管的复合器件，集场效应晶体管与晶闸管的优点于一身，被认为是性能最好，最有发展前途的一种新器件。

这些电力电子器件的形成及发展过程可用图 1 所示的树型图来表示。

可以说,20 世纪 70 年代评价电力电子器件的品质因数的主要标准是大容量，即电流与电压的乘积。到 20 世纪 80 年代，器件发展的主要目标是高频化，所以评价器件品质因数的标准是功率与频率的乘积。到 20 世纪 90 年代，电力电子器件发展的主要目标是高性能化，即大容量、高频率、易驱动、低损耗。因此评价器件品质因数的主要标准是容量、开关速度、驱动功率、通态压降、芯片利用率。为了实现这一高性能化，将出现许多重要的工艺，如平面工艺、大规模集成工艺、多层金属化、厚膜技术和高能量技术。

2、常用电力电子器件的分类及其应用领域

电力电子器件的种类很多，按开关控制性能划分；如图 2 所示。

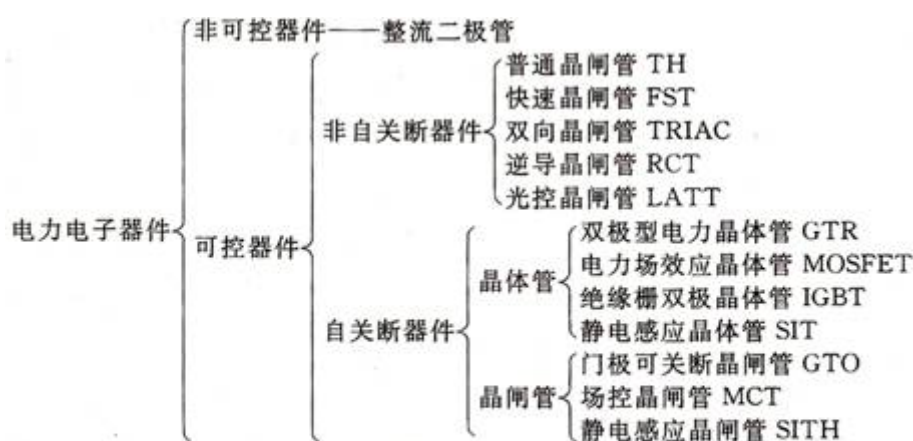


图 2 电力电子器件按开关控制性能分类

表 1 归纳了常用电力电子器件的特性、代表性应用领域及常见生产企业。

表 1 常用电力电子器件的特性、代表性应用领域及常见生产企业

种类	符号图	工作波形	器件特性	应用领域	生产企业
			额定电压、电流和开关频率		
二极管			5 kV/3 kA/几百 Hz	各种整流装置	摩托罗拉公司, 荷兰飞利浦等
晶闸管			4 kV/3 kA/几百 Hz 8 kV/3.5 kA 光晶闸管	炼钢厂、轧钢机厂、电解用整流器、直流输电	摩托罗拉公司, 西安电力电子技术研究所, 西安电力整流器厂
门极可关断晶闸管 (GTO)			6 kV/6 kA/几百 Hz	工业、电力机车用逆变器, 无功功率补偿器	英国 Mitel 公司, 日本东芝、日立、三菱, 瑞士 ABB 公司
功率场效应晶体管 (MOSFET)			600 V/70 A/约 100 kHz	开关电源、OA 机器和汽车	日本东芝、三社电机, 美国 IR、APT 公司、摩托罗拉公司
绝缘栅双极晶体管 (IGBT)			600 V/400 A/约 20 kHz 2.5 kV/1.2 kA/约 2 kHz	各种逆变器 (UPS、电动控制、家电)	日本东芝、富士电机、三菱、三社电机, 德国西门康、西门子, 英国 Mitel 等

3、电力电子器件的发展趋势

电力电子器件的发展趋势主要体现在以下几方面。

(1) 制作材料新型化。新型材料砷化镓(CaAs)、镓铝砷(GaAlAs)、碳化硅和金刚石等将得到发展和应用。其中, 以碳化硅最有前途, 已有相关样品, 且研究表明, 用碳化硅制作出的电力电子器件, 工艺与硅材料部分兼容, 但用碳化硅制作的器件的性能要比硅器件优良得多。

(2) 制造工艺和技术将得到突飞猛进的发展, 可望有新的突破。其目的是提高各种电力电子器件的容量, 使其具有更高的电压、更大的电流、更快的开关速度及更小的通态压降。

(3) 冷却技术将另辟蹊径。虽然器件的冷却技术从自然冷却、风冷、水冷、油冷、热管冷却发展到沸腾冷却; 但从保护臭氧层出发, 采用氟利昂的沸腾冷却技术将不断得到广泛地应用。这就要求用冷却材料和技术进一步开发新型的电力电子器件。

(4) 各种电力电子器件将朝着高压、大电流及高频率方向发展, SCR、GTR 短时间不会退出历史舞台。目前, 高压 IGBT 已对传统 GTO 技术提出了挑战, 而对传统 GTO 的巨大改进, 则产生了集成门极换向晶闸管 IGCT 技术。在中、高压功率应用中, 要求将成熟的低损耗晶闸管技术与无吸收高性能价格比的门极关断特性有机地结合起来。迄今为止, IGBT 与 IGCT 是符合这种要求的最佳器件。地未来的一段时间里, 将是各种电力电子器件扩大容量、取长补短、公平竞争、共

同发展的时代，它们各自的性能价格比将直接影响其自身发展速度和应用领域。图3给出了2000年相对1996年部分电力电子器件达到的功率、频率及占领市场的功率范围。

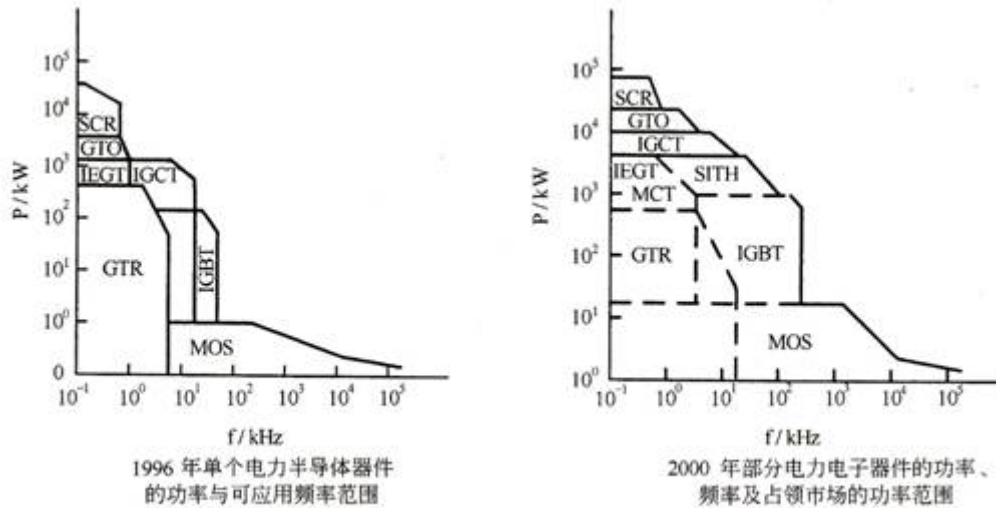


图3 1996年及2000年部分电力电子器件的功率、频率及占领市场的功率范围示意图

(5) 各种电力电子器件将高度模块化。电力电子器件模块的电压、电流及频率都将进一步提高，而体积可望随新材料的出现而减小，有可能深入到各个领域，进而取代一大批分立式电力电子器件。

(6) PIC的应用领域将进一步扩大。将出现电力电子器件与微电子线路高度集成的模块，它将进入视听、大屏幕显示、办公自动化、汽车工业、机器人、工厂自动化及家庭自动化领域。与其他替换产品相比，PIC能以较低的成本或更高的可靠性达到特定的功能，所以它的批量使用将推动电力电子技术的进步。