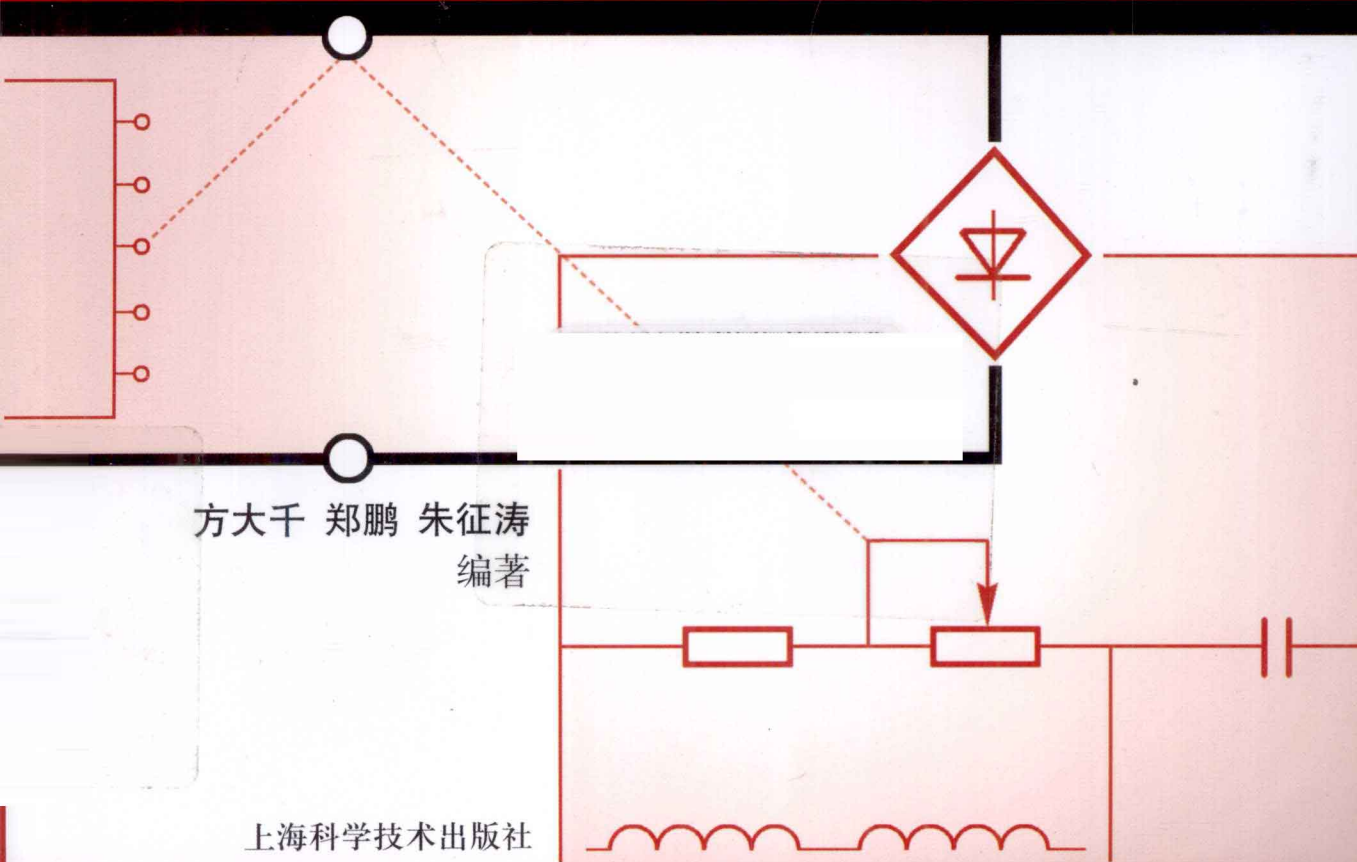


晶闸管 实用电路详解

JINGZHAGUAN
SHIYONG DIANLU XIANGJIE

方大千 郑鹏 朱征涛
编著

上海科学技术出版社



JINGZHAGUAN SHIYONG DIANLU XIANGJIE

晶闸管实用电路详解

方大千 郑鹏 朱征涛 编著



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

晶闸管实用电路详解 / 方大千, 郑鹏, 朱征涛编著.

— 上海: 上海科学技术出版社, 2012. 4

ISBN 978-7-5478-0999-0

I. ①晶… II. ①方… ②郑… ③朱… III. ①晶闸管
— 电子电路 IV. ①TN344

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 195576 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张: 19.25

字数: 420 千字

2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0999-0/TN·6

定价: 45.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

前言 Preface

晶闸管技术在各行各业及电气和自动控制设备中的应用十分广泛,是从事电气、自动化工作人员和电工最常接触的电子技术。使用好晶闸管设备,使其始终处于良好的工作状态,对工农业生产和自动生产线来说意义十分重大。对一名电气工作者来说,掌握晶闸管技术,则如虎添翼,能大大提高自己的技术水平和处理自动化设备故障的能力;对一名新产品开发者来说,晶闸管技术是必须掌握的一门专业知识,能拓宽自己的思路,设计出新颖、实用的自动化产品。

本书紧紧围绕生产实际,较系统全面地介绍了晶闸管及其保护电路和典型的晶闸管应用电路,包括晶闸管元件及模块,晶闸管基本电路(整流、逆变、触发、反馈、调节等电路),晶闸管控制、调速、调压和励磁电路,照明、液位、电加热晶闸管控制电路,直流电动机、滑差电动机、力矩电动机晶闸管调速电路,同步电动机、同步发电机晶闸管励磁电路,炼钢电弧炉、电焊、电解和电镀晶闸管控制电路等。

书中详细介绍了晶闸管及其相关电路的基本计算、晶闸管保护、元器件选择、集成触发器、晶闸管模块、晶闸管控制模块和直流调速模块的选用,以及晶闸管变流装置的抗干扰措施等。

本书作者长期从事电气、自动化工作,所开发的多种晶闸管自动化设备和小水电晶闸管励磁产品在全国各地推广使用,熟悉工业电子及晶闸管技术,能保证本书的实用性、先进性。书中的名词术语、电气图形符号和文字符号均采用最新的国家标准。

参加本书编写工作的还有方成、方立、方亚平、朱丽宁、张正昌、方亚敏、张荣亮、方欣、方亚云、许纪秋、那罗丽、那宝奎、卢静、费珊珊、孙文燕、张慧霖等同志,全书由方大中高级工程师审校。

限于作者的水平,不妥之处在所难免,望广大读者批评指正。

作者

第一章 晶闸管及其保护电路	001
第一节 晶闸管的选用及测试	001
一、晶闸管的型号与基本参数	001
二、整流二极管和晶闸管的选用	004
三、晶闸管的测试	005
四、常用晶闸管的主要参数	007
第二节 整流管和晶闸管模块及其选用	010
一、双臂整流管模块和桥式整流模块	010
二、晶闸管-整流管联臂模块和双臂晶闸管模块	016
三、整流管和晶闸管模块的选用	018
第三节 整流元件及晶闸管保护	018
一、整流元件及晶闸管串、并联保护	018
二、整流元件及晶闸管的阻容保护	021
三、晶闸管过电压保护	023
四、晶闸管过电流保护	032
五、晶闸管变流装置冷却风机的选择	037
六、晶闸管变流装置的抗干扰措施	038
 第二章 晶闸管整流电路和逆变电路	 041
第一节 硅及晶闸管整流、调压电路	041
一、常用晶闸管整流电路比较	041
二、各种晶闸管整流电路波形及电流、电压的关系	041
三、各种整流电路整流变压器的计算	046
四、硅整流+调压器的直流电源	047
第二节 晶闸管逆变电路	051
一、单相并联逆变器	051
二、单相串联逆变器	053
三、三相并联逆变器	055
四、三相串联逆变器	059
五、1 kW 晶闸管三相逆变器	060



六、串联电感式三相变频调速电路	063
七、串联二极管式三相变频调速电路	066
第三章 晶闸管触发电路和反馈电路	069
第一节 触发电路	069
一、单相阻容移相触发电路	070
二、三相阻容移相触发电路	074
三、单结晶体管触发电路	075
四、程控单结晶体管(PUT)触发电路	078
五、电容降压的单结晶体管触发电路	081
六、单结晶体管宽脉冲触发电路	081
七、单结晶体管带单稳态触发器的触发电路	082
八、移相范围宽且不受电网波动影响的单结晶体管触发电路	082
九、带晶闸管脉冲放大器的触发电路	084
十、电容充放电进行移相的晶体管触发电路	087
十一、正弦同步电压垂直控制的晶体管触发电路	088
十二、带有阻容正反馈的正弦同步电压垂直控制的晶体管触发电路	088
十三、带尖脉冲正弦波同步电压垂直控制的晶体管触发电路	090
十四、锯齿波移相的晶体管触发电路	091
十五、同步信号为三角波的晶体管触发电路	092
十六、大功率晶体管脉冲放大电路	093
十七、带脉冲分配器的触发电路	094
十八、自整角机移相触发电路	095
十九、光耦合器触发电路	096
二十、集成触发电路	102
二十一、触发电路的输出环节	108
二十二、双向晶闸管触发电路	108
第二节 反馈电路	111
一、电动机电枢电压负反馈电路	111
二、测速发电机电压负反馈电路	112
三、微分负反馈电路	113
四、带双T滤波器的抑制振荡电路	113
五、电流截止反馈电路	114
六、反馈信号与给定信号的连接	116
七、反馈信号极性的判别	117
第四章 晶闸管开关电路和调节电路	118
第一节 晶闸管开关电路	118
一、不用触发电路的晶闸管交流开关电路	118



二、三相晶闸管交流开关基本电路	120
三、零触发的晶闸管功率调整交流开关电路	121
四、采用零触发集成块的零触发电路	123
第二节 调节电路	128
一、给定积分电路	128
二、慢速起动器	129
三、斜坡发生器	130
四、起动积分器及选择器	130
五、延时积分器	131
六、缓冲控制器	133
七、速度调节器	135
八、电流调节器	136
九、输出器	136
第五章 晶闸管控制模块和直流调速模块	138
第一节 晶闸管智能控制模块	138
一、晶闸管智能控制模块的特点及型号规格	138
二、晶闸管智能控制模块内部接线及控制端接口	140
三、晶闸管智能控制模块的技术参数	141
四、晶闸管智能控制模块的选用	143
五、晶闸管智能控制模块的过电流和过电压保护	144
第二节 直流调速模块	149
一、双闭环直流调速模块的特点及型号规格	149
二、双闭环直流调速模块内部接线及控制板	151
三、双闭环直流调速模块的选用	152
四、双闭环直流调速模块保护元件的选择与整定	153
第六章 晶闸管控制电路	154
第一节 照明控制电路	154
一、调光台灯电路	154
二、大功率调光器电路	155
三、歌舞厅自动补光电路	155
四、晶闸管控制应急照明灯电路	156
五、晶闸管控制闪光信号灯电路	157
六、路灯光电控制电路	157
七、触摸式照明延时开关电路	160
第二节 液位控制电路	160
一、电极式晶闸管水位控制电路	160
二、干簧管式双向晶闸管液位控制电路	161



三、电接点压力表式双向晶闸管液位控制电路	162
第三节 电加热控制电路	163
一、温箱温度自动控制电路	163
二、采用零触发集成电路的温度自动控制电路	164
三、电阻炉晶闸管温度自动控制电路	165
第四节 晶闸管延时电路	166
一、晶闸管截止式延时电路	166
二、晶闸管接通式延时电路	168
三、晶闸管时间继电器电路	169
 第七章 晶闸管调速电路	172
第一节 单相直流电动机、滑差电动机和力矩电动机调速电路	172
一、微型直流电动机晶闸管调速电路	172
二、小功率直流电动机不可逆调速电路	175
三、中小功率直流电动机可逆调速电路	181
四、四联半连续铸造机调速电路	184
五、滑差电动机晶闸管无级调速电路	186
六、多单元滑差电动机同步运行调速系统	188
七、力矩电动机交流调速电路	190
第二节 三相整流调速电路	196
一、三相整流调速基本电路	196
二、多用途晶闸管整流、调速电源	198
三、KZS10 系列晶闸管半控桥式整流装置	201
四、KFZ-II 型晶闸管半控桥式整流装置	204
五、CYD 系列晶闸管全控桥式整流装置	208
六、KGS ₂ -21 型晶闸管全控桥式整流装置	214
七、多单元调速系统中的位移检测器	216
第三节 炼钢电弧炉	218
一、炼钢电弧炉电极自动调节器性能比较	218
二、晶闸管-直流电动机式电弧炉电极自动调节器	219
三、晶闸管-滑差电动机式电弧炉电极自动调节器	222
四、DZZT-I 型晶闸管-力矩电动机式电弧炉电极自动调节器	226
 第八章 晶闸管调压电路和励磁电路	233
第一节 晶闸管调压电路	233
一、电磁振动台(给料机)电路	233
二、4 kW 单相交流调压电路	235
三、晶闸管交流稳压电路	236
第二节 同步电动机和发电机励磁电路	237



一、同步电动机晶闸管励磁电路	237
二、1.5 kW 汽油发电机晶闸管自动励磁电路	241
三、TLG1-33 型发电机自动励磁调节器电路	242
四、TWL-II 型发电机自动励磁调节器电路	244
五、JZLF-II F 型发电机自动励磁装置电路	246
六、JZLF-31F 型发电机自动励磁装置电路	249
第九章 电焊、电解和电镀电路	253
第一节 电焊机电路	253
一、ZXG 系列整流器式直流弧焊机电路	253
二、交流弧焊机改成交直流两用弧焊机电路	255
三、采用 25 kHz 晶闸管逆变器的弧焊机电路	256
四、GH-75 型氢原子焊机电路	257
五、GA-600 型氩弧焊机电路	258
六、钨极氩弧焊小功率脉冲引弧电路	261
七、二氧化碳气体保护电磁振动电弧堆焊电源设备电路	262
八、晶闸管控制的接触式电焊机电路	264
九、脚踏式点焊机电路	264
十、用 CMOS 构成时间调节的点焊机电路	267
十一、电焊机拖动控制电路	269
十二、G-80 型空气等离子切割机电路	272
十三、晶闸管式交流弧焊机空载自停电路	273
第二节 电解、电镀电源电路	274
一、3 000 A/18 V 三相晶闸管调压电解电源	274
二、500 A/6 V 单相晶闸管调压电镀电源	277
三、1 500 A/7 V 三相晶闸管调压电镀电源	278
四、1 200~6 000 A/10 V 三相晶闸管调压电镀电源	280
五、硅整流电解、电镀电源的改进电路	281
六、单相晶闸管镀镍电源	284
七、KGDS 型单相晶闸管低温镀铁电源	284
八、KGDF-3 型低温镀铁电源	286
参考文献	293

第一章

晶闸管及其保护电路

第一节 晶闸管的选用及测试

一、晶闸管的型号与基本参数

晶闸管又称可控硅,它包括普通晶闸管(单向晶闸管)、双向晶闸管、门极关断晶闸管和逆导晶闸管等电力半导体器件,常用的是前两种晶闸管。通常人们所称的晶闸管是指普通单向晶闸管。

1. 晶闸管的结构与管脚标志

晶闸管结构的核心部分是一个由硅半导体材料做成的管芯。管芯是一个圆形薄片,是一个四层(P、N、P、N)三端(A、K、G)器件,A、K、G 三端分别引出阳极、阴极和门极(也称控制极)。

晶闸管的符号及外形和管脚标志如图 1-1 所示。

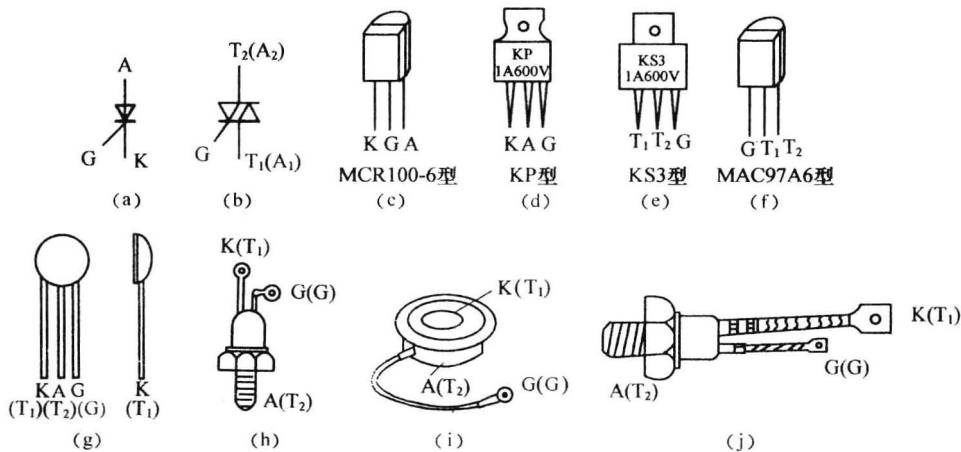


图 1-1 晶闸管的符号及外形和管脚标志

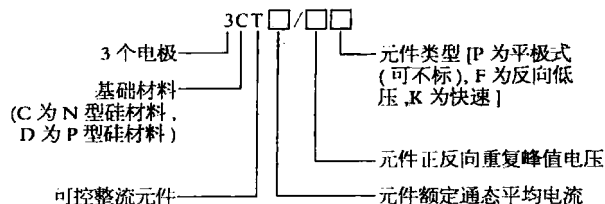
(a) 单向晶闸管的符号; (b) 双向晶闸管的符号; (c)、(d) 单向晶闸管的管脚标志;

(e)、(f) 双向晶闸管的管脚标志; (g)~(j) 单向晶闸管和双向晶闸管的外形

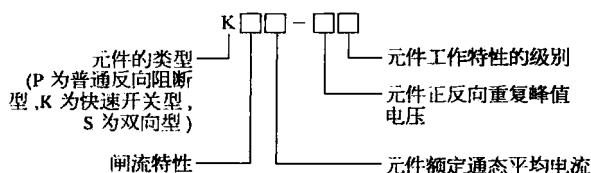
2. 晶闸管的型号

晶闸管的命名方法有两种:一种是以三个引出线和所用硅半导体材料为基础的型号命名法,如 3CT、3DT 系列;另一种是以器件的功能特征为基础的型号命名法,如 KP、KS 系列。

晶闸管的型号含义如下:



其中最后一位“工作特性的级别”分别为:KP—通态平均电压级别;KK—电路换向关断时间级别;KS—换向电流临界下降率级别;断态电压临界上升率级数。



3. 晶闸管的伏安特性

把晶闸管门极断开,在元件的正向或反向加一直流电压,可以测得如图 1-2 所示的电压-电流关系,这就是晶闸管的基本伏安特性。

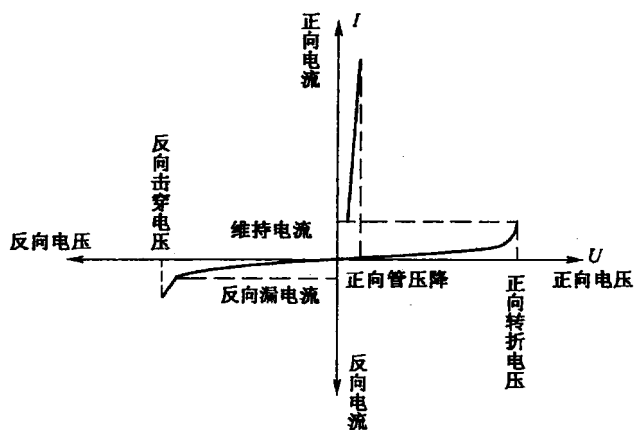


图 1-2 晶闸管的伏安特性

(1) 在晶闸管加上正向电压时,即使电压较大,元件中流过的电流(称正向漏电流)却很小,其阳极与阴极之间电阻极大,处于阻断状态。

(2) 当正向电压上升到某一数值时,晶闸管由阻断状态突然转化为导通状态,这时的正向电压值称为正向转折电压。元件导通后,其内部可以通过很大电流,而元件本身却只有 1 V 左右的管压降。

(3) 当减小正向电压时,正向电流就逐渐减小,元件的管压降却逐渐增大。当电流小到某一数值时,晶闸管又从导通状态转化到阻断状态,这时的电流数值称为维持电流。

晶闸管的反向伏安特性与二极管类似。

4. 晶闸管的基本参数

单向晶闸管的基本参数见表 1-1;双向晶闸管的基本参数见表 1-2;快速晶闸管的基本参数见表 1-3。

表 1-1 单向晶闸管基本参数

参 数	内 容
通态平均电流 I_T	在环境温度为+40℃、标准散热及元件导通条件下,元件可连续通过的工频正弦半波(导通角 $>170^\circ$)的平均电流
断态不重复峰值电压 U_{DSM}	门极断路时,在正向伏安特性曲线急剧弯曲处的断态峰值电压
断态重复峰值电压 U_{DRM}	为断态不重复峰值电压的 80%
断态不重复平均电流 I_{DS}	门极断路时,在额定结温下对应于断态不重复峰值电压下的平均漏电流
断态重复平均电流 I_{DR}	对应于断态重复峰值电压下的平均漏电流
门极触发电流 I_{GT}	在室温下,主电压为 6 V 直流电压时,使元件完全开通所必需的最小门极直流电流
门极不触发电流 I_{GD}	在额定结温下,主电压为断态重复峰值电压时,保持元件断态所能加的最大门极直流电流
门极触发电压 U_{GT}	对应于门极触发电流时的门极直流电压
门极不触发电压 U_{GD}	对应于门极不触发电流时的门极直流电压
断态电压临界上升率 du/dt	在额定结温和门极断路时,使元件从断态转入通态的最低电压上升率
通态电流临界上升率 di/dt	在规定条件下,元件用门极开通时所能承受而不导致损坏的通态电流的最大上升率
维持电流 I_H	在室温和门极断路时,元件从较大的通态电流降到刚好能保持元件处于通态所必需的最小通态电流

表 1-2 双向晶闸管基本参数

参 数	内 容
通态电流 I_T	在环境温度为+40℃、标准散热及元件导通条件下,元件可连续通过的工频正弦波的电流有效值
换向电流临界下降率 di/dt	元件由一个通态转换到相反方向时,所允许的最大通态电流下降率
门极触发电流 I_{GT}	在室温下,主电压为 12 V 直流电压时,用门极触发,使元件完全开通所需的最小门极直流电流

表 1-3 快速晶闸管基本参数

参 数	内 容
门极控制开通时间 t_{on}	在室温下,用规定门极脉冲电流使元件从断态至通态时,从门极脉冲前沿的规定点起到主电压降低到规定的低值所需要的时间
电路换向关断时间 t_g	从通态电流降至零这瞬间起,到元件开始能承受规定的断态电压瞬间止的时间间隔

5. 晶闸管的触发状态

单向晶闸管的触发状态如图 1-3a 所示,双向晶闸管的触发状态如图 1-3b 所示。双向晶闸管有四种触发方式,但它们的灵敏度是不同的。 I_+ 、 III_- 灵敏度高, I_- 、 III_+ 灵敏度低, III_+ 的灵敏度最低。目前国产元件中多不采用 III_+ 触发方式。

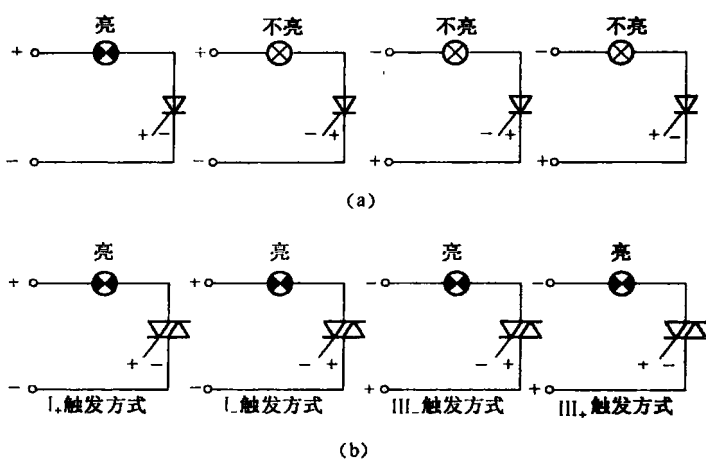


图 1-3 晶闸管的触发状态
(a) 单向晶闸管; (b) 双向晶闸管

二、整流二极管和晶闸管的选用

根据元件在电路中的已知工作电压、工作电流大小选择元件参数时,一定要留有相当的裕量,否则选择不当容易击穿或烧毁。具体选择见表 1-4。

表 1-4 整流元件及晶闸管的选择

元件名称	电流额定值	电压额定值
整流元件	$I_F \geq (1.5 \sim 2) I / 1.57$ I 是整流元件中的电流有效值 ^①	$U_{RRM} \geq (2 \sim 2.5) U_R$ U_R 是加在整流元件上的反向电压峰值
晶闸管	$I_T \geq (2 \sim 2.5) I / 1.57$ I 是晶闸管中的电流有效值 ^②	$U_{DRM}, U_{RRM} \geq (2 \sim 2.5) U_R$ U_R 是加在晶闸管上的反向电压峰值 ^②
双向晶闸管	$I_T \geq (2 \sim 2.5) I$ I 是双向晶闸管中的电流有效值	$U_{DRM} \geq (1.5 \sim 2) U_R$ U_R 是加在双向晶闸管上的电压峰值
	用两只反并联晶闸管代替一只双向晶闸管时,每只晶闸管的电流额定值应为 $I_T \geq T_n / 2.22$	

注:在电容性负载时,电流额定值应取上限;在电感性负载时,电压额定值应取上限。
① 如已知元件中的电流平均值,必须换算成电流有效值,再代入本式计算额定值。
② 当元件上的正向电压峰值与反向电压峰值不相等时,应取其中较大的一个。

选用晶闸管的注意事项如下:

(1) 注意使用时的环境温度,晶闸管结温不可超过允许值 100℃。安装位置应避免周围的热源及可能出现的外来高温影响,以免元件恶化或损坏。控制柜等结构需考虑电源部分的

散热或柜内良好的热对流,通常采用顶部多孔板形式或上下开散热孔,并注意防尘,经常清洁外部环境。大功率晶闸管需采取强迫风冷或水冷。

(2) 晶闸管过载能力差,应用于大容量设备时,往往需将其串联或并联使用,为了避免管子击穿或过载烧毁,必须加均压和均流措施。

(3) 晶闸管对过电压和过电流的耐受力很小,即使短时间的超过规定值的过电压或过电流都会造成元件损坏,所以必须采取过电压和过电流保护。

(4) 晶闸管及其电路的抗干扰和抗静电性能差,容易引起误动作,因此必须采取防干扰、防静电措施。

(5) 晶闸管在开闭动作中会产生高次谐波电压、电流,这对电力设备、电子设备及继电保护都会产生干扰,因此必要时应采取相应的防范措施。

(6) 晶闸管应拧紧在散热器上,拧得越紧,散热效果越好,但也不能拧得过紧,容易引起硅片损坏。拧紧力矩推荐值见表 1-5。

(7) 测试或检查晶闸管时,门极和阴极之间瞬时电压不应超过 10 V,否则门极会被击穿。

表 1-5 拧紧力矩推荐值

螺栓直径/mm	六角形基座对边距离/mm	推荐的拧紧力矩/N·cm
6(5 A)	13	340
10(20 A)	28	980
12(50 A)	32	1 470
16(100 A)	36	1 960
20(200 A)	43	3 430

三、晶闸管的测试

1. 单向晶闸管的测试

(1) 用万用表测试。用万用表可判别晶闸管的三个电极及管子的好坏。将万用表打在 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 挡,测量阳极与阴极间正向与反向电阻,若阻值都接近无穷大,则说明阳极、阴极间是正常的;若阻值不大或为零,则说明管子性能不好或内部短路。然后将万用表打到 $R \times 10 \Omega$ 或 $R \times 1 \Omega$ 挡,测量门极与阴极间的正向与反向电阻,一般正向电阻值为数十欧以下,反向电阻值为数百欧以上。若阻值为零或无穷大,则说明门极与阴极内部短路或断路。测量门极与阴极间的正向与反向电阻时,不要用 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 或 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡,否则测试电压过高会将门极反向击穿。

(2) 用灯泡判别。如图 1-4 所示,E 采用 6~24 V 直流电源,小功率晶闸管也可采用 3 V 直流电源,灯泡 HL 额定电压不小于电源电压,但也不超过电源电压很多。如果连接好线路,灯泡即发亮,则说明晶闸管内部已短路;如果灯泡不亮,将门极 G 与阳极 A 短接一下即断开,灯泡一直发亮,则说明晶闸管是好的;如果 G、A 短接一下后灯泡仍不亮或只有在 G、A 短接时才发亮,G、A 断开后就熄灭,则说明晶闸管是坏的。

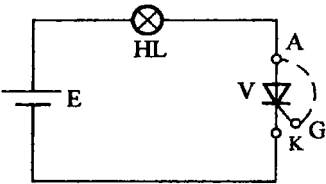


图 1-4 用灯泡判别晶闸管的好坏

(3) 晶闸管门极触发电压 U_{GT} 和触发电流 I_{GT} 的测试。试

验接线如图 1-5 所示。测试时,调节电位器 RP 以逐渐增大门极触发电流,直至晶闸管导通,记下此时电压表和电流表的读数,即为门极触发电压 U_{GT} 和触发电流 I_{GT} 。

(4) 晶闸管维持电流 I_H 的测试。试验接线如图 1-6 所示。测试时,按下按钮 SB,使晶闸管触发导通,然后调节电位器 RP,使通过晶闸管的正向电流逐渐减小,直至正向电流突然降至零,记下降至零前一瞬间的电流值,即为维持电流 I_H 。

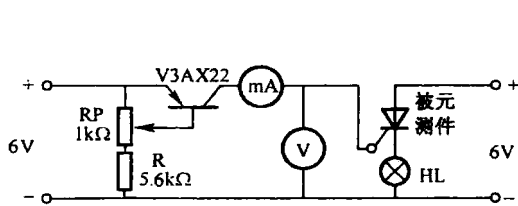


图 1-5 U_{GT} 和 I_{GT} 的测试

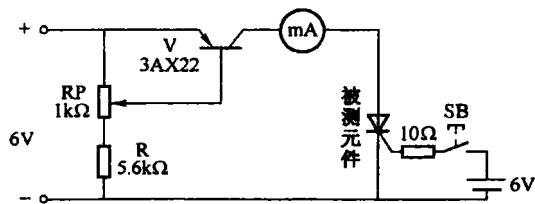


图 1-6 维持电流 I_H 的测试

2. 双向晶闸管的测试

(1) 用万用表测试。用万用表可判断双向晶闸管的三个电极及管子的好坏。

① 三个电极的判别。大功率双向晶闸管从其外形看,很容易区别三个电极:一般门极 G 的引出线较细,第一电极 T_1 离 G 极较远,第二电极 T_2 靠近 G 极。

对于小功率双向晶闸管用万用表判别方法如下:将万用表打到 $R \times 100 \Omega$ 挡,用黑表笔(即正表笔)和管子的任一极相连,再用红表笔(即负表笔)分别去碰触另外两个电极。如果表针均不动,则黑表笔接的是 T_1 极。如果碰触其中一电极时表针不动,而碰另一电极时表针偏转,则黑表笔接的不是 T_1 极。这时应将黑表笔换接另一极重复上述过程,这样就可测出 T_1 极。 T_1 极确定后,再将万用表打在 $R \times 1 k\Omega$ 或 $R \times 10 k\Omega$ 挡。先把一只 $5 \sim 20 \mu F$ 的电解电容的正极接万用表的黑表笔,负极接红表笔给电容充电数秒,取下电容作备用。然后将万用表的黑表笔接 T_1 极,红表笔接另一假设的 T_2 极,再将已充电的电解电容作触发电源,其负端对着假定的 T_2 极,正端对着假定的 G 极,碰触一下立即拿开,如果表针大幅度偏转并停留在某一固定位置,则说明上述假定的 T_2 、G 两极是正确的;如果表针不动,则红表笔接的是 G 极。此时,可将假设的 T_2 和 G 极调换一下再测一遍,作验证(电解电容需重新充电)。

② 好坏及性能鉴别。将万用表打到 $R \times 1 k\Omega$ 挡,测量 T_1 极和 T_2 极或 G 极与 T_1 极间的正向与反向电阻。如果测得的电阻值均很小或为零,则说明管子内部短路(正常时近似无穷大);如果测得 G 极与 T_2 极间正向与反向电阻值非常大(不要用 $R \times 1 k\Omega$ 或 $R \times 10 k\Omega$ 挡,以免将门极反向击穿),则说明管子已断路(正常时不大于几百欧)。

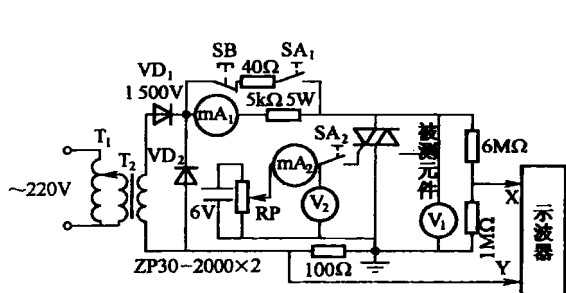


图 1-7 双向晶闸管伏安特性的测试

③ 做性能鉴别。将万用表的黑表笔接双向晶闸管的 T_1 极,红表笔接 T_2 极(设 T_1 、 T_2 已用上述方法识别),再用充好电的电解电容的正端对 G 极、负端对 T_2 极,碰触一下立即拿开,如果万用表大幅度偏转且停留在某一固定位置,则说明晶闸管 T_1 向 T_2 导通方向是好的;然后将万用表正负表笔及电解电容正负极对调,用同样方法测试 T_2 向 T_1 导通方向是否良好。

(2) 伏安特性的测试。试验接线如图 1-7

所示。测试时,将开关 SA₂ 断开,SA₁ 闭合,调节调压器 T₁,使电压逐渐升高至双向晶闸管发生转折(伏安特性曲线急剧弯曲处),读出转折前一瞬间电压表 V₁ 的读数(峰值)和电流表 mA₁ 的读数(按下按钮 SB),即为断态不重复峰值电压 U_{DSM}和断态不重复峰值电流 I_{DSM}。然后将电压降至 80%U_{DSM}处,读出电压表 V₁ 和电流表 mA₁ 的读数,即为断态重复峰值电压 U_{DRM}和断态重复峰值电流 I_{DRM}。

然后将双向晶闸管第一电极 T₁ 和第二电极 T₂ 对调,重复上述测试,以了解双向晶闸管 I 与 II 的对称性。

(3) 门极控制特性的测试。测试接线仍如图 1-7 所示。断开 SA₁,将 T₁、T₂ 两极间的电压降至 6~20 V,合上 SA₂,调节电位器 RP,逐渐增大触发电压,观察示波器,直至双向晶闸管导通,记下导通瞬间电流表 mA₂的和电压表 V₂ 的读数,即为门极触发电流 I_{GT}和门极触发电压 U_{GT}。

(4) 用灯泡法检测断态电压临界上升率 du/dt。将双向晶闸管,两只 60 W、220 V(串联)灯泡和开关串联后接在 380 V 交流电路中,然后频繁地开合开关,让变化的电压加到电极 T₁、T₂ 上(G 极空着),此时管子将产生电压上升率,观察灯泡有无发亮情况。如果有过发亮情况,则说明双向晶闸管有失去阻断能力的现象,为不合格品。

四、常用晶闸管的主要参数

1. 单向晶闸管的主要参数(表 1-6 和表 1-7)

表 1-6 单向晶闸管主要参数

型号	通态平均电流 I_T/A	浪涌电流 I_{TSM}/A	断态重复峰值电压,反向重复峰值电压 $U_{DRM}, U_{RRM}/V$	断态重复平均电流,反向重复平均电流 $I_{DR}, I_{RR}/mA$	断态电压临界上升率 $du/dt/(V/\mu s)$	通态电流临界上升率 $di/dt/(A/\mu s)$	门极触发电流 I_{GT}/mA	门极触发电压 U_{GT}/V
KP1	1	20	100~3 000	<1	30	—	3~30	≤2.5
KP5	5	90					5~70	≤3.5
KP10	10	190					5~100	
KP20	20	380		<2	30	8~150		
KP30	30	560						
KP50	50	940		<4	100	50	10~250	≤4
KP100	100	1 880						
KP200	200	3 770		<8	100	80	20~300	≤5
KP300	300	5 650						
KP400	400	7 540						
KP500	500	9 420		<9	100	100	30~350	
KP600	600	11 160						
KP800	800	14 920		<10			40~400	
KP1000	1 000	18 600						

注: 1. 通态平均电压 U_T 的上限值由各生产厂自定。
2. 维持电流 I_H 由实测得到。

表 1-7 3CT、MCR、2N 系列晶闸管主要参数

型 号	重复峰值电压 $U_{\text{DRM}}、U_{\text{RRM}}/\text{V}$	额定正向 平均电流 I_{T}/A	维持电流 I_{H}/mA	通态平均 电压 U_{T}/V	门极触 发电压 U_{GT}/V	门极触 发电流 I_{GT}/mA
3CT021~3CT024	20~1 000	0.1	0.4~20	≤ 1.5	≤ 1.5	0.01~10
3CT031~3CT034		0.2	0.4~30			0.01~15
3CT041~3CT044		0.3		≤ 1.2		0.01~20
3CT051~3CT054		0.5	0.5~30		≤ 2	0.05~20
3CT061~3CT064		1	0.8~30			0.01~30
3CT101	50~1 400	1		≤ 1	≤ 2.5	3~30
3CT103		5	< 50		≤ 3.5	5~70
3CT104		10				
3CT105		20	< 100			
3CT107		50	< 200			8~150
MCR102	25	0.8			0.8	0.2
MCR103	50					
MCR100-3~MCR100-8	100~800					
2N1595	50	1.6			3.0	10
2N1596	100					
2N1597	200					
2N1598	300					
2N1599	400					
2N4441	50	8			1.5	30
2N4442	200					
2N4443	400					
2N4444	600					

2. 双向晶闸管的主要参数(表 1-8 和表 1-9)

表 1-8 双向晶闸管主要参数

型号	额定通态 电流有效 值 I_T/A	浪涌 电流 I_{TSM}/A	断态重复 峰值电压 U_{IRM}/V	断态重复 峰值电流 I_{IRM}/mA	断态电压 临界上升 率 du/dt /($V/\mu s$)	换向电流 临界下降 率 di/dt /($A/\mu s$)	通态电流 临界上升 率 di/dt /($A/\mu s$)	门极触 发电流 I_{GT}/mA	门极触 发电压 U_{GT}/V
KS1	1	8.4	100~2 000	<1	≥ 20	$0.2I_T\%$	—	3~100	≤ 2
KS10	10	84		<10				5~100	≤ 3
KS20	20	170						5~200	
KS50	50	420		<15	≥ 50		10	8~200	≤ 4
KS100	100	840		<20			10	10~300	
KS200	200	1 700		<25			15	10~400	
KS400	400	3 400					30	20~400	
KS500	500	4 200					30		

注：1. 通态平均电压 U_T 的上限值由各生产厂自定。
2. 维持电流 I_H 由实测得到。