



高等职业教育“十二五”规划教材

融“工学结合、项目驱动、学中做、做中学”
于一体的职业教育教材

电力电子技术

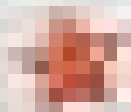
主编 王丽华 康晓明

DIANLI DIANZI JISHU



国防工业出版社

National Defense Industry Press



教育部推荐教材

教育部高等学校工程教育专业认证
电气工程及其自动化专业认证标准

电力电子技术

主编 王兆安 副主编 杨君

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

电力电子技术

主编 王丽华 康晓明
参编 董春霞 霍淑珍

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

“电力电子技术”课程是电气自动化技术专业通用能力模块课程之一。本书以《维修电工》国家职业技能鉴定标准为参照,以项目为载体,把电力电子技术及其应用融入模块化的单元教学中,选取典型的生产设备和工作任务,将多门课程的相关知识融合在每一个学习单元中,是一本技术性、实践性非常强的工学结合的教材。本书遵循“工学结合、做中教、做中学”的职业教育理念,致力于多领域的电气自动化技术工作岗位的高技能人才培养,使学生具有中、高级维修电工(电力电子装置安装与调试部分)的综合职业能力。该书力图通过6个项目并结合14个实训单元,使学生掌握整流器、逆变器、触发与保护电路、斩波器与变频器等主要电力电子装置的原理、安装、调试方法及相应技能。

该书便于高职高专院校按不同学时和专业的要求选择项目与实训单元教学,更是职业院校学生学习知识和掌握技能的好帮手。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子技术/王丽华,康晓明主编. —北京:国防工业出版社,2010.8
高等职业教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-118-06990-7

I. ①电... II. ①王... ②康... III. ①电力电子
学—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第162169号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张16½ 字数418千字

2010年8月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价30.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书依据应用型人才培养目标,遵循“面向就业、突出应用”的原则,注重教材的“科学性、职业性、实用性、通用性、新颖性”。本书以项目为载体,着重介绍各种电能变换电路的基本原理、电路结构、电气性能、波形分析、安装与调试方法等内容,具体包括晶闸管调光灯电路的设计与制作、直流调速装置的电路分析与检测、开关电源的电路分析与检测、晶闸管串级调速装置的电路分析与检测、电风扇无级调速器的分析与检测、变频器的分析与检测6个项目。为便于教师讲授与学生学习,本书的编写内容还融入了适当的例题和大量的思考题与习题;同时,为便于实现“教学做一体”方式教学,本书在每个项目的后面都附有丰富详细的实训单元,方式灵活,既可作为实验单独进行,也可穿插在项目讲授过程中进行。通过本书的学习,可使学生理解并掌握电力电子技术领域的基础知识,掌握电力电子装置的安装与调试方法,培养学生分析问题、解决问题的能力。

本书由天津职业大学康晓明教授策划,王丽华、康晓明任主编,董春霞、霍淑珍参编,其中,项目一、二、四、六及实训一、五、六、七、八、九、十由王丽华编写,项目三和实训三由康晓明编写,项目五及实训二、四、十一、十二、十三、十四由董春霞、霍淑珍共同编写。本书由天津航空机电有限公司型号副总师郑树展审定。

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免有错误和遗漏,敬请广大读者多提宝贵意见。

编 者

2010年6月于天津职业大学

鸣谢:天津渤海职业技术学院朱凤芝教授
天津中德职业技术学院汤海梅副教授
天津电子信息职业技术学院张晓艳副教授
天津工程职业技术学院李丽副教授
天津职业大学电气教研室

目 录

项目一 晶闸管调光灯电路的设计与制作	1
【学习目标】	1
【项目引入】	1
【相关知识点】	2
一、晶闸管的工作原理	2
二、晶闸管的特性与主要参数	6
三、单相半波可控整流电路	11
四、单相桥式半控整流电路	17
五、单结晶体管触发电路	21
六、电路的焊接	28
七、晶闸管整流电路的调试	30
思考题与习题	31
实训一 晶闸管和单结晶体管的简单测试及晶闸管的导通、关断条件	33
实训二 单结晶体管触发电路及单相半波可控整流电路实训	37
项目二 直流调速装置的电路分析与检测	41
【学习目标】	41
【项目引入】	41
【相关知识点】	41
一、单相桥式全控整流电路	42
二、反电动势负载	47
三、有源逆变电路	48
四、可关断晶闸管(GTO)在直流调速电路的应用	52
思考题与习题	55
实训三 可关断晶闸管的测试	56
项目三 开关电源的电路分析与检测	61
【学习目标】	61
【项目引入】	61
【相关知识点】	63
一、开关器件	63

二、直流斩波电路	76
三、降压/升压(Buck - Boost)型变换电路	79
四、带隔离变压器的 DC/DC 变换器	80
五、IBM PC/XT 系列主机开关电源介绍	84
六、典型故障现象及检修方法	87
【项目扩展】	90
软开关技术	90
思考题与习题	92
实训四 直流斩波电路	93
项目四 晶闸管串级调速电路的分析与检测	95
【学习目标】	95
【项目引入】	95
【相关知识点】	95
一、总体概括	95
二、整流主电路	97
三、整流触发电路	120
四、整流电路的保护	128
【项目扩展】	133
一、三相有源逆变电路	133
二、有源逆变电路的应用	135
三、晶闸管串级调速装置的结构与原理	142
四、晶闸管串级调速装置的调试与整定	157
思考题与习题	161
实训五 锯齿波同步移相触发电路实验	163
实训六 单相桥式全控整流电流电路试验	165
实训七 单相桥式有源逆变电路试验	168
实训八 三相半波可控整流电路的研究	170
实训九 晶闸管三相半波有源逆变电路的研究	172
实训十 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验	174
项目五 电风扇无级调速器的分析与检测	177
【学习目标】	177
【项目引入】	177
【相关知识点】	178
一、双向晶闸管的工作原理	178
二、单相交流调压电路	182
【项目扩展】	184

一、交流开关及其应用电路	184
二、三相交流调压	189
思考题与习题	193
实训十一 双向晶闸管电极的判定和简单测试	194
实训十二 单相交流调压电路	197
实训十三 三相交流调压电路实验	199
项目六 变频器的分析与检测	201
【学习目标】	201
【项目引入】	201
【相关知识点】	202
一、绝缘门极晶体管(IGBT)	202
二、脉宽调制(PWM)型逆变电路	210
三、变频器的基本原理	216
四、变频器的控制方式	228
五、变频器的控制回路	232
六、变频器的选择和容量计算	234
七、变频器的运行方式	240
思考题与习题	243
实训十四 变频器的检测与应用	244
附图一	252
附图二	253
参考文献	254

项目一 晶闸管调光灯电路的设计与制作

【学习目标】

1. 会用万用表测试晶闸管和单晶体管的好坏。
2. 掌握晶闸管的工作原理。
3. 能根据晶闸管的电流定额和电压定额选择晶闸管元件。
4. 会分析单相桥式半控整流电路的工作原理,并会用示波器检测波形。
5. 会分析单晶体管触发电路的工作原理,并会用示波器检测各点波形。
6. 会用示波器检测故障波形并能分析简单故障的原因。
7. 熟悉触发电路与主电路电压同步的基本概念。
8. 掌握相关英文词汇。

【项目引入】

调光灯在日常生活中的应用非常广泛,其种类也很多。图 1-1(a)是常见的调光台灯。旋

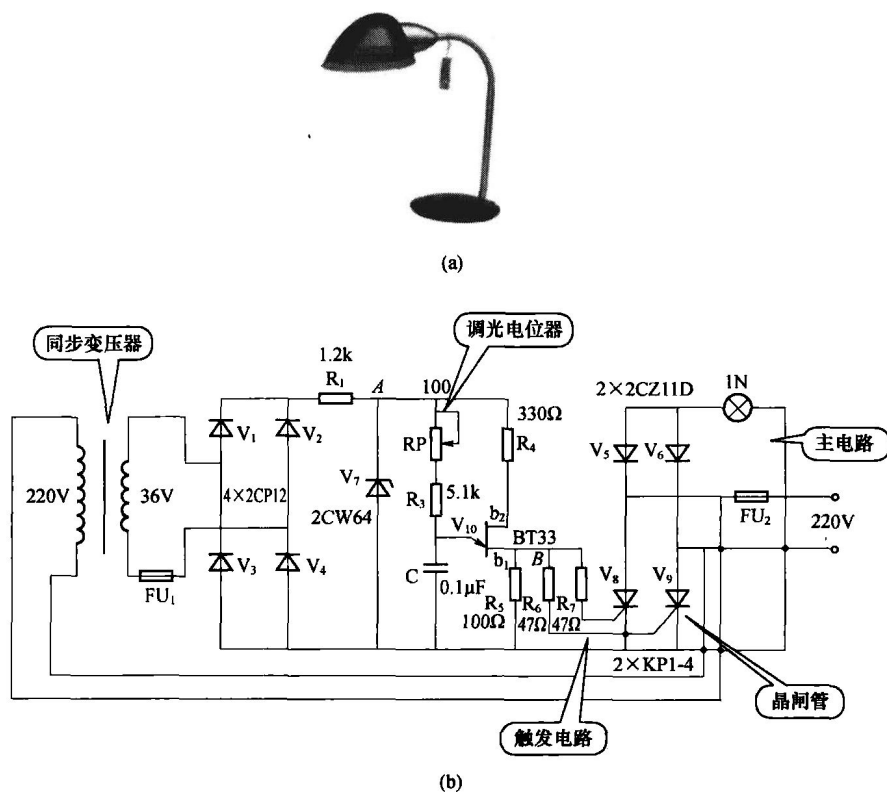


图 1-1 调光灯

(a) 调光灯; (b) 调光灯电路原理图。

动调光旋钮便可以调节灯泡的亮度。图 1-1(b) 为其电路原理图。

如图 1-1(b) 所示,调光灯电路由主电路和触发电路两部分构成,通过对主电路及触发电路的分析使学生能够理解电路的工作原理,进而掌握分析电路的方法。下面具体讲述与该电路有关的知识:晶闸管、单相桥式半控整流电路、单结晶体管触发电路等内容。

【相关知识点】

一、晶闸管的工作原理

1. 晶闸管的结构

晶闸管是一种大功率的半导体器件,它具有体积小、重量轻、耐压高、容量大、效率高、使用维护简单、控制灵敏等优点。同时它的功率放大倍数很高,可以用微小的信号功率对大功率的电源进行控制和变换。在脉冲数字电路中也可以作为功率开关使用。它的缺点是过载能力和抗干扰能力较差,控制电路比较复杂等。

晶体二极管组成的整流电路,电路形式一旦确定,则当输入的交流电压不变时,输出的直流电压值也是固定的,不能任意控制和改变,因此这种整流电路通常称为不可控整流电路。然而在实际工作中,有时希望整流器的输出直流电压能够根据需要进行调节,例如,交、直流电动机的调速、随动系统和变频电源等。这种情况下需要采用可控整流电路,而晶闸管正是可以实现这一要求的可控整流元件。晶闸管的外形如图 1-2 所示。

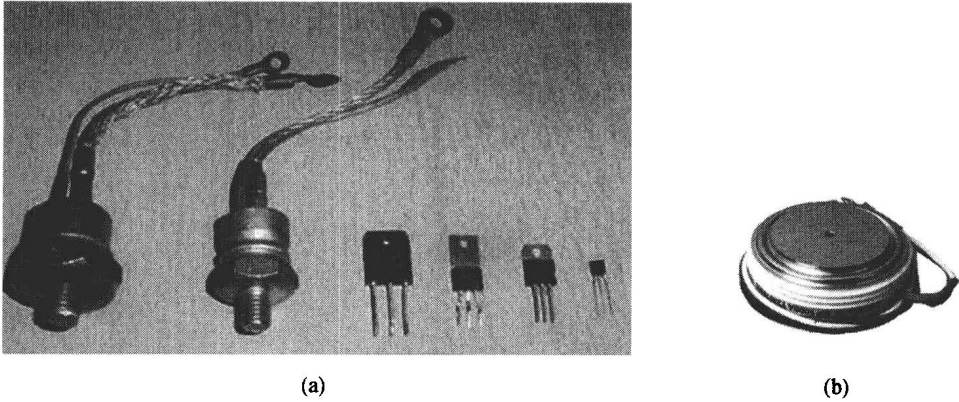


图 1-2 晶闸管的外形

(a) 螺栓式和塑封式; (b) 平板式。

每种形式的晶闸管从外部看都有 3 个引出电极,即阳极 A、阴极 K 和门极 G。螺栓式晶闸管的螺栓是阳极 A,粗辫子线是阴极 K,细辫子线是门极 G。螺栓式晶闸管的阳极是紧栓在散热器上的,其特点是安装和更换容易,但由于仅靠阳极散热器散热,散热效果较差,一般只适用于额定电流小于 200A 的晶闸管。

平板式晶闸管又分为凸台形和凹台形。对于凹台形的晶闸管,夹在两台面中间的金属引出端为门极,距离门极近的台面是阴极,距离门极远的台面是阳极。平板式的阴极和阳极都带散热器,将晶闸管夹在中间,其散热效果好,但更换麻烦,一般用于额定电流为 200A 以上的晶闸管。

晶闸管内部结构及符号如图 1-3 所示,它是 PNP 四层半导体结构,分别标为 P_1 、 N_1 、 P_2 、 N_2 四个区,具有 J_1 、 J_2 、 J_3 三个 PN 结。因此晶闸管可以用 3 个二极管串联电路来等效,如图 1-4 (a) 所示。另外,为后面分析晶闸管工作原理,还可将晶闸管的 4 层结构中的 N_1 和 P_2 层分成两

部分,则晶体管可用一个 PNP($P_1N_1P_2$) 管和一个 NPN($N_1P_2N_2$) 管来等效,如图 1-3(b) 所示。

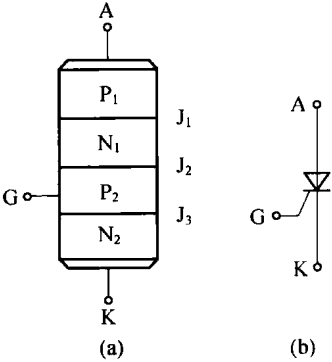


图 1-3 晶闸管的结构和图形符号
(a) 内部结构; (b) 图形符号。

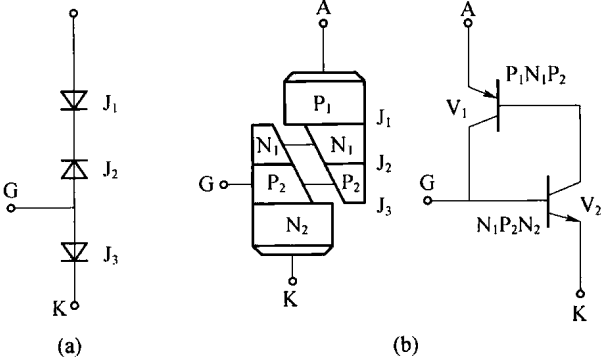


图 1-4 晶闸管的等效电路
(a) 二极管等效电路; (b) 三极管等效电路。

2. 晶闸管的管脚及好坏检测

只有了解了其内部结构,测试才会变得有的放矢、事半功倍。对于普通晶闸管,先判别引脚极性。由其等效电路可知,因为 G 极与 K 极之间为一个 PN 结,而 G 极与 A 极之间有两个反向连接的 PN 结,据此可首先判别出 A 极。用指针式万用表 $R \times 1k\Omega$ 挡测量三引脚间的阻值,与其余两脚均不通(正反阻值达几百千欧以上)的为 A 极。再测剩余两脚间阻值,阻值较小(约为几十或几百欧)时,黑表笔所接的为 G 极,另一脚为 K 极。假如三引脚两两之间均不通或阻值均很小,说明该管子已坏。接着再进一步测试晶闸管的工作情况,万用表放到 $R \times 100\Omega$ 挡,黑表笔接 A 极,红表笔接 K 极,此时表针应偏转很小,用镊子快速短接一下 A 极与 G 极,表针偏转角度明显变大且能一直保持,说明管子正常可以使用。判别测量时需要注意的是,对 3A 或 3A 以上的可控硅,务必选用万用表的 $R \times 1\Omega$ 挡,否则难以维持导通,而 1A 的可控硅还可以使用 $R \times 10\Omega$ 挡测量。

3. 晶闸管的工作原理

为了说明晶闸管的工作原理,先做一个实验。

电路如图 1-5 所示。阳极电源 E_a 连接负载(白炽灯),接到晶闸管的阳极 A 与阴极 K,组成晶闸管的主电路。流过晶闸管阳极的电流称阳极电流 I_a ,晶闸管阳极和阴极两端的电压,称阳极电压 U_a 。门极电源 E_g 连接晶闸管的门极 G 与阴极 K,组成的控制电路亦称触发电路。流过门极的电流称为门极电流 I_g ,门极与阴极之间的电压称门极电压 U_g 。用灯泡来观察晶闸管的通断情况。该实验分 9 个步骤进行。

第一步:按图 1-5 (a) 接线,阳极和阴极之间加反向电压,门极和阴极之间不加电压,指示灯不亮,晶闸管不导通。

第二步:按图 1-5 (b) 接线,阳极和阴极之间加反向电压,门极和阴极之间加反向电压,指示灯不亮,晶闸管不导通。

第三步:按图 1-5 (c) 接线,阳极和阴极之间加反向电压,门极和阴极之间加正向电压,指示灯不亮,晶闸管不导通。

第四步:按图 1-5 (d) 接线,阳极和阴极之间加正向电压,门极和阴极之间不加电压,指示灯不亮,晶闸管不导通。

第五步:按图 1-5 (e) 接线,阳极和阴极之间加正向电压,门极和阴极之间加反向电压,指

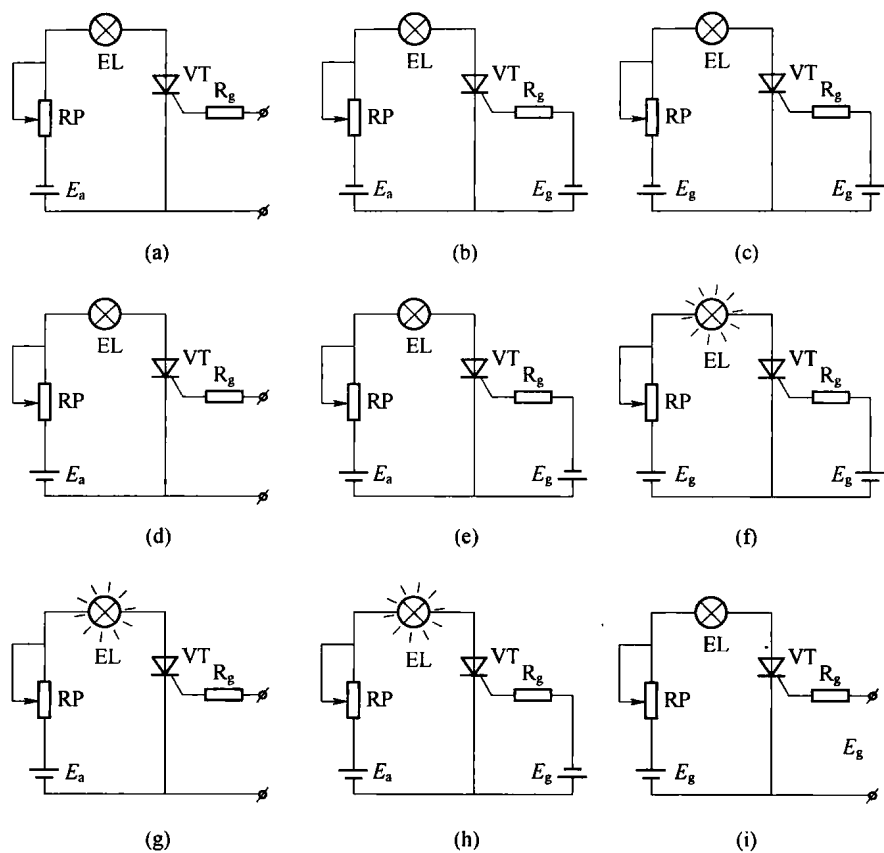


图 1-5 晶闸管导通关断条件实验电路

示灯不亮,晶闸管不导通。

第六步:按图 1-5 (f)接线,阳极和阴极之间加正向电压,门极和阴极之间也加正向电压,指示灯亮,晶闸管导通。

第七步:按图 1-5 (g)接线,去掉触发电压,指示灯亮,晶闸管仍导通。

第八步:按图 1-5 (h)接线,门极和阴极之间加反向电压,指示灯亮,晶闸管仍导通。

第九步:按图 1-5 (i)接线,去掉触发电压,将电位器阻值加大,晶闸管阳极电流减小,当电流减小到一定值时,指示灯熄灭,晶闸管关断。

实验现象与结论如表 1-1 所列。

表 1-1 晶闸管导通和关断实验

实验顺序		实验前灯的情况	实验时晶闸管条件		实验后灯的情况	结 论
			阳极电压 U_a	门极电压 U_g		
导通实验	1	暗	反向	反向	暗	晶闸管在反向阳极电压作用下,不论门极为何电压,它都处于关断状态
	2	暗	反向	零	暗	
	3	暗	反向	正向	暗	
	1	暗	正向	反向	暗	晶闸管同时在正向阳极电压与正向门极电压作用下,才能导通
	2	暗	正向	零	暗	
	3	暗	正向	正向	亮	

(续)

实验顺序		实验前灯的情况	实验时晶闸管条件		实验后灯的情况	结 论
			阳极电压 U_a	门极电压 U_g		
关断实验	1	亮	正向	正向	亮	已导通的晶闸管在正向阳极作用下,门极失去控制作用
	2	亮	正向	零	亮	
	3	亮	正向	反向	亮	
	4	亮	正向(逐渐减小到接近于零)	任意	暗	晶闸管在导通状态时,当阳极电压减小到接近于零时,晶闸管关断

实验说明如下。

① 当晶闸管承受反向阳极电压时,无论门极是否有正向触发电压或者承受反向电压,晶闸管不导通,只有很小的反向漏电流流过管子,这种状态称为反向阻断状态。说明晶闸管像整流二极管一样,具有单向导电性。

② 当晶闸管承受正向阳极电压时,门极加上反向电压或者不加电压,晶闸管不导通,这种状态称为正向阻断状态。这是二极管所不具备的。

③ 当晶闸管承受正向阳极电压时,门极加上正向触发电压,晶闸管导通,这种状态称为正向导通状态。这就是晶闸管闸流特性,即可控特性。

④ 晶闸管一旦导通后维持阳极电压不变,将触发电压撤除,管子依然处于导通状态,即门极对管子不再具有控制作用。

由此可以知道晶闸管的导通条件是:①要有适当的正向阳极电压;②还要有适当的正向门极电压,且晶闸管一旦导通,门极将失去作用。

而要使导通的晶闸管关断,只能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(称为维持电流)以下,因此可以采取去掉晶闸管的阳极电压,或者给晶闸管阳极加反向电压,或者降低正向阳极电压等方式来使晶闸管关断。

4. 晶闸管的导通关断原理

晶闸管导通的工作原理可以用一对互补的三极管代替晶闸管的等效电路来解释,如图 1-4(b)所示。

按照上述等效原则,导通原理画为图 1-6 的形式。图中用 V_1 和 V_2 管代替了晶闸管 VT。在晶闸管承受反向阳极电压时, V_1 和 V_2 处于反压状态,是无法工作的,所以无论有没有门极电压,晶闸管都不能导通。只有在晶闸管承受正向阳极电压时, V_1 和 V_2 才能得到正确接法的工作电源,同时为使晶闸管导通,必须使承受反压的 PN 结失去阻挡作用。由图 1-6 可清楚地看出,每个晶体管的集电极电流同时又是另一个晶体管的基极电流,即有 $I_{b1} = I_{c2}$, $(I_G) + I_{c1} = I_{b2}$ 。在满足上述条件的前提下,再合上开关 S,于是门极就流入触发电流 I_G ,并在管子内部形成了强烈的正反馈过程。

$$I_G \uparrow \rightarrow I_{b2} \uparrow \rightarrow I_{c2} \uparrow (= \beta_2 I_{b2}) \rightarrow I_{b1} \uparrow \rightarrow I_{c1} \uparrow (= \beta_1 I_{b1}) \rightarrow I_{b2} \uparrow$$

从而使 V_1 、 V_2 迅速饱和,即晶闸管导通。而对于已导通的晶闸管,若去掉门极触发电流,由于晶闸管内部已完成了强烈的正反馈,所以它仍会维持导通。

若把 V_1 、 V_2 两管看成广义节点,且设 α_1 和 α_2 分别是两管的共基极电流增益, I_{CB01} 和 I_{CB02} 分别是 V_1 和 V_2 的共基极漏电流,晶闸管的阳极电流为 I_A ,阴极电流为 I_K ,则可根据节点电流方

程,列出如下电流方程:

$$I_A = I_{c1} + I_{c2} \quad (1-1)$$

$$I_K = I_A + I_G \quad (1-2)$$

$$I_{c1} = \alpha_1 I_A + I_{CBO1} \quad (1-3)$$

$$I_{c2} = \alpha_2 I_K + I_{CBO2} \quad (1-4)$$

由式(1-1)~式(1-4)可以推出

$$I_A = \frac{\alpha_2 I_G + I_{CBO1} + I_{CBO2}}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (1-5)$$

晶体管的电流放大系数 α 随着管子发射极电流的增大而增大,可以由此来说明晶闸管的几种状态。

(1) 正向阻断

当晶闸管加正向电压 E_A ,且其值不超过晶闸管的额定电压,门极未加电压,即 $I_G = 0$ 时,正向漏电流 I_{CBO1} 和 I_{CBO2} 很小,所以 $(\alpha_1 + \alpha_2) \ll 1$,式(1-5)中的 $I_A \approx I_{CBO1} + I_{CBO2}$ 。

(2) 触发导通

加正向阳极电压 E_A 的同时加正向门极电压 E_G ,当门极电流 I_G 增大到一定程度,发射极电流也增大, $(\alpha_1 + \alpha_2)$ 增大到接近于 1 时, I_A 将急剧增大,晶闸管处于导通状态, I_A 的值由外接负载限制。

(3) 硬开通

若给晶闸管加正向阳极电压 E_A ,但不加门极电压 E_G 。此时若增大正向 E_A ,则正向漏电流 I_{CBO1} 和 I_{CBO2} 也会随着 E_A 的增大而增大,当增大到一定程度时, $(\alpha_1 + \alpha_2)$ 接近于 1,晶闸管也会导通。这种使晶闸管导通的方式称为硬开通。多次硬开通会造成管子永久性损坏。

(4) 晶闸管关断

当流过晶闸管的电流 I_A 降低至小于维持电流 I_H 时, α_1 和 α_2 迅速下降,使 $(\alpha_1 + \alpha_2) \ll 1$,式(1-5)中 $I_A \approx I_{CBO1} + I_{CBO2}$,晶闸管恢复阻断状态。

(5) 反向阻断

当晶闸管加反向阳极电压时,由于 V_1 、 V_2 处于反压状态,不能工作,所以无论有无门极电压,晶闸管都不会导通。

另外,还有几种情况可以使晶闸管导通。如:温度较高;晶闸管承受的阳极电压上升率 du/dt 过高;光的作用,即光直接照射在硅片上等,都会使晶闸管导通。但在所有使晶闸管导通的情况中,除光触发可用于光控晶闸管外,只有门极触发是精确、迅速、可靠的控制手段,而其他情况均属非正常导通情况。

二、晶闸管的特性与主要参数

1. 晶闸管的阳极伏安特性

晶闸管的阳极和阴极间的电压与晶闸管的阳极电流之间的关系称为晶闸管的阳极伏安特性,简称伏安特性,如图 1-7 所示。

第 I 象限为晶闸管的正向特性,第 III 象限为晶闸管的反向特性。当门极断开 $I_G = 0$ 时,若在晶闸管两端施加正向阳极电压,由于 J_2 结受反压阻挡,则晶闸管元件处于正向阻断状态,只有很小的正向漏电流流过。随着正向阳极电压的增大,漏电流也相应增大。至正向电压的极限即正

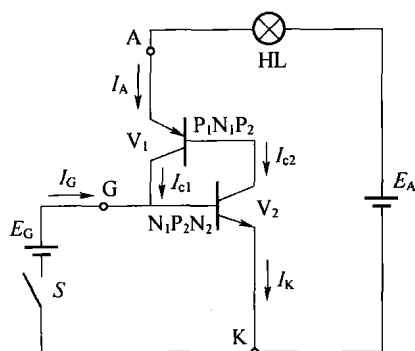


图 1-6 晶闸管的工作原理

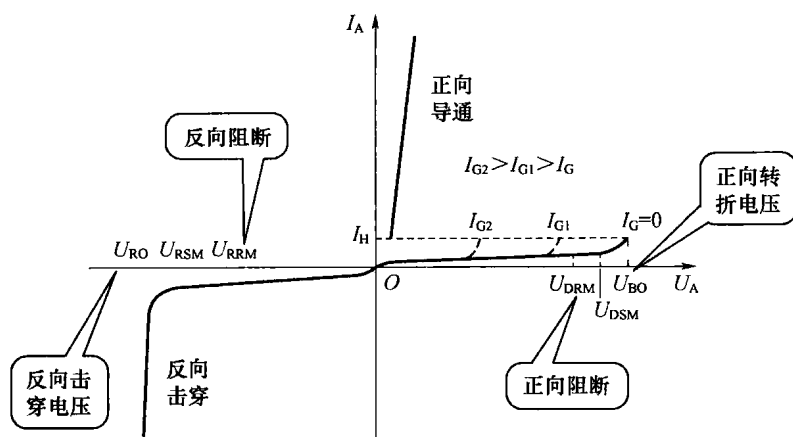


图 1-7 晶闸管阳极伏安特性

向转折电压 U_{BO} 时,漏电流急剧增大,特性由高阻区到达低阻区,晶闸管元件即由断态转入通态。导通状态时的晶闸管特性和二极管的正向特性相似,即通过较大的阳极电流,而元件本身的压降却很小。

正常工作时,不允许把正向阳极电压加到正向转折电压 U_{BO} ,而是给门极加上正向电压,即 $I_G > 0$,则元件的正向转折电压就会降低。 I_G 越大,所需转折电压就会越低。当 I_G 至足够大时,晶闸管的正向转折电压就很小了。此时其特性可以看成与整流二极管一样。

导通后的晶闸管其通态压降很小,在 1V 左右。若导通期间的门极电流为零,则当元件阳极电流降至维持电流 I_H 以下时,晶闸管就又回到正向阻断状态。

晶闸管加反向阳极电压(第Ⅲ象限特性)时,晶闸管的反向特性与一般二极管的伏安特性相似。由于此时晶闸管的 J_1 、 J_3 均为反向偏置,因此元件只有很小的反向漏电流通过,元件处于反向阻断状态。但当反压增大到一定程度,超过反向转折电压 U_{RO} 后,则会由于反向漏电流的急剧增大而导致元件的发热损坏。

2. 晶闸管的主要参数

在实际使用的过程中,往往要根据实际的工作条件进行管子的合理选择,以达到满意的技术经济效果。怎样才能正确地选择管子呢?这主要包括两个方面:一方面要根据实际情况确定所需晶闸管的额定值;另一方面根据额定值确定晶闸管的型号。

晶闸管的各项额定参数在晶闸管生产后,由厂家经过严格测试而确定,作为使用者来说,只需要能够正确地选择管子就可以了。表 1-2 列出了晶闸管的一些主要参数。

表 1-2 晶闸管的主要参数

型 号	通态平均电流 /A	通态峰值电压 /V	断态正反向 重复峰值 电流/mA	断态正反向 重复峰值 电压/V	门级触 发电流 /mA	门级触 发电压 /V	断态电压 临界上升率	推荐用 散热器	安装力 /kN	冷却方式
KP5A	5	≤2.2	≤8	100~2000	<60	<3		SZ14		自然冷却
KP10A	10	≤2.2	≤10	100~2000	<100	<3	250~800	SZ15		自然冷却
KP20A	20	≤2.2	≤10	100~2000	<150	<3		SZ16		自然冷却
KP30A	30	≤2.4	≤20	100~2400	<200	<3	50~1000	SZ16		强迫风冷 水冷

(续)

型 号	通态平均电流 /A	通态峰值电压 /V	断态正反向 重复峰值 电流/mA	断态正反向 重复峰值 电压/V	门级触 发电流 /mA	门级触 发电压 /V	断态电压 临界上升率	推荐用 散热器	安装力 /kN	冷却方式
KP50A	50	≤2 4	≤20	100 ~ 2400	<250	< 3		SL17		强迫风冷 水冷
KP100A	100	≤2 6	≤40	100 ~ 3000	<250	<3 5		SL17		强迫风冷 水冷
KP200A	200	≤2 6	≤0	100 ~ 3000	<350	<3 5		SL18	11	强迫风冷 水冷
KP300A	300	≤2 6	≤50	100 ~ 3000	<350	<3 5		SL18B	15	强迫风冷 水冷
KP500A	500	≤2 6	≤60	100 ~ 3000	<350	< 4	100 ~ 1000	SF15	19	强迫风冷 水冷
KP800A	800	≤2 6	≤80	100 ~ 3000	<350	<4		SF16	24	强迫风冷 水冷
KP1000A	1000			100 ~ 3000				SS13		
KP1500A	1000	≤2 6	≤80	100 ~ 3000	<350	< 4		SF16	30	强迫风冷 水冷
KP2000A								SS13		
	1500	≤2 6	≤80	100 ~ 3000	<350	< 4		SS14	43	强迫风冷 水冷
	2000	≤2 6	≤80	100 ~ 3000	<350	< 4		SS14	50	强迫风冷 水冷

1) 晶闸管的电压定额

(1) 断态重复峰值电压 U_{DRM}

在图 1-7 的晶闸管的阳极伏安特性中规定,当门极断开,晶闸管处在额定结温时,允许重复加在管子上的正向峰值电压为晶闸管的断态重复峰值电压,用 U_{DRM} 表示。它是由伏安特性中的正向转折电压 U_{BO} 减去一定裕量,成为晶闸管的断态不重复峰值电压 U_{DSM} ,然后再乘以 90% 而得到的。至于断态不重复峰值电压 U_{DSM} 与正向转折电压 U_{BO} 的差值,则由生产厂家自定。这里需要说明的是,晶闸管正向工作时有两种工作状态:阻断状态简称断态;导通状态简称通态。参数中提到的断态和通态一定是正向的,因此,“正向”两字可以省去。

(2) 反向重复峰值电压 U_{RRM}

相似地,规定当门极断开,晶闸管处在额定结温时,允许重复加在管子上的反向峰值电压为反向重复峰值电压,用 U_{RRM} 表示。它是由伏安特性中的反向击穿电压 U_{RO} 减去一定裕量,成为晶闸管的反向不重复峰值电压 U_{RSM} ,然后再乘以 90% 而得到的。至于反向不重复峰值电压 U_{RSM} 与反向转折电压 U_{RO} 的差值,则由生产厂家自定。一般晶闸管若承受反向电压,它一定是阻断的。因此参数中“阻断”两字可省去。

(3) 额定电压 U_{Tn}

因为晶闸管的额定电压是瞬时值,若晶闸管工作时外加正向电压的峰值超过正向转折电压,就会使晶闸管硬开通,多次硬开通会造成管子的损坏;而外加反向电压的峰值超过反向转折电压,则会造成晶闸管永久损坏。因此,所谓晶闸管的额定电压 U_{Tn} 通常是指 U_{DRM} 和 U_{RRM} 中的较小值,再取相应的标准电压等级中偏小的电压值。例如:一晶闸管实测 $U_{\text{DRM}} = 812\text{V}$, $U_{\text{RRM}} = 756\text{V}$,将两者较小的 756V 按表 1-3 取较小值得 600V,该晶闸管的额定电压为 600V。

在晶闸管的铭牌上,额定电压是以电压等级的形式给出的,通常标准电压等级规定为:电压在 1000V 以下,每 100V 为一级,1000V ~ 3000V,每 200V 为一级,用百位数或千位和百位数表示级数。电压等级如表 1-3 所列。