

电气自动化通用设备应用系列

西门子变频器 入门与典型应用

王建 杨秀双 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电气自动化通用设备应用系列

西门子变频器 入门与典型应用

主 编 王 建 杨秀双
副主编 李 伟 杨晓辉 孙继亮
参 编 徐 铁 徐洪亮 宋永昌
主 审 施利春



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

变频器被国外称为“新近国家工业三大支柱”之一的工业自动化理想控制装置,近年来已广泛应用于自动化的各个领域。

本书以西门子 MM420 系列变频器为例,系统地介绍了变频器的基本使用方法及实训操作,并介绍了十余种典型应用线路等。全书共分 3 章:第 1 章介绍西门子 MM420 变频器的基础知识,主要讲述了变频器的选用、安装维护与基本操作等;第 2 章介绍变频器基本控制线路,主要讲述了变频器的点动、正反转、PID 及多段速控制;第 3 章介绍变频器与 PLC 在典型控制系统中的应用,主要讲述了变频器与 PLC 的综合应用,包括恒压供水系统、锅炉鼓风机、离心机、刨床、卷扬机控制系统,以及注塑机 PLC、变频器改造等。本书章节内容按照“基本知识”、“实战演练”、“自我训练”模块划分,对理论知识点到为止,适当简化对“是什么”的陈述,尽量压缩对“为什么”的解释,在允许的篇幅内充分放大对“怎么办”的具体说明,以提升技能操作为目的。

本书可作为工矿企业电气技术人员,中、高级电工,设备操作人员的读物,也可供专业院校电气自动化专业高技能人才培养和相关人员自学。



图书在版编目 (CIP) 数据

西门子变频器入门与典型应用/王建,杨秀双主编. —北京:
中国电力出版社, 2011. 9

(电气自动化通用设备应用系列)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2108 - 3

I. ①西… II. ①王… ②杨… III. ①变频器 - 基本知识
IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 184293 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 14 印张 251 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

国家《高技能人才培养体系建设“十一五”规划纲要》（简称《纲要》）要求，在“十一五”期间，要完善高技能型人才培养体系建设，加快培养一大批结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识建设技能型高技能人才。《纲要》是加快推进人才强国战略、提升产业工人队伍整体素质、增强我国核心竞争力和自主创新能力的重要举措。

为加快培养一大批数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才，为“中国制造”制造千万能工巧匠，我们组织有关专家、学者和高级技师编写了一套《电气自动化通用设备应用系列》丛书。在本丛书的编写过程中，贯彻了“简明实用，突出重点”的原则，把编写重点放在以下几个方面：

第一，内容上突出新知识、新技术、新工艺和新材料，力求反映电气自动化四新技术的应用。涵盖了可编程控制器、变频器、单片机、触摸屏、传感器以及工控组态等现代工业支柱的内容。

第二，坚持以能力为本，编写形式上采用了理论和技能全面兼顾的模式，力求使本丛书在编写形式上有所创新，以任务驱动为主线，使本丛书更贴近实用。

第三，从推广综合应用的角度出发，突出了各项技术的综合和典型应用，服务于生产实际。

但愿本丛书为广大电气工作人员所乐用，使本丛书成为您的良师益友！

由于时间和编者的水平所限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者对本丛书提出宝贵意见。

编者

2011年11月

前言

绪论	1
0.1 概述	1
0.2 电力电子器件	6
0.3 电力电子器件的分类	9
0.4 当前电力电子器件的发展方向	12
第 1 章 西门子 MM420 变频器基础知识	17
1.1 变频器的认识	17
1.2 变频器的选用	26
1.3 变频器的安装	35
1.4 MM420 变频器的调试	49
第 2 章 变频器基本控制线路	61
2.1 点动运行控制线路	61
2.2 正转连续控制线路	65
2.3 正反转控制线路	71
2.4 外接两地控制线路	77
2.5 PID 控制电路系统	81
2.6 多段速控制线路	93
第 3 章 变频器与 PLC 在典型控制系统中的应用	100
3.1 恒压供水变频控制系统	100
3.2 锅炉鼓风机变频控制系统	110
3.3 离心机变频控制系统	118
3.4 刨床变频控制系统	125
3.5 卷扬机变频控制系统	133

3.6 PLC + 变频器控制线路的设计、安装与调试	142
3.7 注塑机 PLC、变频器改造	157
3.8 中央空调控制系统	178
附录 MM420 参数表	197
参考文献	216

绪 论

学习目标



1. 了解变频器的发展历程。
2. 了解变频器的应用领域。
3. 了解我国变频器的发展概况。
4. 了解构成变频器的核心元件——电力电子器件的产生与发展。

0.1 概述

0.1.1 变频器的产生与发展

变频器是利用电力电子半导体器件的通断作用,将工频电源变换为另一频率电能的控制装置,用以实现交流电动机的变速运行的设备,是运动控制系统的功率变换器。

变频调速技术涉及电力、电子、电工、信息与控制等多个学科领域。随着电力电子技术、计算机技术和自动控制技术的发展,以变频调速为代表的近代交流调速技术有了飞速的发展。交流变频调速传动克服了直流电动机的缺点,发挥了交流电动机本身固有的优点(结构简单、坚固耐用、经济可靠、动态响应好等),并且很好地解决了交流电动机调速性能先天不足的问题。交流变频调速技术以其卓越的调速性能、显著的节电效果以及在国民经济各领域的广泛适用性,被公认为是一种最有前途的交流调速方式,代表了电气传动发展的主流方向。变频调速技术为节能降耗、改善控制性能、提高产品的产量和质量提供了至关重要的手段。变频调速理论已形成较为完整的科学体系,成为一门相对独立的学科。

20 世纪是电力电子变频技术由诞生到发展的一个全盛时代。最初的交流变频调速理论诞生于 20 世纪 20 年代,直到 60 年代,由于电力电子器件的发展,才促进了变频调速技术向实用方向发展。芬兰瓦萨控制系统有限公司的前身——瑞典的 STRONGB,于 20 世纪 60 年代成立,并于 1967 年开发出世界上第一台变频器,被称为变频器的鼻祖。

20 世纪 70 年代席卷工业发达国家的石油危机，促使它们投入大量的人力、物力、财力去研究高效率的变频器，使变频调速技术有了很大发展并得到推广应用。80 年代，变频调速已产品化，性能也不断提高，发挥了交流调速的优越性，广泛地应用于工业各部门，并且部分取代了直流调速。进入 90 年代，由于新型电力电子器件如绝缘栅双极型晶体管（Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT）、集成门极换流型晶闸管（Integrated Gate Commutated Thyristor, IGCT）等的发展及性能的提高、计算机技术的发展，如由 16 位机发展到 32 位机以及数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）的诞生和发展（如磁场定向矢量控制、直接转矩控制）等原因，极大地提高了变频调速的技术性能，促进了变频调速技术的发展，使变频器在调速范围、驱动能力、调速精度、动态响应、输出性能、功率因数、运行效率及使用的方便性等方面大大超过了其他常规交流调速方式，其性能指标亦已超过了直流调速系统，达到取代直流调速系统的地位。

目前，交流变频调速以其优异的性能深受各行业的普遍欢迎，交流电动机变频调速已成为当代电动机调速的潮流，它以体积小、质量轻、转矩大、精度高、功能强、可靠性高、操作简便、便于通信等功能优于以往的任何调速方式，如变极调速、调压调速、滑差调速、串级调速、整流子电动机调速、液力耦合调速，乃至直流调速。因而在钢铁、有色、石油、石化、化纤、纺织、机械、电力、电子、建材、煤炭、医药、造纸、注塑、卷烟、吊车、城市供水、中央空调及污水处理行业得到普遍应用。

0.1.2 变频器的分类

目前国内外变频器的种类繁多，大体上可以按以下几种方式进行分类。

1. 按照频率变换环节分类

按照频率变换环节分类，变频器可分为交—交变频器和交—直—交变频器两大类。

(1) 交—交变频器。交—交变频器把恒频恒压（CVCF）的交流电直接变换为频率连续可调（VVVF）的交流电，因此又称为直接变频器。其主要优点是没有中间环节，因此变换效率高。但所用器件数量更多，总设备投资巨大。交—交变频器的最大输出频率为 30Hz，频率连续可调的范围窄，使其应用受到限制，主要应用于低速大容量的拖动系统中。

(2) 交—直—交变频器。交—直—交变频器首先将恒频恒压的交流电整流为直流电，经滤波后再将平滑的直流电逆变为频率连续可调的交流电。由于将直流电逆变为交流电的环节比较容易控制，因此在频率的调节范围内，以及改善频率后电动机的特性等方面有较明显的优势，目前这种变频器已经得到普及。





2. 按电压的调制方式分类

按电压的调制方式分类，变频器可分为脉幅调制和脉宽调制两大类。

(1) 脉幅调制 (Pulse Amplitude Modulation, PAM)。所谓 PAM 是指变频器通过调节输出脉冲的幅值来调节输出电压的一种方式。调节过程中，逆变器负责调频，相控整流器或直流斩波器负责调压。

(2) 脉宽调制 (Pulse Width Modulation, PWM)。所谓 PWM 是通过调节脉冲输出的宽度和占空比来调节输出电压的一种方式，调节过程中，逆变器负责调频调压。目前普遍应用的是脉宽按正弦规律变化的正弦调制方法 (SPWM)。现在中小型的通用变频器几乎都是采用此类调制方法。

3. 按滤波方式分类

按滤波方式分类，变频器可分为电压型变频器和电流型变频器两大类。

(1) 电压型变频器。在交—直—交变频装置中，中间直流环节采用大电容滤波，直流电压波形比较平直，理想情况下可以看成是一个内阻抗为零的恒压源，这类变频装置称为电压型变频器。交—交变频器虽然没有滤波电容，但供电电源的低阻抗使它具有电压源的性质，也属于电压型变频器。

(2) 电流型变频器。在交—直—交变频装置中，中间直流环节采用大电感滤波，直流电流波形比较平直，电源内阻抗很大，这类变频装置称为电流型变频器。交—交变频器中使用电抗器将输出电流强制变为矩形波或阶梯波，具有恒流源性质，也属于电流型变频器。

4. 按输入交流电源的种类分类

按输入交流电源种类分类，变频器可分为三进三出变频器和单进三出变频器两大类。

(1) 三进三出变频器。输入、输出变频器的交流电源都是三相交流电，大多数的变频器都属于这种类型。

(2) 单进三出变频器。变频器输入端为单相交流电，输出端为三相交流电，家用电器中的变频器都属此类，容量一般较小。

5. 按电压等级分类

按电压等级分类，变频器可分为低压变频器和高压变频器两大类。

(1) 低压变频器。这类变频器又称为中小容量变频器，一般容量为 0.2 ~ 280kW，大的可达 500kW。这类变频器电源电压，单相为 220 ~ 240V、三相电源电压为 220V 或 380 ~ 460V，通常额定电压标称为 200、400V。本书介绍的变频器就是此类变频器。

(2) 高压变频器。这类变频器有两种形式，一种采用升、降压变压器，称为高一低—高式变频器，亦可称为间接高压变频器；另一种采用高压大容量

GTO 晶闸管或晶闸管功率元件串联结构，不用输入、输出变压器，也称为直接高压变频器。

6. 按控制方式分类

按控制方式分类，变频器可分为 U/f 控制变频器、转差频率控制变频器和矢量控制变频器三大类。

7. 按用途分类

按用途分类，变频器可分为通用型变频器，风机、泵类专用变频器，注塑机专用变频器和其他如能量可回馈型变频器、地铁机车变频器、电梯专用变频器等各个领域专用的变频器。

0.1.3 变频器的应用领域

变频器的全称为交流变频调速器，主要用于交流电动机。在调整输出频率的同时按比例调整输出电压，从而改变电动机转速，以达到交流电机调速的目的。变频器是电力电子技术、微电子技术、控制技术相结合的综合性高技术产品，被称为“现代工业维生素”。

变频器于 20 世纪 60 年代问世，到 20 世纪 80 年代在主要工业化国家已经得到广泛使用，特别是在日本，变频技术在家用电器中的应用更为普遍，帮助日本确立了电器大国的地位。

变频器的第一功效即是节能，在现今世界能源紧缺，而新能源的研究还没有取得实质性突破的情况下，如何利用好现在来之不易的能源，就是世界各国在生活、生产中需要考虑的重中之重的问題。

电动机系统在设计过程中都留有一定的余量，变频器通过降低电动机转速减少输出功耗，实现“按需供能”。变频器用于风机、泵类等，可达到 50% 的节能率；用于其他工艺要求调速的负载，也可获得 10% ~ 40% 的节能效果。

以冰箱为例，我国的电源电压为 220V、50Hz，在这种条件下工作的空调是定频空调。由于供电频率不能改变，定频空调的压缩机转速基本不变，所以它不能大幅度的调节能量，而是通过频繁开启、关闭压缩机的方式来调节房间温度高低。而与之相比，变频空调通过改变电动机转速按需供能，这样它的压缩机就不会频繁开启，会使压缩机保持稳定的工作状态，可以使空调整体达到节能 30% 以上的效果，同时可以减少噪声（就是所谓的静音化）、延长空调使用寿命。

再看看电梯的例子。安置了变频器的电梯，可以根据不同的运载重量、不同的运载里程来改变电动机转速，从而达到节能和乘梯人舒适性的效果。据专家称，在电梯中采用变频器调速可以实现节能 40% 以上。而据报道称，我国使用的电梯中，只有 1.92% 的电梯采用了变频控制节能型电梯主机，而使用 10 年以上的电梯则均属于严重耗电型。





变频器的另一重要功效就是可与 PLC（专为工业环境应用而设计的一种可编程控制器）、上位机（控制台）等进行配合，达到精确控制、改善产品品质、提高生产效率、降低维护费用、提高生产自动化水平的目的。这似乎与日常生活遥远，但人们却享受着这种技术带来的完美细节。

比如，变频器用于造纸机传动控制中，实现了高精度的同步控制，保证了车速的稳定，极大地减少了断纸率和停车时间，节省了大量的设备维护费用，从而提高了成品纸张的质量。再比如，变频器用于纺织生产中，满足了纺织生产中特殊的摆频要求，实现了温度、压力、流量、浓度等各种工艺参数的在线控制，实现了布匹中各种疵点的自动检测和消除，大幅度提高了生产自动化水平 and 生产效率。

随着现代电力电子技术和微电子技术的迅猛发展，高压大功率变频调速装置不断地成熟起来，原来一直难以解决的高压问题，近年来通过器件串联或单元串联得到了很好地解决。其应用的领域和范围也越来越广范，这使得高效、合理地利用能源（尤其是电能）成为可能。

电动机是国民经济中主要的耗电大户，高压大功率的电动机更为突出，而這些设备大部分都有节能的潜力。大力发展高压大功率变频调速技术，将是时代赋予我们的一项神圣使命，而这一使命也将具有深远的意义。

通常把用来驱动 1kV 以上交流电动机的中、大容量变频器称为高压变频器。按照国际惯例和我国相关国家标准，当供电电压大于或等于 10kV 时称高压，小于 10kV 时称中压，相应额定电压 1 ~ 10kV 的变频器应分别称为中压变频器和高压变频器。但考虑到在这一电压范围内的变频器有着共同的特征，且习惯上也把额定电压为 3kV 或 6kV 的电动机称为高压电动机，因此，为简化叙述起见，本文也称之为高压变频器。

截至 2006 年底，我国发电装机总容量为 5.08 亿 kW，已突破 5 亿 kW。其中火电装机约占 80%，为 4 亿 kW 左右。全国年发电量已突破 2 万亿 kWh。而我国的能源利用率却平均比发达国家低 20% 左右。

全国电动机装机总容量已达 4 亿多 kW，年耗电量达 12 000 亿 kWh，占全国总用电量的 60%，占工业用电量的 80%；其中风机、泵类、压缩机的装机总容量已超过 2 亿 kW，年耗电量达 8000 亿 kWh，占全国总用电量的 40% 左右。70% 以上的风机、泵类、压缩机应调速运行，而至今仅有约 5% 左右调速运行。

若按风机、泵类和压缩机总装机容量的 50% 进行调速节能改造，则可改造容量达 1 亿 kW，其中 40% 为中高压电动机，容量占 60%。若按电动机平均出力为 60%，年运行 4000h，平均节电率为 20% ~ 30%（平均 25%）计算，则年节电潜力为 600 亿 kWh。整个电动机系统的节电潜力约为 1000 亿 kWh，

改造和更新预计需投入 2000 亿 ~ 3000 亿元人民币。

根据国家节能计划,我国每年应节约和少用能源 7000 万 t 标准煤,通过基本建设项目及技术改造措施,每年可形成约 3000 万 t 标准煤的节能能力,而每形成 1t 标准煤的节能能力需投资 2000 元(约为开发等量能源费用的 1/3),则每年需节能投资 600 亿元,“十五”期间共需 3000 亿元人民币,“十一五”期间将更多。

由于我国经济的高速发展,发电装机仍以高速发展。但电力运行的一些主要指标和装备指标与发达国家相比仍有很大差距。我国火电机组的平均煤耗为 400g/kWh,比发达国家高出 70 ~ 100g/kWh;发达国家发电厂的厂用电率为 3.7% ~ 6%,而我国的厂用电率为 4.7% ~ 10.5%,加之线损,我国送到用户的电能要比发达国家多耗电 9.5%,相当于 22 000MW 装机容量,即 22 个百万大厂的年发电量。因此,我国的节能形势十分严峻。

0.1.4 我国变频器市场的发展与现状

随着变频器产品在发达国家的广泛应用,20 世纪 80 年代初,大连电动机厂引进日本东芝的变频技术。以日本品牌为代表的外资品牌开始涌进中国,成为中国变频器行业的开端。接着日本三垦公司、日本富士电动机公司把变频器推进中国,使我国的电动机调速打破了直流调速的垄断局面,开始了交流电动机变频调速时代。

1996 年,国家原机械部等四部委推荐国产 29 个厂家 33 个规格的变频器,但由于大部分本土企业受技术、资金和体制等方面制约,发展较慢,难以形成和国外品牌抗争的局面。

经过 20 余年的推广和使用,变频器这一产品已经得到广大企业用户的认可,外资品牌从三垦、富士两个品牌发展到目前的 40 余个,同时涌现了近百个国产品牌,品牌总数达到 140 多个。从整体看,虽然国产品牌的数量众多,但绝大多数产销规模很小,综合竞争力较弱。

0.2 电力电子器件

0.2.1 概述

电力电子器件(Power Electronic Device)是用于电能变换和电能控制电路中的大功率(通常指电流为数十至数千安,电压为数百伏以上)电子器件,又称功率电子器件。变频器的主电路不论是交一直一交变频还是交—交变频形式,都是采用电力电子器件作为开关器件的。因此,电力电子器件是变频器发展的基础。要深入研究变频器还需要对电力电子器件有一定的认识。





0.2.2 电力电子器件的发展

电力电子技术的发展,不但要求提高电力电子器件的控制容量和工作频率,而且还要降低器件的损耗功率,并使电力电子产品体积不断缩小。半导体技术的新成果,为此提供了必要的物质基础。

一般认为,电力电子技术的诞生是以1957年美国通用电气公司研制出第一个晶闸管为标志的。

实际上,在1904年,世界上第一只电子管在英国物理学家弗莱明的手下诞生了,它能在真空中对电子流进行控制,并应用于通信和无线电,从而开启了电子技术用于电力领域的先河。

20世纪30年代到50年代,水银整流器(汞弧整流器)广泛用于电化学工业、电气铁道直流变电站以及轧钢用直流电动机的传动,甚至用于直流输电。这一时期,各种整流电路、逆变电路、周波变流电路的理论已经发展成熟并广为应用。在这一时期,也应用直流发电机组来变流。

1947年美国著名的贝尔实验室发明了晶体管,引发了电子技术的一场革命。

1957年美国通用电气公司研制出第一个晶闸管,由于其优越的电气性能和控制性能,使之很快就取代了水银整流器和旋转变流机组,并且其应用范围也迅速扩大。电力电子技术的概念和基础就是由于晶闸管及晶闸管变流技术的发展而确立的。

20世纪60年代后期,可关断晶闸管GTO实现了门极可关断功能,并使斩波工作频率扩展到1kHz以上。70年代中期,高功率晶体管和功率MOSFET问世,功率器件实现了场控功能,打开了高频应用的大门。80年代,绝缘栅双极型晶体管(IGBT)问世,它综合了功率MOSFET和双极型功率晶体管两者的功能。它的迅速发展,又激励了人们对综合功率MOSFET和晶闸管两者功能的新型功率器件——MOSFET门控晶闸管的研究。因此,当前功率器件研究工作的重点主要集中在研究现有功率器件的性能改进、MOS门控晶闸管以及采用新型半导体材料制造新型的功率器件等。

电力电子器件正沿着大功率化、高频化、集成化的方向发展。20世纪80年代晶闸管的电流容量已达6000A,阻断电压高达6500V。但这类器件工作频率较低。提高其工作频率,取决于器件关断期间如何加快基区少数载流子(简称少子)的复合速度和经门极抽取更多的载流子。降低少子寿命虽能有效地缩短关断电流的过程,却导致器件导通期正向压降的增加,因此必须兼顾转换速度和器件通态功率损耗的要求。

20世纪80年代这类器件的最高工作频率在10kHz以下。双极型大功率晶体管可以在100kHz频率下工作,其控制电流容量已达数百安,阻断电压1000

多伏，但维持通态比其他功率可控器件需要更大的基极驱动电流。由于存在热激发二次击穿现象，限制它的抗浪涌能力。进一步提高其工作频率仍然受到基区和集电区少子储存效应的影响。

20 世纪 70 年代中期发展起来的单极型 MOS 功率场效应晶体管，由于不受少子储存效应的限制，能够在兆赫以上的频率下工作。这种器件的导通电流具有负温度特性，不易出现热激发二次击穿现象；需要扩大电流容量时，器件并联简单，且具有较好的线性输出特性和较小的驱动功率；在制造工艺上便于大规模集成。但它的通态压降较大，制造时对材料和器件工艺的一致性要求较高。

20 世纪 80 年代中、后期电流容量仅达数十安，阻断电压近千伏。

20 世纪 80 年代发展起来的静电感应晶闸管、隔离栅晶体管以及各种组合器件，综合了晶闸管、MOS 功率场效应晶体管和功率晶体管各自的优点，在性能上又有新的发展。例如隔离栅晶体管，既具有 MOS 功率场效应晶体管的栅控特性，又具有双极型功率晶体管的电流传导性能，它容许的电流密度比双极型功率晶体管高几倍。静电感应晶闸管保存了晶闸管导通压降低的优点，结构上避免了一般晶闸管在门极触发时必须在门极周围先导通然后逐步横向扩展的过程，所以比一般晶闸管有更高的开关速度，而且容许的结温升也比普通晶闸管高。这些新器件，在更高的频率范围内满足了电力电子技术的要求。

功率集成电路指在一个芯片上把多个器件及其控制电路集合在一起。其制造工艺既概括了第一代功率电子器件向大电流、高电压发展过程中所积累起来的各种经验，又综合了大规模集成电路的工艺特点。这种器件由于很大程度地缩小了器件及其控制电路的体积，因而能够有效地减少当器件处于高频工作状态时寄生参数的影响，这对提高电路工作频率和抑制外界干扰十分重要。

从 20 世纪 60 年代到 70 年代初期，以半控型普通晶闸管为代表的电力电子器件，主要用于相控电路。这些电路十分广泛地用在电解、电镀、直流电动机传动、发电机励磁等整流装置中，与传统的汞弧整流装置相比，不仅体积小、工作可靠，而且取得了十分明显的节能效果（一般可节电 10% ~ 40%，从中国的实际看，因风机和泵类负载约占全国用电量的 1/3，若采用交流电动机调速传动，可平均节电 20% 以上，每年可节电 400 亿 kWh），因此电力电子技术的发展也越来越受到人们的重视。

20 世纪 70 年代中期出现的全控型可关断晶闸管和功率晶体管，开关速度快、控制简单，逆导可关断晶闸管更兼容了可关断晶闸管和快速整流二极管的功能。它们把电力电子技术的应用推进到了以逆变、斩波为中心内容的新领域。这些器件已普遍应用于变频调速、开关电源、静止变频等电力电子装置中。

20 世纪 80 年代初期出现的 MOS 功率场效应晶体管和功率集成电路的工



作频率达到兆赫级。集成电路的技术促进了器件的小型化和功能化。这些新成就为发展高频电力电子技术提供了条件,推动电力电子装置朝着智能化、高频化的方向发展。

0.3 电力电子器件的分类

0.3.1 按控制方法分类

按电力电子器件的控制方法分类,电力电子器件可分为不可控、半控型和全控型三大类。

1. 不可控器件

图0-1所示的功率二极管是二端器件,其特性与普通二极管相似,只要在二极管两端加足够大的正向阳极电压,二极管就会导通,反之则截止。由于无法控制其阳极电流,因此称为不可控器件。



图0-1 功率二极管

2. 半控型器件

图0-2所示的普通晶闸管是一种三端器件,在晶闸管的阳极、阴极两端加正向阳极电压后就可以通过向其门极输入控制信号控制元件的导通,但却不能控制其关断,因此被称为半控型器件。

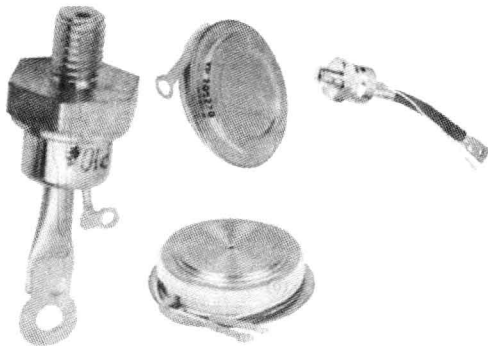


图0-2 普通晶闸管

半控型电力电子器件是第一代电力电子器件，自晶体闸流管（SCR）问世以来，其派生器件越来越多，如图 0-3 所示的快速晶闸管（FST）、图 0-4 所示的双向晶闸管（TRIAC）、图 0-5 所示的光控晶闸管（LAT）、图 0-6 所示的逆导晶闸管（RCT）等均属于半控型电力电子器件。



图 0-3 快速晶闸管



图 0-4 双向晶闸管

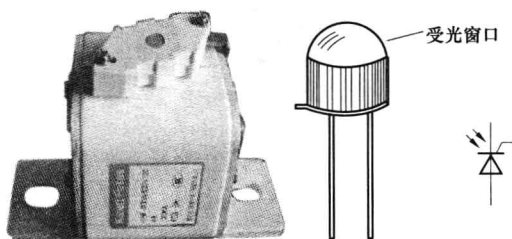


图 0-5 光控晶闸管

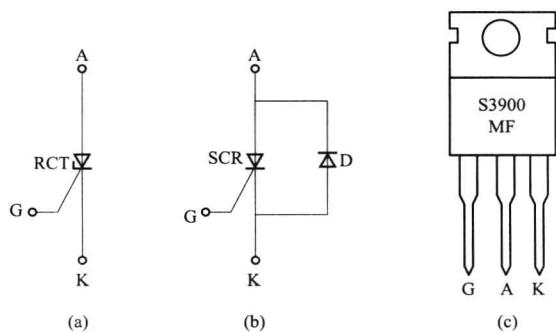


图 0-6 逆导晶闸管

(a) 符号；(b) 等效电路；(c) 外形



随着电力电子技术的日益发展,半控型电力电子器件的功率越来越大,性能日臻完善。但其本身的工作频率较低(低于400Hz),限制了它的应用。另外,由于要使其关断,需要在控制电路中加入强迫换相电路,使其体积和质量增加,效率及可靠性降低。现在正在趋于模块化发展,图0-7所示为普通晶闸管模块。

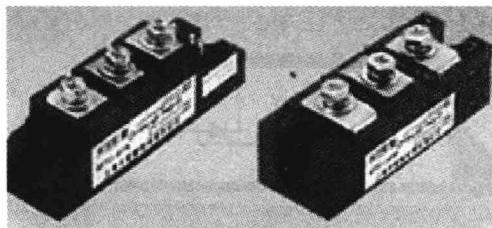


图0-7 普通晶闸管模块

3. 全控型电力电子器件

全控型电力电子器件被称为第二代电力电子器件。其门极信号既能使晶闸管导通,又能使其关断,故称为全控器件,也称为自关断器件。如图0-8所示的门极可关断晶闸管(GTO)、图0-9所示的功率(电力)晶体管(GTR)、图0-10所示的电力场效应晶体管(Power MOSFET)、图0-11所示的绝缘栅双极型晶体管(IGBT)、图0-12所示的静电感应晶闸管(SITH)等器件都是全控型电力电子器件。



图0-8 门极可关断晶闸管(GTO)



图0-9 功率晶体管(GTR)

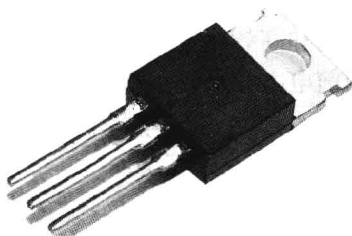


图0-10 电力场效应晶体管(MOSFET)

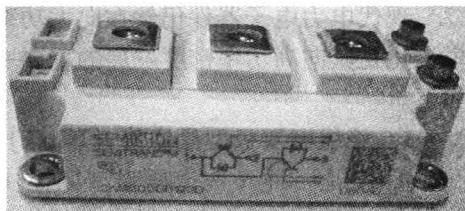


图0-11 绝缘栅双极型晶体管(IGBT)