

电力电子技术及应用

DIANLI DIANZI JISHU JI YINGYONG

魏连荣 主编
朱益江 魏 弢 副主编



化学工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电力电子技术及应用/魏连荣主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 2

ISBN 978-7-122-07050-0

I. 电… II. 魏… III. 电力电子学 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 224567 号

责任编辑: 卢小林

文字编辑: 孙 科

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 周 遥

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

720mm×1000mm 1/16 印张 17¼ 字数 333 千字 2010 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

“电力电子技术及应用”是高职高专机电类专业的一门重要技术基础课。为适应职业技术教育的迅速发展，国家教委要求高等职业技术学院在教学实施中，采用“教、学、做”一体化的教学模式，对教学内容进行调整，减少理论内容，结合生产实际应用，增加实训内容，形成了一定的教学特色，本书也正是在此基础上编写而成的。

本书在编写中紧紧围绕电力电子器件的应用，将复杂理论分析简化，定性说明实用化，将器件、电路与应用有机结合。编写时在保证必需的基础理论与常规技术的同时，充分考虑本书的应用性，以满足高等职业技术学院的需要。在编写内容上力求精选内容，叙述尽量深入浅出，每章后附有启发思路的思考题和习题，书后还附有实训指导，以期符合教学要求，达到“学”、“用”结合的效果。

本书主要内容有：常用电力电子器件（功率二极管，晶闸管、可关断晶闸管、大功率晶体管、功率场效应晶体管、绝缘栅双极晶体管）的工作原理与使用特性，上述器件组成的相控整流电路、有源逆变电路、交流调压、直流斩波电路以及逆变和变频电路的工作原理与用途，并附有典型的电力电子应用实例。

本书可用作高等职业技术学院“工业电气自动化”、“电气技术”等相关专业的教学用书，为培养生产第一线高级应用型人才服务，也可供从事电工技术的工程技术人员参考。

本书由天津渤海职业技术学院魏连荣主编，朱益江、魏弢副主编。编写分工为：魏连荣编写第1、2章及实训内容，朱益江编写第3章，魏弢编写第4、5章，王爱博编写第6章。全书由魏连荣统稿。

由于编者水平所限，书中疏漏与不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电力电子器件	1
1.1 电力二极管	1
1.1.1 结构和伏安特性	1
1.1.2 主要参数	2
1.1.3 型号及选择原则	3
1.1.4 二极管的判别	4
1.2 晶闸管	4
1.2.1 晶闸管的结构	5
1.2.2 晶闸管的导通关断条件	6
1.2.3 晶闸管的工作原理	7
1.2.4 晶闸管的阳极伏安特性	7
1.2.5 晶闸管阳极主要参数	8
1.2.6 晶闸管的门极伏安特性及主要参数	12
1.2.7 晶闸管的简易测试	12
1.3 其他类型晶闸管	13
1.3.1 双向晶闸管	13
1.3.2 可关断晶闸管	17
1.3.3 快速晶闸管	22
1.3.4 逆导晶闸管	22
1.3.5 光控晶闸管	22
1.4 电力晶体管 (GTR)	23
1.4.1 电力晶体管的结构与工作原理	23
1.4.2 电力晶体管的特性与参数	26
1.4.3 电力晶体管的基极驱动与缓冲电路	32
1.5 电力场效应晶体管 (电力 MOSFET)	38
1.5.1 电力场效应晶体管的结构与特性	38
1.5.2 电力场效应晶体管的主要参数及安全工作区	41
1.5.3 电力场效应晶体管的栅极驱动与保护	43
1.6 绝缘栅双极晶体管 (IGBT)	47
1.6.1 IGBT 工作原理与特性参数	47

1.6.2	IGBT 的擎住电流与安全工作区	53
1.6.3	IGBT 的驱动电路	55
1.6.4	IGBT 的保护	58
1.7	其他新型电力电子器件	60
1.7.1	MOS 控制晶闸管 (MCT)	60
1.7.2	静电感应晶体管 (SIT)	63
1.7.3	静电感应晶闸管 (SITH)	65
1.7.4	智能功率模块 IPM	67
1.8	电力电子器件应用实例分析	69
1.8.1	晶闸管智能控制模块	69
1.8.2	模块内部电连接形式	70
1.8.3	模块通用参数	71
1.8.4	模块选型注意事项	71
1.8.5	模块的保护	73
1.8.6	各种控制信号输入方法	75
	小结	75
	思考题与习题	80
	实训 1 电力电子器件特性实训	83
	实训 2 电力电子器件的驱动与保护电路实训	84
第 2 章 可控整流电路		87
2.1	单相半波可控整流电路	87
2.2	单相桥式全控整流电路	93
2.3	单相桥式半控整流电路	99
2.4	三相半波可控整流电路	103
2.5	三相桥式全控整流电路	109
2.6	三相桥式半控整流电路	113
2.7	带平衡电抗器的双反星形可控整流电路	115
2.8	整流电路的换相压降与外特性	119
2.9	可控整流电路应用实例分析	121
2.9.1	晶闸管智能控制模块应用	121
2.9.2	多重化整流电路	122
	小结	124
	思考题与习题	125
	实训 3 单相半波可控整流电路实训	127
	实训 4 单相桥式半控整流电路实训	129

实训 5 三相半波可控整流电路实训	132
第 3 章 晶闸管的触发电路	134
3.1 对触发电路的要求及简单触发电路	134
3.1.1 晶闸管对触发电路的要求	134
3.1.2 简易触发电路	135
3.2 单结晶体管触发电路	137
3.2.1 单结晶体管	137
3.2.2 单结晶体管的伏安特性	137
3.2.3 单结晶体管自激振荡电路	139
3.2.4 具有同步环节的单结晶体管触发电路	140
3.3 同步电压为锯齿波的触发电路	142
3.3.1 同步环节	142
3.3.2 锯齿波形成及脉冲移相环节	143
3.3.3 脉冲形成、放大和输出环节	144
3.3.4 双脉冲形成环节	145
3.3.5 强触发及脉冲封锁环节	146
3.4 集成触发电路	147
3.5 触发脉冲与主电路电压的同步	150
3.5.1 同步的意义	150
3.5.2 实现同步的方法	150
3.5.3 定相举例	152
3.6 晶闸管的触发电路应用实例分析	153
3.6.1 ZLK-1 型晶闸管调速控制器	153
3.6.2 集成电路 MC787 和 MC788	155
3.6.3 数字触发电路	158
小结	160
思考题与习题	161
实训 6 单结晶体管触发电路实训	162
实训 7 锯齿波同步移相触发电路实训	163
第 4 章 交流开关及交流调压电路	166
4.1 交流开关及应用	166
4.1.1 晶闸管交流开关及应用	166
4.1.2 由过零触发开关电路组成的单相交流调功器	168
4.1.3 固态开关	170

4.1.4	全控器件组成的交流开关	171
4.2	单相交流调压	172
4.2.1	电阻负载	172
4.2.2	电感性负载	173
4.2.3	晶闸管交流稳压电路	175
4.3	相位控制器	176
4.4	三相交流调压	177
4.4.1	星形连接带中性线的三相交流调压电路	177
4.4.2	晶闸管与负载连接成内三角形的三相交流调压电路	179
4.4.3	用三对反并联晶闸管连接成三相三线交流调压电路	179
4.4.4	三个晶闸管连接与星形负载中性点的三相交流调压电路	181
4.5	三相交流调压应用实例	182
4.5.1	交流电动机软启动	182
4.5.2	电解、电镀电源	186
4.5.3	小功率电力电子器件开关	187
4.5.4	调温、调光功率模块	188
	小结	189
	思考题与习题	190
实训 8	单相交流调压电路实训 (1)	191
实训 9	单相交流调压电路实训 (2)	194
第 5 章 逆变电路		196
5.1	有源逆变的工作原理	196
5.1.1	功率的传递	196
5.1.2	有源逆变的工作原理	197
5.1.3	逆变失败与逆变角限制	198
5.2	有源逆变应用电路	199
5.2.1	三相半波有源逆变电路	200
5.2.2	三相全控桥式有源逆变电路	201
5.2.3	绕线转子感应电动机的串级调速	205
5.3	无源逆变基本电路	207
5.3.1	逆变器的工作原理	207
5.3.2	基本逆变器电路	208
5.4	电压型和电流型逆变器	209
5.4.1	电压型逆变器	210
5.4.2	电流型逆变器	211

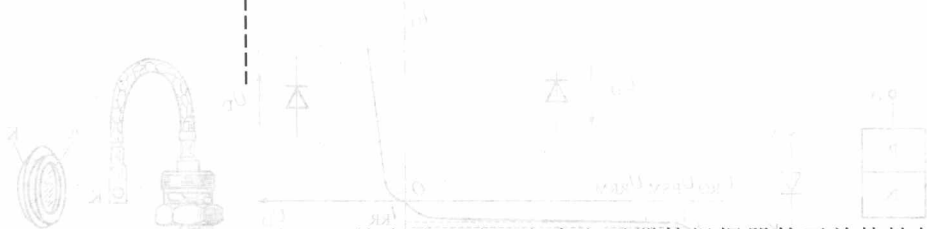
5.5 负载换流式逆变电路	212
5.5.1 并联谐振式逆变电路	212
5.5.2 串联谐振式逆变电路	214
5.6 脉宽调制 (PWM) 型逆变电路	215
5.6.1 PWM 控制的基本原理	215
5.6.2 PWM 逆变电路的控制方式	217
5.6.3 三相桥式 PWM 逆变电路	218
5.6.4 SPWM 控制的交-直-交变频器	219
5.7 逆变电路应用实例分析	220
5.7.1 绕线转子异步电动机晶闸管串级调速	220
5.7.2 串级调速系统实例	221
5.7.3 高压直流输电	225
5.7.4 变频调速恒压供水系统	226
小结	228
思考题与习题	229
实训 10 单相桥式全控整流及有源逆变电路实训	230
实训 11 三相桥式全控整流及有源逆变电路实训	232
实训 12 三相 SPWM 变频电路实训	236

第 6 章 直流斩波技术	237
6.1 降压式斩波电路	237
6.1.1 基本斩波器的工作原理	237
6.1.2 电流连续的导通工作模式	239
6.1.3 电流不连续的导通工作模式	241
6.1.4 输出电压纹波	242
6.2 升压式斩波电路	243
6.2.1 电流连续导通的工作模式	243
6.2.2 电流不连续导通的工作模式	245
6.2.3 输出电压纹波	246
6.3 升降压式斩波电路	247
6.3.1 电流连续导通的工作模式	247
6.3.2 电流不连续导通的工作模式	249
6.3.3 输出电压的纹波	249
6.3.4 库克直流斩波电路	250
6.4 直流斩波电路应用实例分析	251
6.4.1 TGC-I 型无轨电车晶闸管斩波调速装置	251

6.4.2	全控型器件组成的斩波电路	253
6.4.3	感应加热电源	254
6.4.4	开关稳压电源	255
小结		259
思考题与习题		260
实训 13	直流斩波电路原理实训	262
参考文献		265

第1章

电力电子器件



电力电子器件是电力电子技术的基础。电力电子器件根据器件开关特性的不同可分为两大类型：半控器件和全控器件。通过门极信号只能控制其导通而不能控制其关断的器件称为半控器件，如普通的晶闸管、双向晶闸管等；通过门极信号既能控制其导通也能控制其关断的器件称为全控器件，如电力晶体管 GTR、电力场效应晶体管 MOSFET 等。根据控制极信号性质的不同，电力电子器件还可以分成：电流控制型器件和电压控制型器件。电流控制型器件一般通过控制控制极的电流大小来控制器件的导通和关断，如 GTR 等。而电压控制型器件一般通过控制控制极的电压大小来控制器件的导通和关断，如电力 MOSFET、绝缘栅双极晶体管 IGBT 等。近几年来 IGBT、智能功率模块 IPM 等功率模块得到广泛应用。本章重点介绍电力二极管、晶闸管、双向晶闸管、GTR、可关断晶闸管 GTO、电力 MOSFET、IGBT 等电力器件的工作原理、驱动电路与保护电路。

1.1 电力二极管

续表 5.1.1

电力二极管是指可以承受高电压大电流具有较大耗散功率的二极管，它与其他电力电子器件相配合组成各种变流电路，在整流、续流、钳位以及隔离等场合发挥主要作用。电力二极管与小功率二极管的结构、工作原理和伏安特性相似，但它的主要参数的规定、选择原则等不尽相同，使用时应当注意。

1.1.1 结构和伏安特性

续表 5.1.1

(1) 结构

电力二极管的内部结构也是一个 PN 结，如图 1-1(a) 所示，因通过的电流大，所以 PN 结的面积大，结电容大，工作频率比普通二极管低。最近研制的电力二极管如快速恢复二极管等，在研制工艺上有新的突破，使开关时间大为减少，提高了电力二极管的工作频率。

电力二极管具有两个引出极，分别称为阳极 A 和阴极 K，使用的符号与小功率二极管一样，如图 1-1(b) 所示。电力二极管功率较大，它的外形结构有螺栓式和平板式两种，如图 1-1(d) 所示。螺栓式二极管的阳极紧拴在散热器上。平板式二极管又分为风冷式和水冷式，它的阳极和阴极分别由两个彼此绝缘的散热器紧紧夹住。

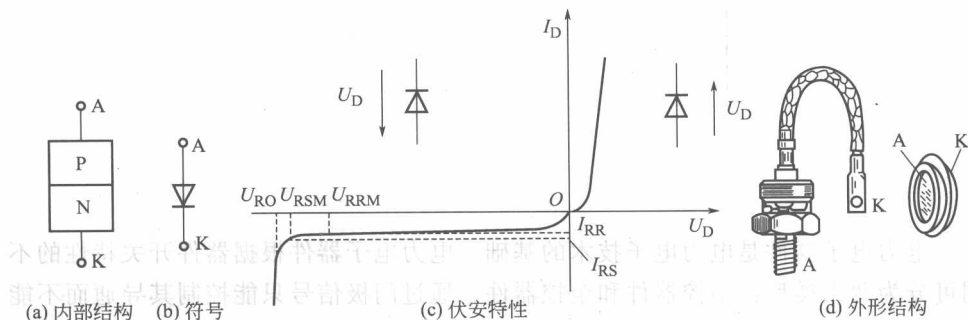


图 1-1 电力二极管的结构、符号及伏安特性

(2) 伏安特性

电力二极管的阳极和阴极间的电压和流过管子的电流之间的关系称为伏安特性，如图 1-1(c) 所示。当从 0 逐渐增大二极管正向电压时，开始阳极电流很小，这一段特性曲线很靠近横向坐标，当正向电压大于 0.5V 时，正向阳极电流急剧上升，管子正向导通，如果电路中不接限流元件，二极管将被烧毁。

当二极管加上反向电压时，起始的反向电流很小，而且随着反向电压增加。反向漏电流只略有增大，但当反向电压增加到反向不重复峰值电压值时，反向漏电流开始急剧增加。同样，如果对反向电压不加限制的话，二极管将被击穿而损坏。

1.1.2 主要参数

(1) 额定正向平均电流（额定电流） I_F

在规定的环境温度为 40℃ 和标准散热条件下，元件 PN 结温度稳定且不超过 140℃ 时，所允许长时间连续流过 50Hz 正弦半波的电流平均值称为额定正向平均电流 I_F 。将此电流取规定系列的电流等级，即为元件的额定电流。

(2) 反向重复峰值电压 U_{RRM}

在额定结温条件下，取元件反向伏安特性不重复峰值电压 U_{RSM} [见图 1-1(c)] 的 80% 称为反向重复峰值电压 U_{RRM} 。将 U_{RRM} 值取规定的电压等级就是该元件的额定电压。

(3) 正向平均电压 U_F

在规定环境温度 40℃ 和标准散热条件下，元件通过 50Hz 正弦半波额定正向平均电流时，元件阳极和阴极之间的电压的平均值，取规定系列组别，称为正向

平均电压 U_F ，简称管压降，一般在 $0.45 \sim 1V$ 范围内。

(4) 最高工作结温 T_{jm}

结温是指管芯 PN 结的平均温度，用 T_j 表示。最高结温是指在 PN 结不致损坏的前提下所能承受的最高平均温度，用 T_{jm} 表示， T_{jm} 通常在 $125 \sim 175^\circ C$ 范围之内。

(5) ZP 型硅二极管参数 (见表 1-1)

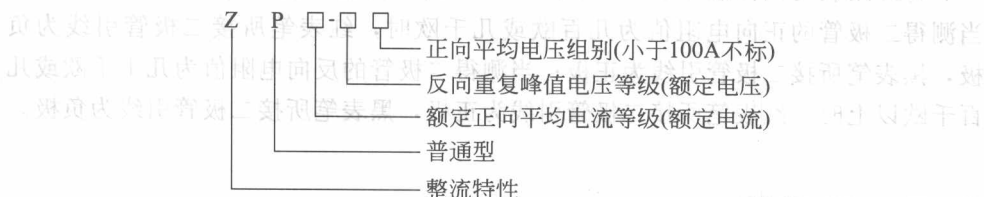
表 1-1 ZP 型硅二极管参数

参数 系列	额定正向 平均电流 I_F/A	反向重复 峰值电压 U_{RRM}/V	反向不重复 平均电流 I_{RS}/mA	反向重复 平均电流 I_{RR}/mA	浪涌电流 I_{FSM}/A	正向平 均电压 U_F/V	额定结温 $T_{jm}/^\circ C$	额定结温 升 $\Delta T_{jm}/^\circ C$
ZP1	1	100~3000	≤ 1	< 1	40	0.4~1.2	140	100
ZP5	5		≤ 1	< 1	180		140	100
ZP10	10		≤ 1.5	< 1.5	310		140	100
ZP20	20		≤ 2	< 2	570		140	100
ZP30	30		≤ 3	< 3	750		140	100
ZP50	50		≤ 4	< 4	1260		140	100
ZP100	100		≤ 6	< 6	2200		140	100
ZP200	200		≤ 8	< 8	4080		140	100
ZP300	300		≤ 10	< 10	5650		140	100
ZP400	400		≤ 12	< 12	7540		140	100
ZP500	500		≤ 15	< 15	9420		140	100
ZP600	600		≤ 20	< 20	11160		140	100
ZP800	800		≤ 20	< 20	14920		140	100
ZP1000	1000		≤ 20	< 20	18600		140	100

1.1.3 型号及选择原则

(1) 型号

国产电力二极管的型号规定如下：



(2) 选择额定正向平均电流 I_F 的原则

在规定的室温和冷却条件下，只要选择的管子额定电流有效值大于管子在电路中可能流过的最大有效值 I_{DM} 即可。考虑到元件的过载能力较小，因此选择时

考虑 1.5~2 倍的安全余量。经数学推导, 正弦半波电流有效值是平均值的 1.57 倍, 所以

$$I_F = (1.5 \sim 2) \frac{I_{DM}}{1.57} \quad (1-1)$$

取相应标准系列值。

(3) 选择额定电压 U_{RRM} 原则

电力二极管的反向重复峰值电压 U_{RRM} 应为管子所工作的电路中可承受到的最大反向瞬时电压 U_{DM} 的 2~3 倍, 即

$$U_{RRM} = (2 \sim 3) U_{DM} \quad (1-2)$$

取相应标准系列值。

(4) 电力二极管使用注意事项

① 必须保证规定的冷却条件, 如强迫风冷或水冷, 如不能满足规定的冷却条件, 必须降低容量使用。

② 平板式元件的散热器一般不应自行拆装。

③ 严禁用兆欧表检查电力二极管的耐压情况。如需检查整机的耐压时, 应将元件短接。

1.1.4 二极管的判别

(1) 二极管好坏的鉴别

最简单的方法是用万用表测其正、反向电阻, 将指针式万用表的挡位放在 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 挡, 分别测量二极管的正、反向电阻值。若测得正向电阻值为几百欧或几千欧, 反向电阻值为几十千欧或几百千欧以上, 表明二极管是好的; 若测得正、反向电阻值都为无穷大, 表明二极管断路, 二极管损坏; 若测得正、反向电阻值都为零, 表明 PN 结被击穿或短路, 二极管损坏; 若测得正、反向电阻值一样大, 表明二极管损坏。

注意: 测量二极管时不要使用 $R \times 10k$ 挡, 这一挡表内接电池电压较高, 易损坏被测元件。

(2) 二极管正、负极的判断

将万用表的挡位放在 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 挡, 测量二极管的正、反向电阻值。当测得二极管的正向电阻值为几百欧或几千欧时, 红表笔所接二极管引线为负极, 黑表笔所接二极管引线为正极; 当测得二极管的反向电阻值为几十千欧或几百千欧以上时, 红表笔所接二极管引线为正极, 黑表笔所接二极管引线为负极。

1.2 晶闸管

晶闸管是晶体闸流管的简称, 曾称为可控硅。自从 1957 年美国研制出第一

只普通晶闸管以来,至今已形成了从低压小电流到高压大电流的系列产品。同时世界各国还研制出多种晶闸管的派生器件,如双向晶闸管、可关断晶闸管、快速晶闸管、逆导晶闸管及光控晶闸管等。晶闸管作为大功率的半导体器件,只需用几十至几百毫安的电流,就可以控制几百至几千安的大电流,实现了弱电对强电的控制。

晶闸管具有体积小,重量轻,耗损小,控制特性好的特点,目前在各个领域得到了广泛的应用。

本节主要介绍普通晶闸管、双向晶闸管和可关断晶闸管。因普通晶闸管应用最为广泛,常简称为晶闸管,本书若不做特别说明,均以晶闸管代替普通晶闸管的名称。

1.2.1 晶闸管的结构

晶闸管的外形及符号如图 1-2 所示,晶闸管的外形有三种:塑封式、螺栓式和平板式。图 1-2(a) 为塑封式,多见于额定电流 10A 以下;图 1-2(b)、(c) 为螺栓式,一般为 10A 以上至 200A 以下;图 1-2(d) 为平板式,用于 200A 以上。晶闸管工作时,由于器件损耗而产生热量,需要通过散热器降低管芯温度,器件

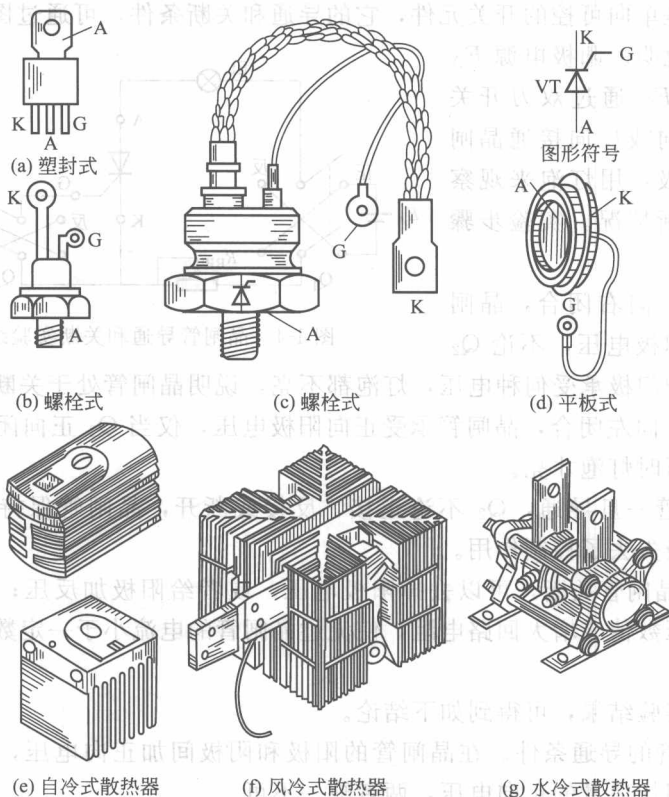


图 1-2 晶闸管的外形、符号及散热器

外形是为便于安装散热器而设计的。图 1-2(e) 为自冷式散热器, 图 1-2(f) 为风冷式散热器, 图 1-2(g) 为水冷式散热器。晶闸管使用时必须按照规定要求安装散热器, 以保障晶闸管正常工作。

晶闸管是四层 ($P_1N_1P_2N_2$) 三端 (A、K、G) 器件, 其内部结构和等效电路如图 1-3 所示。

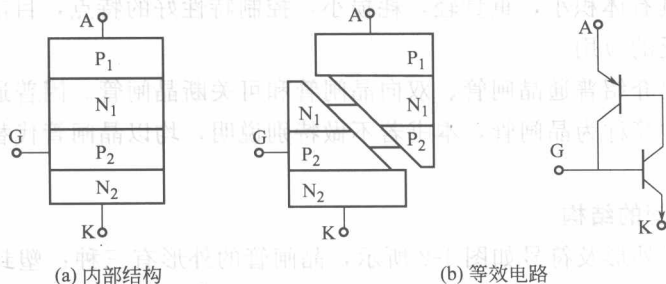


图 1-3 晶闸管内部结构和等效电路

1.2.2 晶闸管的导通关断条件

晶闸管是单向可控的开关元件, 它的导通和关断条件, 可通过图 1-4 所示的实验线路来说明。阳极电源 E_A 和门极电源 E_G 通过双刀开关 Q_1 和 Q_2 正向或反向接通晶闸管的有关电极, 用灯泡来观察晶闸管的通断情况。实验步骤如下。

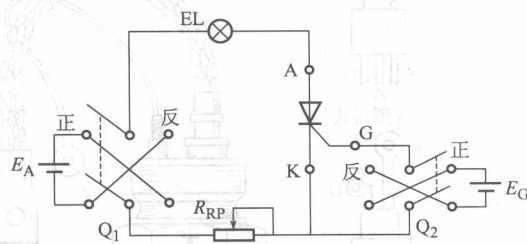


图 1-4 晶闸管导通和关断实验线路

① 当 Q_1 向右闭合, 晶闸管承受反向阳极电压, 不论 Q_2

正向或反向即门极承受何种电压, 灯泡都不亮, 说明晶闸管处于关断状态。

② 当 Q_1 向左闭合, 晶闸管承受正向阳极电压, 仅当 Q_2 正向闭合即门极也承受正向电压时灯泡才亮。

③ 晶闸管一旦导通, Q_2 不论正接、反接或断开, 晶闸管保持导通状态不变, 说明门极失去了控制作用。

④ 要使晶闸管关断, 可以去掉阳极电压, 或者给阳极加反压; 也可以降低正向阳极电压数值或增大回路电阻, 使流过晶闸管的电流小于一定数值 (维持电流) 以下。

由以上实验结果, 可得到如下结论。

① 晶闸管的导通条件。在晶闸管的阳极和阴极间加正向电压, 同时在它的门极和阴极间加适量的正向电压, 两者缺一不可。

② 晶闸管一旦导通, 门极即失去控制作用, 因此门极所加的电压一般为脉

冲电压。晶闸管从阻断变为导通的过程称为触发导通。门极触发电流一般只有几十毫安到几百毫安，而晶闸管导通后，阳极可以通过几百、几千安的电流。

③ 晶闸管的关断条件。使流过晶闸管的阳极电流小于维持电流 I_H 。维持电流 I_H 是保持晶闸管导通的最小电流。

1.2.3 晶闸管的工作原理

晶闸管的 PNPN 结构又可以等效为两个互补连接的三极管，其中 N_1 和 P_2 区既是一个三极管的集电极同时又是另一个管子的基极，如图 1-5 所示，晶闸管的工作原理可依此解释。

当晶闸管加正向阳极电压，门极也加上足够的门极电压时，则有电流 I_G 从门极流入 NPN 管的基极，即 I_{B2} ，经 NPN 管放大后的集电极电流 I_{C2} 流入 PNP 管的基极，再经 PNP 管放大，其集电极电流 I_{C1} 又流入 NPN 管的基极，如此循环，产生强烈的增强式正反馈过程，即

$$I_G \rightarrow I_{B2} \uparrow \rightarrow I_{C2} (I_{B1}) \uparrow \rightarrow I_{C1} \uparrow$$

使两个晶体管很快饱和导通，从而使晶闸管由阻断迅速地变为导通。流过晶闸管的电流将取决于外加电源电压和主回路的阻抗的大小。

晶闸管一旦导通后，即使 $I_G = 0$ ，但因 I_{C1} 的电流在内部直接流入 NPN 管的基极，晶闸管仍将继续保持导通状态。若要晶闸管关断，只有降低阳极电压到零或对晶闸管加上反向阳极电压，使 I_{C1} 的电流减少至 NPN 管接近截止状态，即流过晶闸管的阳极电流小于维持电流，晶闸管才可恢复阻断状态。

1.2.4 晶闸管的阳极伏安特性

晶闸管的阳极与阴极间的电压和阳极电流之间的关系，称为阳极伏安特性。其伏安特性曲线如图 1-6 所示。

图 1-6 中第 I 象限为正向特性，当 $I_G = 0$ 时，如果在晶闸管两端所加正向电压 U_A 未增到正向转折电压 U_{B0} 时，元件都处于正向阻断状态，只有很小的正向漏电流。当 U_A 增到 U_{B0} 时，则漏电流逐渐增大，器件导通，正向电压降低，其特征和二极管的正向特性相仿。通常不允许采用这种方法使晶闸管导通，因为这样多次会造成晶闸管损坏。一般采用对晶闸管的门极加足够大的触发电流使其导通，门极触发电流越大，正向转折电压越小。

晶闸管的反向伏安特性曲线如图 1-6 中第 III 象限所示，可见与整流二极管的反向伏安特性相似。处于反向阻断状态时，只有很小的反向漏电流，当反向电压

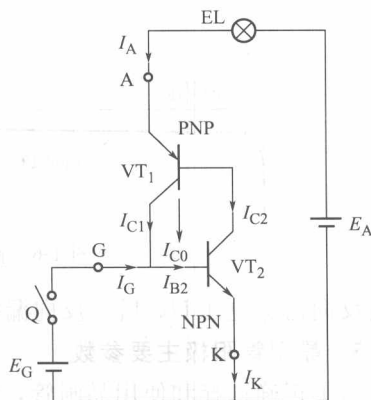


图 1-5 晶闸管工作原理示意图