

【先进制造业职业教育规划教材】

变流与调速技术应用

● 丁莉 主编 高文习 主审 ●



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

【先进制造业职业教育规划教材】

变流与调速技术应用

● 丁莉 主编 高文习 主审 ●



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

·北 京·

本书介绍了变流、调速技术的基本知识,特别是以项目的形式较为详细地介绍了变频器的具体应用。教材共分六大课题,包括20个项目,主要内容包括:变流技术、变频器调速的基本知识、变频器的面板操作、变频器的参数预置、变频器对电机的调速、可编程控制器(PLC)控制的变频器对电动机的调速、变频调速恒压供水控制系统、触摸屏(POD)在变频调速中的应用以及附录。

本教材本着以技能训练为重点的原则,从实用、实际操作的角度淡化理论,便于接受和理解。

本教材作为中职电气、机电类专业的教材,高职高专学校也可选用,也可以单独作为实训教材使用,其中“*”的项目可以略讲。本书还可作为有关行业的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

变流与调速技术应用/丁莉主编. —北京:化学工业出版社,2006.7

先进制造业职业教育规划教材

ISBN 7-5025-8840-X

I. 变… II. 丁… III. 变流技术-职业教育-教材 IV. TM46

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第075921号

先进制造业职业教育规划教材

变流与调速技术应用

丁莉 主编

高文习 主审

责任编辑:王丽娜 宋薇

文字编辑:吴开亮

责任校对:于志岩

封面设计:潘峰

*

化学工业出版社
职业教育教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010) 64982530

(010) 64918013

购书传真:(010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本787mm×1092mm 1/16 印张9 字数133千字

2006年8月第1版 2006年8月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8840-X

定价:15.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

中职教学指导委员会 电类专业教材编写委员会

编委会主任：徐寅伟

编委会副主任：谭胜富 李关华 张 玲 陈惠荣 庞广信

张仁麒 丁 莉

编委会委员：王 宁 毕燕萍 徐力平 胡晓晴 陈权昌

高文习 黄 杰 周 玲 任成平 于丽江

黄琴艳 侯守军 张业平 张晓君 杨 光

杨晓军 郑德明 葛颖辉 吴伦华 卫智敏

徐庆高 张 洪 彭昊华 李天燕 陶运道

编写说明

目前,职业教育面临着大发展的良好机遇,职业教育如何更快、更好地适应社会进步和经济发展的要求,是摆在职业教育工作者面前的机遇和挑战,为了使电类专业的多年教学改革探索有一个总结、借鉴、交流、推广的平台,2005年12月化学工业出版社组织召开了职业教育教材改革研讨会,提出组织全国的职业教育工作者交流改革经验,并在总结成功经验的基础上编写一套既符合现代职教理念,又适合不同类型、不同教学模式的中等职业教育电类专业教材,为广大的教师和学生提供优质服务,并形成一个人不断发展、不断完善的机制。为此,组建了中职教学指导委员会电类专业教材编委会,由电类专业教材编委会组织调研并编写有特色、受欢迎的电类教材。经过近一年的努力,一套七本教材呈现在读者面前,这套教材和以往教材相比具有如下优点。

1. 教材的总体结构和内容选择经过了大量的调查研究,并经企业专家讨论确定职业能力培养的重点和深度,兼顾了普遍性和特殊性,在深入探索认知规律、提高教学有效性和企业的适应性方面取得了探索性的成果。本套教材共七本,中等职前教学和职后培训都可使用,学校可整套选用也可单本选用。

2. 《电工与电子技术》采用模块式结构,分基本模块和提高模块两部分。基本模块供非电类或以初级维修电工为主体能力目标的学员选用,基本模块加提高模块供中级维修电工为主体能力目标的学员选用,具有起点低、突出基本概念和基本技能、形象生动、理论实践一体化学习的特点。

3. 其余六本书为任务引领型的项目化结构教材:《电子技术与应用实践》供电子类专业使用,也可供电气类专业选用;《电工技术与应用实践》供电气类专业使用,也可供电子类专业选用;《电器设备及控制技术》、《常用电器的安装与维修》、《可编程控制器技术应用》、《变流与调速技术应用》供电气类专业以中级维修电工为主体技能目标的学员使用,以岗位职业活动为基础,具有目标明确、任务引领、由简单到综合、先形象后抽象,符合学习心理的特点。

4. 为了使项目化教材有更广的适用范围,在项目设计时也予以周到考虑,项目编写结构由能力目标、使用材料与工具、项目要求、工艺要求、学习形式、检测标准、原理说明、思考题几部分组成,以适应当今理论实践一体化学习的要求。完全按教材内容使用可作为项目化教学教材,如不用“原理说明”内容即可作为实验指导书,学习训练的测评标准和有梯度的项目、思考题设计,为提高学生的积极性和学习潜力、进行分类指导提供了条件。

各学校在选用本套教材后可发挥各自的优势和特色,根据自己的办学思想、教学模式适当增加校本内容,使教学内容和形式不断丰富和完善。

中职教学指导委员会电类专业教材编委会

2006年4月24日

前 言

进入 21 世纪,随着科学技术的不断进步、社会经济的迅速发展,对一线技术工人的要求提出了更高的要求,使得职业教育面临着新的发展机遇和更为严峻的挑战。为此,开发和编写符合岗位能力标准、适应岗位人才需求、适应现在学生特点的中等职业教育课程改革教材势在必行。

本书的编写依据全国化工中电类教学指导委员会 2005 年北京会议制定的教学计划;依据 2006 年初上海会议制定的《变流与调速技术应用》编写大纲;参照国家职业技能鉴定维修电工初、中级技术工人等级的考核标准。

本书的主要目的是通过项目式的教学形式,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践性教学,使学生掌握变流技术和变频调速的应用知识,增强对变频器技术的综合应用能力,使学生尽快成为生产一线迫切需要的高素质技术工人。

本书在编写过程中力求体现以下特点。

(1) 实用性 着重介绍生产实际的相关内容,注重对学生的实际操作能力和解决问题能力的培养和指导,并渗透职业素质的培养。

(2) 新颖性 编写内容力求与工厂实际情况结合,体现调速发展的最新动向,书中增加了包括新型元器件、触摸屏等知识,以体现新知识、新技术、新工艺。

(3) 通俗性 全书从学生实际出发,突出职教特点。考虑学生的实际理论水平,在对知识的介绍过程中,力求语言通俗易懂,图文并茂。

(4) 实践性 强调教学内容的实践性,突出项目教学,理论知识以必需、够用为度,强化知识性和实践性的统一,体现行业规范与行业要求。

本书共有 6 个课题,包含 20 个项目。每个项目中具体分为能力目标、使用材料及工具、项目要求、工艺要求、学习形式、检测标准、原理说明、思考题等几个方面。其中项目 1、项目 2、项目 8 由李天燕编写,项目 3~项目 7、项目 10 由陶运道编写,项目 9、项目 11~项目 14 由彭昊华编写,项目 15~项目 20 由丁莉编写,全书由丁莉统稿并担任主编,高文习担任主审。

由于编写时间紧迫,也限于编者水平,不妥之处在所难免,恳请同行和使用本书的广大读者批评指正。

编 者
2006 年 5 月

目 录

课题一 变流技术	1
项目 1 认识晶闸管	1
项目 2 其他变流新器件	7
项目 3 单相可控整流电路	11
项目 4 单结晶体管触发电路	17
项目 5 三相可控整流电路	20
项目 6 三相触发电路	26
项目 7 逆变电路	29
课题二 变频技术	38
项目 8 认识变频器及交流调速基本知识	38
项目 9 变频器的面板操作	48
项目 10 变频器的参数预置	55
课题三 变频器调速	65
项目 11 变频器调速单方向运行	65
项目 12 变频器调速双方向运行	69
项目 13 变频器调速的多挡运行	72
项目 14 变频器调速的多段运行	77
课题四 可编程控制器 (PLC) 控制的变频器运行	83
项目 15 PLC 控制变频器单方向运行	83
项目 16 PLC 控制变频调速双方向运行	90
项目 17 PLC 控制变频调速多挡运行	96
项目 18 PLC 控制的变频与工频切换运行	104
课题五 PLC 控制变频器闭环的电动机运行	112
项目 19 变频调速恒压供水控制系统	112
课题六 人机界面	125
项目 20 触摸屏 (POD) 的应用	125
附录 森兰 BT12 变频器	129
参考文献	133

课题一 变流技术

项目 1 认识晶闸管

一、能力目标

1. 认识常用的晶闸管器件。
2. 能解释具体的晶闸管型号。
3. 会选用和检测晶闸管。

二、使用材料及工具

不同外形的晶闸管、 200Ω 可调电阻、导线、开关、指示灯、 1.5 V 和 6 V 直流电源（干电池或稳压电源均可）、万用表等。

三、项目要求

（一）认识晶闸管外形结构

认真观察所给的晶闸管外形结构，并找出晶闸管的 3 个端子，即阳极 A、阴极 K、控制极 G。各种不同外形的晶闸管如图 1-1 所示。

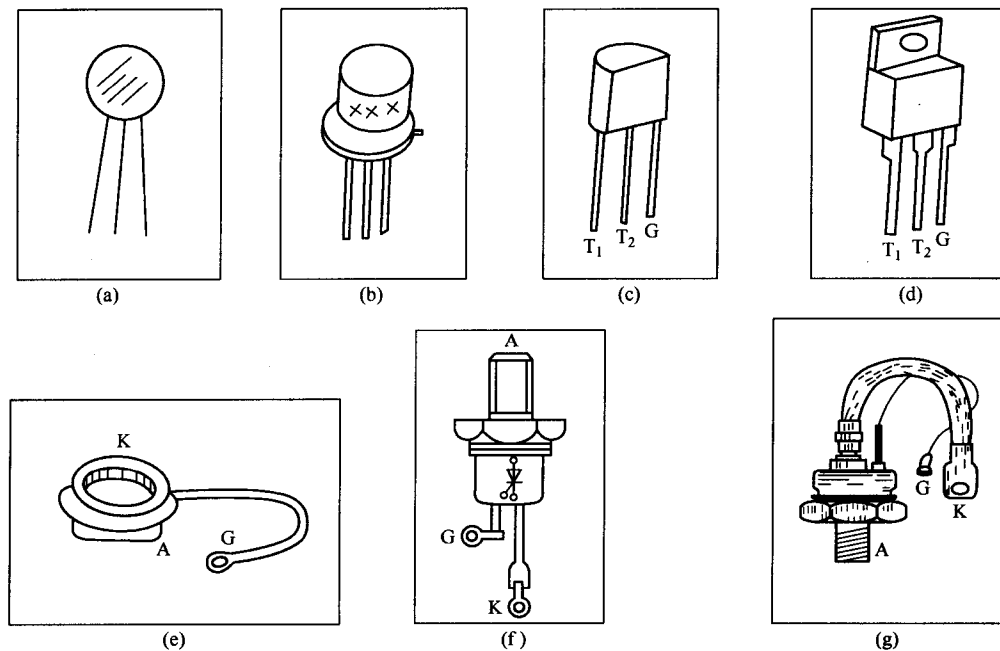


图 1-1 晶闸管的外形

(二) 解释晶闸管的型号

以 KP 系列晶闸管为例，晶闸管的型号意义如图 1-2 所示。

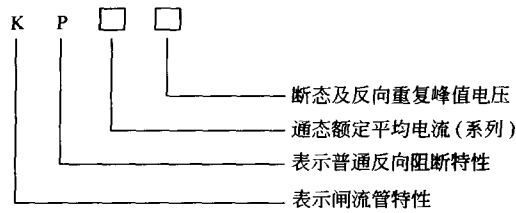


图 1-2 晶闸管型号解释

(三) 检测晶闸管

1. 判别晶闸管电极

方法一 根据晶闸管的封装形式来判断各电极。平板形普通晶闸管的引出线端为控制极 G，平面端为阳极 A，另一端为阴极 K；螺栓形普通晶闸管的螺栓一端为阳极 A，较细的引出线端为门极 G，较粗的引出线端为阴极 K，如图 1-1(e)、(f)、(g) 所示。

方法二 用万用表 $R \times 1k\Omega$ 挡测量晶闸管任意两管脚间的电阻，如果其中有一管脚对另外两管脚的电阻均很大，在几百千欧以上，则该管脚为阳极 A；再用万用表 $R \times 10\Omega$ 挡测另外两管脚间的电阻，应为几十欧到几百欧，得到正反不同的电阻值，如测得的电阻小时，黑表笔所接的管脚为控制极 G（又叫门极），红表笔所接的管脚为阴极 K。

首先设晶闸管的三管脚为 1、2、3，用万用表的 $R \times 1k\Omega$ 挡测晶闸管任意两管脚间的电阻，记入表 1-1。

表 1-1 晶闸管任意两管脚间的电阻值

$R_{12}/k\Omega$	$R_{21}/k\Omega$	$R_{23}/k\Omega$	$R_{32}/k\Omega$	$R_{13}/k\Omega$	$R_{31}/k\Omega$

当测得某一管脚对另外两管脚的正、反向电阻值均在几百千欧以上，则该管脚为_____极。

再用万用表 $R \times 10\Omega$ 挡测剩下的两管脚间的正、反向电阻，如测得的电阻小时，黑表笔接的管脚为_____极，红表笔接的管脚为_____极。

2. 判断晶闸管的好坏

请判断所给晶闸管的好与坏，具体判断方法如下。

将万用表置于 $R \times 1k\Omega$ 挡，测量阳极 A 与阴极 K 之间的正反向电阻，正常时其电阻值都应在几百千欧以上，如果测得的电阻值很小或为零，则阳极 A 与阴极 K 之间短路；用万用表 $R \times 10\Omega$ 挡测控制极 G 与阴极 K 之间正反向电阻，正常时应为数十欧到数百欧，反向电阻较正向电阻略大，如测得的正反向电阻值都很大，则控制极 G 与阴极 K 之间断路，如测得的阻值都很小或为零，则控制极 G 与阴极 K 之间短路。

用万用表 $R \times 1k\Omega$ 挡测 A-K 间的正、反向电阻， $R \times 10\Omega$ 挡测 G-K 间的正、反向电阻，记入表 1-2。

表 1-2 晶闸管 A-K、G-K 间的正、反向电阻值

$R_{AK}/k\Omega$	$R_{KA}/k\Omega$	R_{GK}/Ω	R_{KG}/Ω

当 A-K 间的正、反向电阻值均在 _____ 以上时，则 A-K 间是正常的；如果测得电阻值均很小或为零，则 A-K 间 _____。

当 K-G 间的正、反向电阻值为 _____ 时，则 K-G 间是正常的；如果测得 K-G 间的正、反向电阻值均很小或为零，则 K-G 间 _____；如果测得 K-G 间的正、反向电阻值均很大，则 K-G 间 _____。



注意

在测量控制极 G 与阴极 K 之间的电阻值时，不允许使用 $R \times 10k\Omega$ 挡，以免表内高压电池击穿控制极 G 的 PN 结，损坏晶闸管。

3. 触发能力的检测

方法一 对于小功率（工作电流为 5A 以下）的普通晶闸管，可用万用表 $R \times 1k\Omega$ 挡测量。测量时黑表笔接阳极 A，红表笔接阴极 K，此时表针不动，显示阻值为无穷大（ ∞ ）。用镊子或导线将晶闸管的阳极 A 与门极短路，如图 1-3(a) 所示，相当于给 G 极加上正向触发电压，此时若电阻值为几欧姆至几十欧姆（具体阻值根据晶闸管的型号不同会有所差异），则表明晶闸管因正向触发而导通。再断开 A 极与 G 极的连接（A 极、K 极上的表笔不动，只将 G 极的触发电压断掉），若表针指示值仍保持在几欧姆至几十欧姆的位置不动，则说明此晶闸管的触发性能良好。

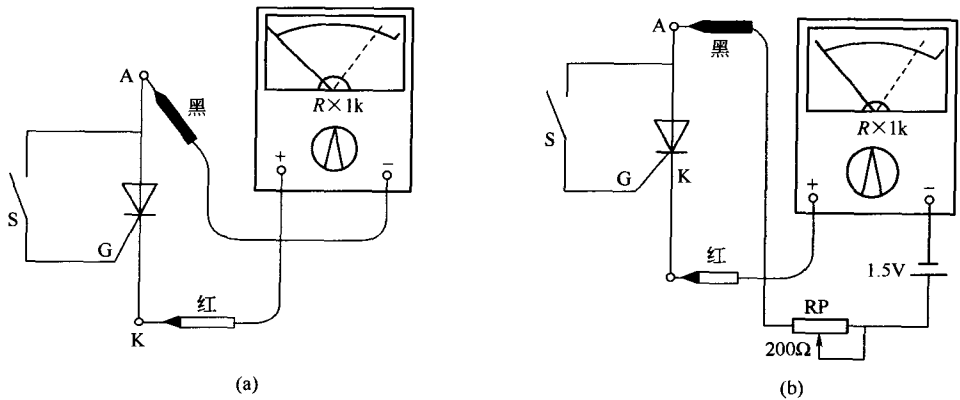


图 1-3 普通晶闸管触发能力的测试

对于工作电流在 5A 以上的中、大功率普通晶闸管，检测时，可在黑表笔端串接一只 200Ω 可调电阻和一组干电池，重复上述步骤即可检测出中、大功率普通晶闸管的触发能

力, 如图 1-3(b) 所示。

方法二 如图 1-4 所示测试电路测试普通晶闸管的触发能力。当开关 S 断开时, 晶闸管 VT 处于阻断状态, 指示灯 HL 不亮 (若此时 HL 亮, 则是 VT 击穿或漏电损坏)。合上开关 S 后 (使电路接通一下, 为晶闸管 VT 的控制极 G 提供触发电压), 若指示灯 HL 一直亮着, 则表明晶闸管的触发能力良好; 若指示灯亮度偏低, 则表明晶闸管的性能不良、导通压降大 (正常时导通压降为 1V 左右)。若开关 S 接通时, 指示灯亮, 而开关 S 断开时, 指示灯熄灭, 则说明晶闸管已损坏, 触发性能不良。

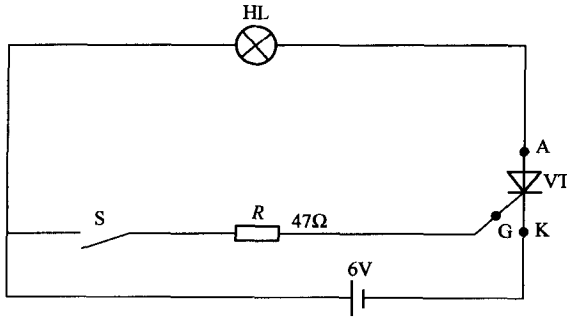


图 1-4 普通晶闸管的测试电路

按图 1-4 所示进行电路接线, 断开、合上开关 S, 观察指示灯状态, 根据指示灯状态判断晶闸管触发能力, 记入表 1-3。

表 1-3 开关、指示灯状态与触发导通状态

开关(S)状态	指示灯状态	触发导通状态
断开		
闭合		
先闭合, 后断开		

四、工艺要求

- ① 元器件和仪器的摆放规范。
- ② 正确使用万用表, 按要求选择挡位。
- ③ 电路接线要规范、美观、布线合理。

五、学习形式

由学生先预习项目要求, 然后一人或两人一组按项目要求依次做, 教师全场巡视, 个别辅导, 最后由教师集中讲解。

六、检测标准

- ① 通过晶闸管的封装外形能判断出其阳极 A, 阴极 K 和控制极 G。
- ② 能用万用表判断出普通晶闸管的阳极 A, 阴极 K 和控制极 G。
- ③ 能判断出晶闸管的好坏及触发能力。

七、原理说明

晶闸管是硅晶体闸流管的简称，俗称可控硅，它是一种大功率开关型半导体器件，在电路中用符号 V 或 VT 表示（旧标准用“SCR”表示）。包括普通晶闸管、双向晶闸管、控制极关断晶闸管、逆导晶闸管、光控晶闸管、温控晶闸管、快速晶闸管等几种类型。它具有体积小、质量轻、效率高、寿命长、控制方便等优点，被广泛地用于可控整流、调压、逆变以及无触点开关等各种自动控制，异步电动机的变频调速和大功率的电能量转换等场合。

1. 普通晶闸管的基本结构

普通晶闸管是由 PNP 四层半导体材料组成的三端半导体器件，有 3 个 PN 结，对外有 3 个电极，第一层 P 型半导体引出的电极叫阳极 A，第三层 P 型半导体引出的电极叫控制极 G，第四层 N 型半导体引出的电极叫阴极 K，如图 1-5(a) 所示，晶闸管的图形符号如图 1-5(b) 所示。

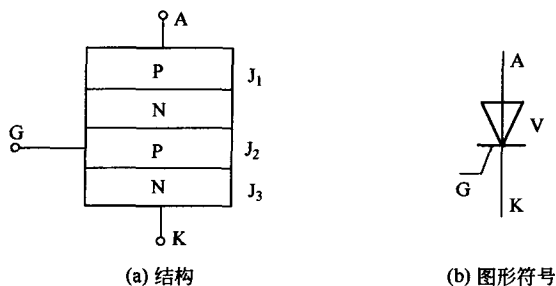


图 1-5 普通晶闸管的结构与图形符号

2. 普通晶闸管的工作原理

普通晶闸管的阳极 A 与阴极 K 之间具有单向导电的性能。当晶闸管反向连接（即 A 极接电源负端，K 极接电源正端）时，无论控制极 G 所加电压是什么极性，晶闸管均处于阻断状态。当晶闸管正向连接（即 A 极接电源正端，K 极接电源负端）时，若控制极 G 所加触发电压为负时，则晶闸管也不导通，只有其控制极 G 加上适当的正向触发电压时，晶闸管才能由阻断状态变为导通状态。此时，晶闸管阳极 A 极与阴极 K 极之间呈低阻导通状态，阳极 A 和阴极 K 极之间压降约为 1V。

普通晶闸管受触发导通后，其控制极 G 即使失去触发电压，只要阳极 A 和阴极 K 之间仍保持正向电压，晶闸管将维持低阻导通状态，即晶闸管导通后控制极 G 失去控制作用。

只有去掉阳极正向电压，或者给阳极加反向电压，或者降低阳极正向电压，这样就使通过晶闸管的阳极电流降低到维持电流以下，普通晶闸管才由低阻导通状态转换为高阻阻断状态，即晶闸管关断状态。普通晶闸管一旦阻断，即使其阳极 A 与阴极 K 之间又重新加上正向电压，仍需在控制极 G 和阴极 K 之间重新加上正向触发电压后方可导通。

由以上分析得出如下结论。

① 晶闸管阳极承受反向电压时，不管控制极承受何种电压，晶闸管都处于关断状态。

② 晶闸管阳极承受正向电压时，仅在控制极承受正向电压的情况下晶闸管才导通。

③ 晶闸管在导通情况下，只要阳极有一定的正向电压，不论控制极电压如何，晶闸管保持导通，即晶闸管导通后，控制极失去控制作用。

④ 晶闸管在导通情况下，当主回路电压（或电流）减小到接近于零时，晶闸管关断。

普通晶闸管的导通与阻断状态相当于开关的闭合和断开状态，可用它作为可控整流器的器件。

3. 晶闸管的主要参数

(1) 断态重复峰值电压 U_{DRM} 指在控制极开路而器件的结温为额定值时，允许重复加在器件上的正向峰值电压。若加在管子上的电压大于 U_{DRM} ，管子可能会失控而自行导通。

(2) 反向重复峰值电压 U_{RRM} 指控制极开路而结温为额定值时，允许重复加在器件上的反向峰值电压。当加在管子上反向电压大于 U_{RRM} 时，管子可能会被击穿而损坏。

通常把 U_{DRM} 和 U_{RRM} 中较小的那个数值标作晶闸管型号上的额定电压。

(3) 额定正向平均电流 I_T 其定义和二极管的额定整流电流意义相同，是指在规定环境温度和标准散热条件下晶闸管正常工作时 A 极和 K 极间所允许通过电流的平均值。要注意的是若晶闸管的导通时间远小于正弦波的半个周期，即使 I_T 值没超过额定值，但峰值电流将非常大，可能超过管子所能提供的极限。

(4) 正向平均管压降 U_F 正向平均管压降 U_F 也称通态平均电压 U_T ，指在规定的工作温度条件下，使晶闸管导通的正弦波半个周期内 U_{AK} 的平均值，一般为 $0.4 \sim 1.2V$ 。

(5) 维持电流 I_H 指在常温控制极开路时，晶闸管从较大的通态电流降到刚好能维持通态所需要的最小通态电流。一般 I_H 值从几十到几百毫安，视晶闸管电流容量大小而定。

(6) 控制极触发电流 I_{GT} 指在规定环境温度和晶闸管 A 极、K 极之间为一定值电压的条件下，使晶闸管从阻断状态转变为导通常态所需要的最小控制极直流电流。常温下，使晶闸管能完全导通所需的控制极电流，一般为毫安级。

(8) 控制极触发电压 U_{GT} 指在规定环境温度和晶闸管 A 极、K 极之间为一定值正向电压的条件下，使晶闸管从阻断状态转变为导通常态所需要的最小控制极直流电压。产生控制极触发电流所必需的最小控制极电压，一般为 $1.5V$ 左右。

4. 晶闸管的选择

(1) 晶闸管额定电压的选择 晶闸管实际工作时承受的正常峰值电压应低于正、反向重复峰值电压 U_{DRM} 和 U_{RRM} ，并留有 $2 \sim 3$ 倍的额定电压值的余量，还应有可靠的过电压保护措施。

(2) 晶闸管额定电流的选择 晶闸管实际工作通过的最大平均电流应低于额定通态平均电流 I_T ，并应根据电流波形的变化进行相应换算，还应有 $1.5 \sim 2$ 倍的余量及过电流保护措施。

(3) 关于控制极触发电压和电流的选择 晶闸管实际触发电压和电流应大于晶闸管参数 U_{GT} 和 I_{GT} ，以保证晶闸管可靠地被触发，但也不能超过允许的极限值。

八、思考题

1. 解释普通晶闸管 KP4000 的型号？

2. 使普通晶闸管导通的条件是什么?
3. 普通晶闸管导通后, 除去控制极电压, 是否还能继续导通? 为什么?
4. 怎样才能使普通晶闸管由导通变为关断?
5. 用万用表如何区分普通晶闸管的 3 个电极? 怎样测试晶闸管的好坏及触发能力?

* 项目 2 其他变流新器件

一、能力目标

1. 认识其他变流新器件。
2. 能解释具体的变流新器件的型号。
3. 会检测门极可关断晶闸管 (GTO)。

二、使用材料及工具

新型的变流器件 (如 GTO, BJT, MOSFET, IGBT, IPM 等)、一个双刀双掷开关、3 V 和 6 V 直流电源 (干电池或稳压直流电源均可)、导线、指示灯、47 Ω 可调电阻、万用表等。

三、项目要求

(一) 认识各种新型的变流器件的外形结构

认真观察所给的新型的变流器件 (如 GTO、BJT、MOSFET、IGBT、IPM 等) 外形结构。各种新型的变流器件的外形如图 2-1 所示。

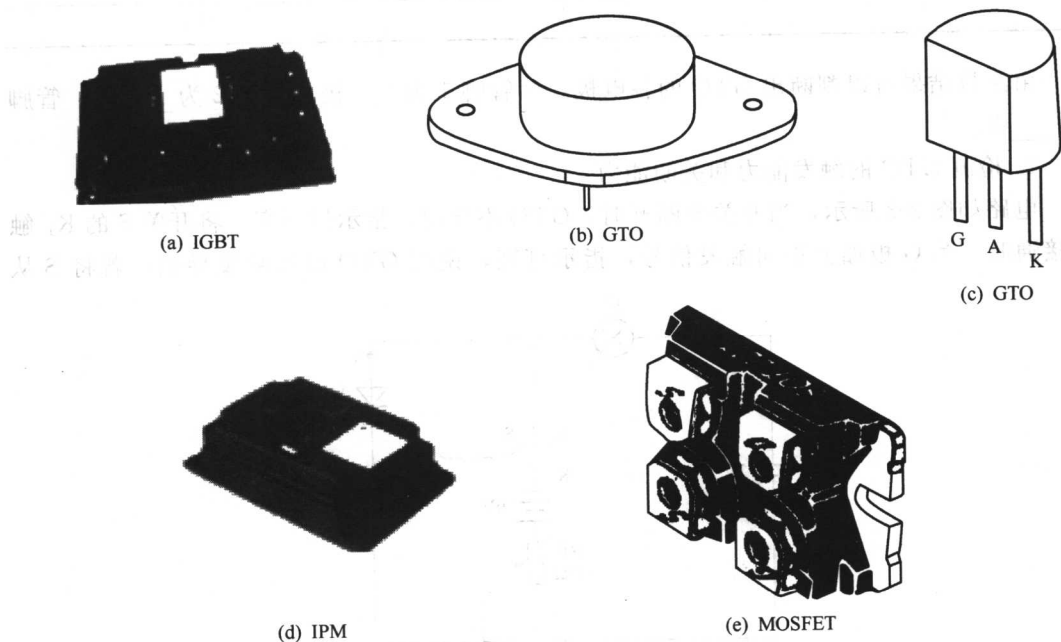


图 2-1 新型的变流器件的外形

(二) 解释新型变流器件的型号

以富士 IPM 模块为例, 如图 2-2 所示解释新型变流器件的型号。

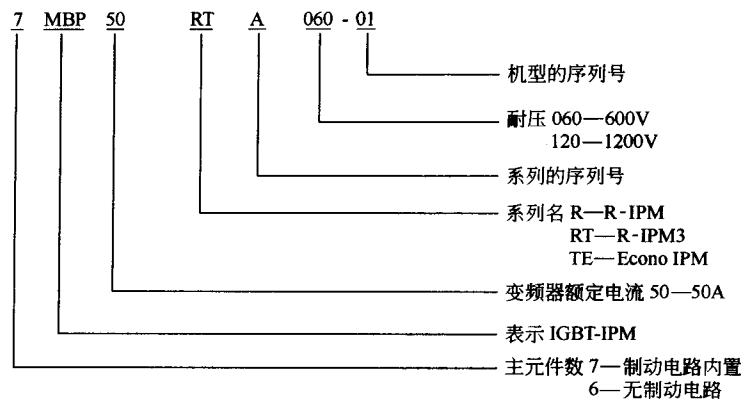


图 2-2 新型变流器件的型号解释

(三) 检测门极可关断晶闸管 GTO

1. 判别 GTO 的各电极

GTO 的 3 个电极判断方法与项目 1 普通晶闸管的电极判断方法相同。即用万用表的 $R \times 100 \Omega$ 挡, 测任意两脚间的电阻, 仅当黑表笔接门极 G, 红表笔接阴极 K 时, 电阻呈低阻值, 对其他情况电阻值均为无穷大。由此可以判断门极 G 和阴极 K, 剩下的就是阳极 A。

首先设 GTO 的 3 个管脚为 1、2、3, 然后测任意两管脚间的电阻计入表 2-1。

表 2-1 GTO 任意两管脚间的电阻值

R_{12}/Ω	R_{21}/Ω	R_{23}/Ω	R_{32}/Ω	R_{13}/Ω	R_{31}/Ω

由测量结果可以判断出 GTO 的各电极, 即管脚 1 为___极, 管脚 2 为___极, 管脚为___极。

2. 检测 GTO 的触发能力和关断能力

电路如图 2-3 所示, 当开关 S 断开时, GTO 不导通, 指示灯不亮。将开关 S 的 K_1 触点接通时, 为 G 极加上正向触发信号, 指示灯亮, 说明 GTO 已被触发导通, 若将 S 从

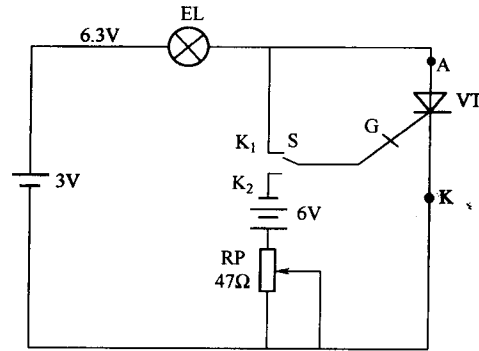


图 2-3 GTO 的触发、关断能力判断电路

K_1 断开, 指示灯维持发光, 则说明 GTO 的触发能力正常。若将开关 S 的 K_2 触点接通, 为 G 极加上反向触发信号, 指示灯熄灭, 则说明 GTO 的关断能力正常。

按图 2-3 所示电路接线, 开关 S 指示灯的状态及 GTO 的触发、关断能力判断结果记入表 2-2。

表 2-2 GTO 的触发能力与关断能力的检测结果

开关(S)状态	指 示 灯	触发和关断情况
断开		
S 接通触点 K_1		
S 从 K_1 断开		
S 接通触点 K_2		

四、工艺要求

- ① 元器件和仪器的摆放要规范。
- ② 正确使用万用表, 按要求选择挡位。
- ③ 电路接线规范、合理、美观、整齐。

五、学习形式

可两人一组或多人一组先预习项目要求, 然后依照项目要求由学生先做, 教师全场巡视, 个别辅导, 最后教师集中讲解。

六、检测标准

- ① 能根据元器件的铭牌型号判断出器件的类型。
- ② 能用万用表判断 GTO 的各电极。
- ③ 能通过开关 S 的状态, 指示灯的状态判断出 GTO 的触发能力和关断能力。

七、原理说明

1. 门极可关断晶闸管 (GTO)

门极可关断晶闸管 GTO (gate turn-off thyristor) 亦称门控晶闸管。其主要特点为当门极加正向触发信号时晶闸管能就能导通, 当门极加负向触发信号时晶闸管能自行关断。可关断晶闸管也属于 PNP 四层三端器件, 其结构及等效电路和普通晶闸管相同, 只是采取了特殊的工艺, 使管子导通后, 内部两个等效晶体管的放大倍数一直保持近似于 1, 使管子工作在接近临界饱和状态。门极可关断晶闸管 (GTO) 的图形符号如图 2-4 所示。

门极可关断晶闸管 (GTO) 既保留了普通晶闸管耐压高、电流大等优点, 同时又具有主电路组件少, 结构简单, 体积变小, 成本低, 不需要强迫换流装置, 开关损耗小, 噪声小, 容易实现脉宽调制 (PWM) 控制和自关断能力 (在门极上加一个适当的

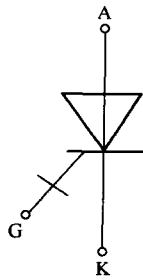


图 2-4 门极可关断晶闸管 (GTO) 的图形符号

负电压,则能使管子关断)等优点,使用方便,是理想的高压、大电流开关器件。GTO 的容量及使用寿命均超过巨型晶体管 (GTR),目前 GTO 已达到 3000A、4500V 的容量。大功率可关断晶闸管已广泛地用于斩波调速、变频调速、逆变电源等领域,正逐渐取代普通晶闸管。

2. 功率晶体管 (GTR)

功率晶体管 GTR (BJT) 又称为巨型晶体管,是一种耐高压、大电流的双极型晶体管,一般为模块化,内部为二极或三极达林顿结构。该器件与 GTO 一样都是电流控制型器件,因而所需驱动功率较大,但其开关频率要高于 GTO,它既保留了晶体管的基本特性,又扩大了容量,是形成其他多种电流控制性器件的基础。利用功率晶闸管 GTR 组成的换流电路具有开关速度快,饱和降压低,功耗小,安全工作区宽和自关断能力(切断基极电流即可切断集电极电流)等特点。将两个以上的 GTR 晶体管及其他换流电路所需的元器件集成在一起构成模块型电力晶体管,该类模块的 3 个电极与散热片隔离,使得散热更容易、更均匀,结构更趋于小型化。这类模块型电力晶体管广泛地用于中小容量的 PWM 通用变频器或不断电电源 (UPS) 等场合。但缺点是开关频率低,最高为 2 kHz 左右,因而以 GTR 为逆变器件的变频器的载波频率也较低,电动机有较大的电磁噪声,目前大多被绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 和功率场效应管 (power MOSFET) 所取代。

3. 功率场效应晶体管 (MOSFET)

功率场效应晶体管 (MOSFET) 是电压控制型电力电子开关器件,与双极型晶体管不同,其门极控制信号是电压而不是电流。它有 3 个管脚,分别表示为栅极 G、源极 S、漏极 D。功率场效应晶体管 (metal-oxide-semiconductor field-effect-transistor) 即金属-氧化物-半导体型场效应管,英文缩写为 MOSFET,属于绝缘栅型。其主要特点是在金属栅极与沟道之间有一层二氧化硅绝缘层,因此具有很高的输入电阻。功率场效应晶体管 MOSFET 有 N 沟道和 P 沟道两种,通常是将衬底(基板)与源极 S 接在一起。N 沟道 MOSFET 类似于 NPN 型晶体管,当栅极 G 与源极 S 间输入正向电压时,漏极 D 至源极 S 之间导通。P 沟道 MOSFET 类似于 PNP 型晶体管,当栅极 G 与源极 S 间输入反向电压时,漏极 D 至源极 S 之间导通。功率场效应晶体管 (MOSFET) 的图形符号如图 2-5 所示。



图 2-5 功率场效应晶体管 MOSFET 的图形符号

功率场效应晶体管 (MOSFET) 是新型的功率开关器件,它继承了传统的 MOSFET 的特点,又吸收了功率晶体管 (GTR) 的特点,因而具有开关速度高、驱动功率小、安全工作区域宽、过载能力强、抗干扰能力强、并联容易等优点,越来越受到人们的重视,广泛地应用于高频电源变换、电动机调速、高频感应加热等领域。

4. 绝缘栅极晶体管 (IGBT)