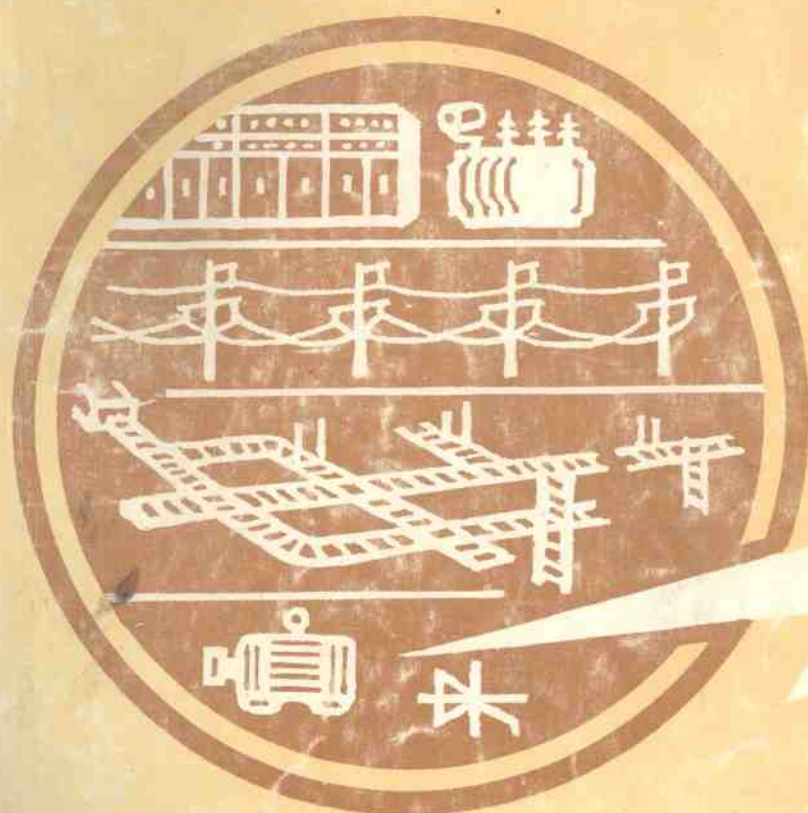


实用厂矿供用电技术培训丛书

可控硅技术及其应用

吕祖沛 李秀群 徐树德 编



中国科学技术出版社

实用厂矿供用电技术培训丛书

可控硅技术及其应用

吕祖沛 李秀群 徐树德 编

中国科学技术出版社

内 容 介 绍

《可控硅技术及其应用》是《实用厂矿供用电技术培训丛书》的第三分册，本分册共八章。第一章 可控硅元件，第二章 可控硅整流电路，第三章 可控硅的串联、并联和保护，第四章 可控硅的触发电路，第五章 全控型电力电子器件，第六章 同步电机的可控硅励磁，第七章 交流电动机的可控调速，第八章 直流电动机的可控调速。本书不但是厂矿电力拖动自动化的应用基础，而且还有各种典型电路的分析。

本书可供厂矿工程技术人员参考，可供中专有关专业教学以及厂矿管理人员、中高级电气技术工人培训选用。

前 言

为了配合当前蓬勃开展的厂矿技术培训,1988年我们组织了一些有丰富实践和教学经验的高级工程技术人员和大中专高级职称教师,编写了这套《实用厂矿供用电技术培训丛书》,在若干省市自治区的一些厂矿企业试用,一些中专有关专业曾选作教材,由于其内容的丰富和实用性,深受读者的欢迎。现由编者进行修订,正式出版。本丛书的编写,从实用出发,力求反映我国厂矿的技术现状,介绍新技术的发展;在内容上力求为厂矿工程技术人员的工

作提供方便,满足一些中专有关专业的教学及厂矿电气技术工人培训的需要;在工艺上力求满足厂矿电气安装和运行的中高级电气技术工人的要求。

《丛书》共有五个分册:

1. 《电工、电子技术基础与电气仪表》(第一分册)
2. 《电机、拖动、控制及修理》(第二分册)
3. 《可控硅技术及其应用》(第三分册)
4. 《厂矿供电》(第四分册)
5. 《厂矿内外线电气工艺》(第五分册)

本书为第三分册《可控硅技术及其应用》,其中第一至第五章由李秀群编写,第六至八章由吕祖沛编写。徐树德编写了5·1、7·4·3、7·5·3~7·5·5、7·6、7·7。

本套丛书的正式出版,得到中国科学技术出版社的大力支持,在此谨表示谢意。由于我们水平有限,错误在所难免,恳希读者指正。

中国电机工程学会

广西电机工程学会

实用厂矿供用电技术培训丛书编委会

一九九〇年十月

《实用厂矿供用电技术培训丛书》编委会

主 任 张宗鑫

编 委 张宗鑫 郑 钢 冯大千 游国权

卢延岳 徐树德 吕祖沛 王洪泽

主 编 徐树德

副主编 吕祖沛 王洪泽

目 录

第一章 可控硅元件.....	(1)
1.1 可控硅元件的结构和工作原理.....	(1)
1.1.1 可控硅元件的结构.....	(1)
1.1.2 可控硅元件的工作原理.....	(1)
1.2 可控硅的伏安特性.....	(3)
1.3 可控硅的主要参数.....	(4)
1.4 可控硅的型号含义及简易测试方法.....	(6)
1.4.1 可控硅的型号.....	(6)
1.4.2 可控硅的简易测试.....	(6)
1.4.3 使用可控硅应注意的事项.....	(7)
思考与练习.....	(8)
第二章 可控硅整流电路.....	(9)
2.1 单相半波可控整流电路.....	(9)
2.2 单相全波可控整流电路.....	(10)
2.3 单相半控桥式整流电路.....	(12)
2.4 具有反电动势负载时的可控整流电路.....	(13)
2.5 三相半波可控整流电路.....	(15)
2.6 三相桥式可控整流电路.....	(17)
2.7 带感性负载的可控整流电路.....	(20)
2.7.1 带感性负载的单相半波整流电路.....	(21)
2.7.2 带感性负载的单相全波整流电路.....	(23)
2.7.3 带感性负载的单相桥式整流电路.....	(24)
2.7.4 带感性负载的三相整流电路.....	(26)
2.8 几种常用的可控整流电路性能比较.....	(28)
2.9 有源逆变电路.....	(29)
2.9.1 单相全波整流逆变电路.....	(30)
2.9.2 单相全控桥式整流逆变电路.....	(32)
思考与练习.....	(32)
第三章 可控硅的串、并联和保护.....	(33)
3.1 可控硅的串联应用.....	(33)

3.2 可控硅的并联应用.....	(34)
3.3 可控硅元件的保护.....	(35)
3.3.1 可控硅的过电流保护.....	(36)
3.3.2 可控硅的过电压保护.....	(36)
思考与练习.....	(38)
第四章 可控硅的触发电路	(39)
4.1 可控硅对触发电路的要求.....	(39)
4.2 单结晶体管及其触发电路.....	(40)
4.2.1 单结晶体管的结构和特性.....	(40)
4.2.2 单结晶体管的自振荡电路.....	(42)
4.2.3 单结晶体管的触发电路.....	(45)
4.3 用小可控硅的触发电路.....	(48)
4.4 用阻容桥移相的触发电路.....	(48)
4.5 用晶体三极管的触发电路.....	(50)
4.5.1 同步电压为正弦波的触发电路.....	(50)
4.5.2 同步电压为锯齿波的触发电路.....	(52)
4.6 可控硅应用实例.....	(54)
4.6.1 交流调压器.....	(54)
4.6.2 可控硅充电设备.....	(55)
小 结.....	(57)
思考与练习.....	(57)
第五章 全控型电力电子器件	(58)
5.1 全控型电力电子器件的新时期.....	(58)
5.1.1 全控型电力电子器件的产生.....	(58)
5.1.2 全控型电力电子器件的种类.....	(59)
5.2 双向可控硅.....	(59)
5.3 可关断可控硅.....	(62)
5.4 快速和逆导可控硅.....	(63)
第六章 同步电机可控硅励磁	(64)
6.1 发电机的励磁与其有关性能的关系.....	(64)
6.1.1 同步发电机的工作原理.....	(64)
6.1.2 发电机的励磁与其端电压的关系.....	(65)
6.1.3 发电机励磁与其无功功率的关系.....	(67)
6.1.4 发电机励磁与其运行稳定性的关系.....	(69)

6.2 对发电机自动调节励磁系统的要求.....	(72)
6.3 可控硅励磁系统的组成和分类.....	(73)
6.4 可控硅励磁的控制回路.....	(78)
6.4.1 可控硅励磁控制回路的组成单元.....	(79)
6.4.2 测量比较单元.....	(79)
6.4.3 校正放大单元.....	(84)
6.4.4 移相脉冲单元.....	(87)
6.4.5 无功调差单元.....	(88)
6.4.6 过电压失控保护单元.....	(92)
6.4.7 过电流限制单元.....	(92)
6.4.8 起励单元.....	(93)
6.4.9 手动调节单元.....	(94)
6.5 可控硅励磁装置具体线路分析.....	(95)
6.5.1 KL-25型可控硅励磁装置.....	(95)
6.5.2 75千瓦三次谐波可控硅分流励磁装置.....	(96)
6.5.3 KXT-1型可控相复励装置.....	(97)
6.5.4 双绕组电抗器可控硅分流励磁装置.....	(101)
6.5.5 可控硅自动励磁装置.....	(102)
6.5.6 单相阻容移相触发型可控硅励磁装置.....	(104)
6.5.7 三相阻容移相触发型可控硅励磁装置.....	(106)
6.5.8 TLG-1型可控硅励磁装置.....	(106)
6.5.9 可控硅开关式励磁装置.....	(108)
6.6 同步电动机的可控硅励磁.....	(110)
6.6.1 概述.....	(111)
6.6.2 KGLF10系列同步电动机可控硅励磁装置.....	(112)

第七章 交流电动机的可控硅调速..... (126)

7.1 概述.....	(126)
7.2 异步电机的调压调速系统.....	(126)
7.2.1 调压调速原理.....	(127)
7.2.2 可控硅交流调压电路.....	(127)
7.2.3 应用举例.....	(131)
7.3 电磁转差离合器调速系统.....	(134)
7.4 可控硅串级调速系统.....	(135)
7.4.1 可控硅串级调速原理.....	(135)
7.4.2 串级调速设计和使用中的几个问题.....	(137)
7.4.3 TJC 1 系列三相桥式串级调速装置.....	(141)

7.5 可控硅变频调速系统.....	(157)
7.5.1 变频调速的原理、特性和分类.....	(157)
7.5.2 交-直-交变频调速.....	(190)
7.5.3 交-交变频调速.....	(167)
7.5.4 脉宽调制(PWM)变频技术.....	(169)
7.5.5 差频控制变频调速系统.....	(174)
7.6 无换向器电动机.....	(175)
7.6.1 变频调速三相同步电动机的基本特点.....	(175)
7.6.2 变频调速三相同步电动机的类型.....	(176)
7.6.3 无换向器电动机的基本结构.....	(176)
7.6.4 无换向器电动机的基本原理.....	(176)
7.6.5 无换向器电动机的主电路.....	(177)
7.6.6 无换向器电动机的调速与控制.....	(177)
7.7 交流调速小结.....	(178)
7.7.1 可控硅变频调速的展望.....	(178)
7.7.2 可控元件的应用范围.....	(179)
7.7.3 三相电动机调速方法的性能比较.....	(179)
第八章 直流电动机的可控硅调.....	(183)
8.1 直流电动机调速的基本原理.....	(183)
8.2 直流电动机可控硅调速实例.....	(185)
8.3 直流电动机的脉冲调速.....	(189)
8.3.1 可控硅脉冲调速的应用范围.....	(190)
8.3.2 可控硅脉冲调速的原理.....	(190)
8.3.3 脉冲调速的主电路.....	(191)
8.3.4 可控硅的关断问题.....	(193)
8.3.5 蓄电池式电机车可控硅脉冲调速系统.....	(193)
附录 电气常用图形符号新旧标准对照表.....	(196)
参考文献.....	(199)

第一章 可控硅元件

可控硅是一种大功率半导体元件，它具有体积小、重量轻、效率高、寿命长、控制灵便等许多优点，它广泛用作可控整流、调压、逆变以及无触点开关等各种自动控制和大功率的电能转换。但它过载、抗干扰能力差，而且使电网电压的高次谐波分量增加，影响其他负载，特别是电子设备，故在使用中需采取各种措施。

1.1 可控硅元件的结构和工作原理

1.1.1 可控硅元件的结构

我们知道，二极管是有一个PN结的两层半导体器件（如图1-1(a)所示），三极管是具有两个PN结的三层半导体器件（如图1-1(b)），而可控硅则是具有三个PN结 J_1, J_2, J_3 的四层半导体器件，由最外层的P层和N层分别引出两个极为阳极A和阴极K，由中间的P层引出控制极G（如图1-1(c)所示）。

可控硅的内部结构如图1-2所示。可控硅元件的外形如图1-3所示。它分为螺栓形和平板形两种。螺栓形元件，带有螺栓的那一端为阳极A，同时利用它可与散热器固定，另一端的粗引线是阴极K、细引线是控制极G，这种结构更换元件很方便，目前100A（安）以下的都采用它。平板形元件，中间的金属环是控制极G，离控制极远的一面是阳极A、近的一面是阴极K，这种结构散热效果比较好，220A以上的都用它。

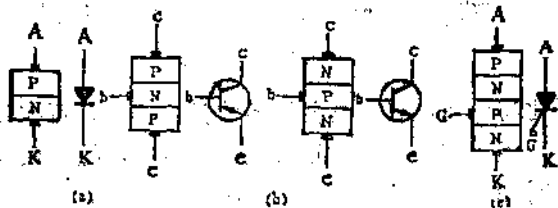


图1-1 二极管、三极管、可控硅是具有不同数目PN结的半导体元件

1.1.2 可控硅元件的工作原理

为了说明可控硅的工作原理，我们先做如下简单实验：

1. 可控硅的阳极接电源正极，阴极经过一个灯泡接电源负极，即在可控硅两端加正向电压。控制极不加电压，即开路，见图1-4(a)。这时灯泡不亮，说明可控硅不导通。

2. 可控硅加正向电压 $[A(+), K(-)]$ ，控制极相对于阴极来说也加正向电压（见图1-4(b)），这时灯亮，说明可控硅导通。当可控硅导通后，如果去掉控制极上加的电压，灯

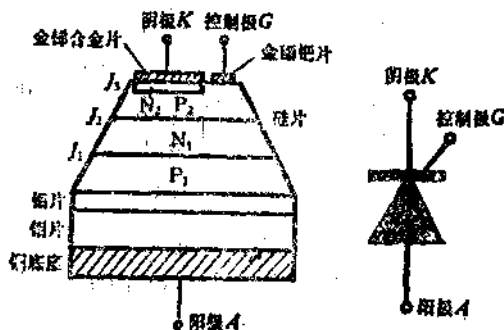


图1-2 可控硅的内部结构示意图及符号

仍然会亮着，这说明可控硅继续导通着，即控制极失去了控制作用。

3. 可控硅加反向电压（见图1-4(c)），无论控制极加不加电压，灯都不亮，即可控硅是截止的。

4. 如果控制极相对于阴极加负电压，那么不管可控硅的阳极和阴极之间是加正向电压还是反向电压，灯都不亮，即可控硅不导通。

从这个实验可见，要使可控硅从不导通转

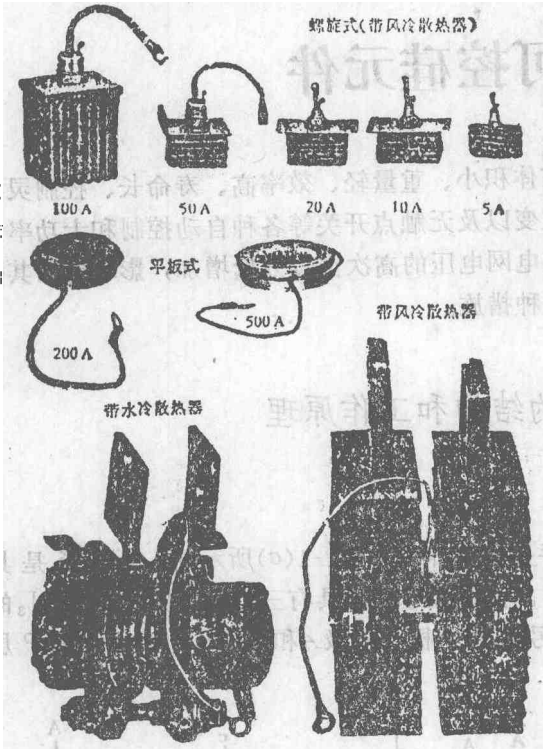
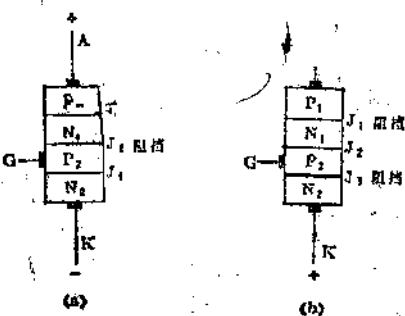


图1-3 可控硅外形图

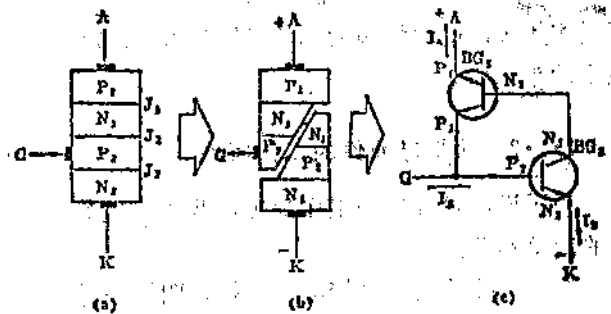
化为导通，必需具备的条件是：第一，可控硅阳极和阴极之间加正向电压；第二，控制极同时加上适当的正电压。可控硅一旦导通，控制极就失去了控制作用。

为什么可控硅有这样的特点呢？可以从其结构来分析：



(a) 加正向电压时，中间的PN结阻挡；
(b) 加反向电压时，两边的PN结阻挡

图1-5 不加触发信号时，可控硅内部PN结的阻挡作用



(a) 可控硅是一个四层半导体器件；
(b) 把可控硅看作两个晶体管的组合；
(c) 与可控硅的作用原理等效的晶体管电路

图1-6 可控硅相当于NPN型和PNP型晶体管的组合

PN结导通的条件是在它的两边加正向电压。从可控硅的结构可见，如果阳极到阴极加正向电

压，而控制极不加电压，这时中间的PN结 J_2 为反向而截止（见图1-5(a)），所以可控硅不导通。如果由阳极到阴极间加反向电压，就有两个PN结 J_1 、 J_2 为反向电压（见图1-5(b)）当然也不能导通。所以，不管在可控硅上加正向还是反向电压，若控制极不加触发电压，可控硅均不导通。

我们可以把可控硅看作是PNP与NPN两个晶体管互联（如图1-6(a、b、c)所示），两个晶体管的基极和集电极互相连接在一起。可控硅的阳极A相当于PNP型晶体管 BG_1 的发射极，阴极K相当于NPN型晶体管 BG_2 的发射极。如果在可控硅的阳极和阴极间加上正向电压，同时在控制极G上加一个对阴极为正的电压（如图1-7所示），那么就相当于 BG_1 的发射结加正偏压。从控制极输入一个控制电流 I_g ，这电流就是 BG_2 的基极电流 I_{b2} ，经 BG_2 放大在其集电极电路中出现 $I_{c2} = \beta_2 I_{b2} = \beta_2 I_g$ ，而 I_{c2} 又恰是晶体管 BG_1 的基极电流 I_{b1} 。 I_{b1} 再经过 BG_1 放大作用，得到 BG_1 的集电极电流 $I_{c1} = \beta_1 I_{b1} = \beta_1 I_{c2} = \beta_1 \beta_2 I_g = \beta_1 \beta_2 J_g$ (β_1 、 β_2 分别为 BG_1 、 BG_2 的共发射极的电流放大系数)。由于 BG_1 的集电极和 BG_2 的基极是接在一起的，所以这个电流又流向控制极，成为 BG_2 的基极电流 I_{b2} 。这样循环作用下去，形成了强烈的正反馈，使得 BG_1 和 BG_2 都很快达到饱和导通状态，在两个晶体管的发射极中出现很大的电流，即为可控硅完全导通了。使得可控硅完全导通的这个反馈过程所需的时间是极短的。由此可见，在可控硅的阳极与阴极间加上正电压，控制极与阴极间也加正电压，可控硅即可导通。可控硅导通后，它的导通状态就完全依靠管子本身的正反馈作用来维持，即使控制极电流消失，元件仍处于导通状态。所以，控制极的作用仅仅是触发可控硅使它导通，导通之后，控制极就失去控制作用了。可控硅导通后，其两端压降很小（1V左右），电源电压几乎全部加在负载上，可控硅中流过负载的电流。

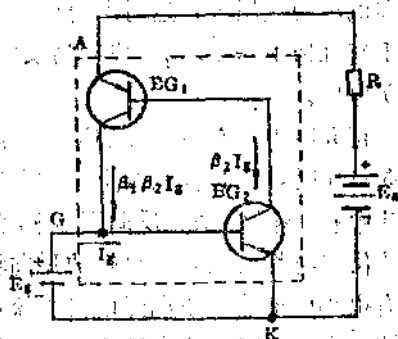


图1-7 用两个晶体管的相互作用说明可控硅的工作原理

可控硅导通后，又怎样能使它从导通到截止（关断）呢？晶体管的电流放大系数 β 和它的发射极电流大小是有关的。在一定范围内，发射极电流小时 β 也小，发射极电流大时 β 也大。因此，只有减小可控硅的阳极电流的数值，使 β_1 、 β_2 大大减小，使其不足以维持正反馈过程，这样才能使导通的可控硅关断。要减小可控硅的阳极电流（使可控硅关断），方法有三：（1）将电源电压断开（ $U_{AK} = 0$ ）；（2）在可控硅上加上反向电压（ $U_{AK} = -$ ）；（3）减小电源电压，使可控硅电流小于可控硅的维持电流，可控硅就自行关断。

综上所述，可控硅是一个可控的单向导电开关。它与具有一个PN结的二极管相比，其差别在于可控硅正向导电受控制极电流控制；它与具有两个PN结的晶体管相比，其差别在于可控硅对控制极电流没有放大作用。利用可控硅的导通可以被控制的特点，就可以实现可控整流。

1.2 可控硅的伏安特性

前面讲过可控硅是一个可控制的单向导电开关，用它可作可控整流用。我们在使用时，最关心的是它的工作性能，所以必须搞清楚它的电压与电流的关系，也就是要分析它的伏安

特性。在可控硅控制极开路的情况下，改变阳极与阴极间电压的大小和极性，可测得如图1-8所示的阳极电压与电流的关系，这就是可控硅的伏安特性曲线。

1. 反向特性：在可控硅的阳极和阴极间加上反向电压时，可控硅内部有两个反向的PN结，因此它的反向伏安特性与一般二极管差不多。随着反向电压的增大，开始可控硅处于反向阻断状态，只有很小的反向电流（反向漏电流）通过。当反向电压增大到某一数值时，反向电流急剧增大，这时所对应的电压值称为不重复峰值电压 U_{RSM} ，或称为反向转折（击穿）电压。

2. 正向特性：在可控硅的阳极与阴极间加上正向电压时，此时控制极上没有电压，那么可控硅中有一个PN结是反向的。因此，开始时它的伏安特性大致和二极管的反向特性相似，只有很小的电流（正向漏电流）流过，处于正向阻断状态。当阳极电压上升到某一数值时，可控硅突然由阻断状态转化为导通状态，这时阳极的电压值称为断态不重复峰值电压，或称为正向转折电压 U_{DSM} 。可控硅导通后的正向伏安特性与二极管的正向特性相似，即可控硅通过较大的电流而它本身只有很小的管压降（约1V左右）。必须指出，上面这种增大正向阳极电压至 U_{DSM} 而使可控硅导通的方法，在正常使用时是不采用的，因为它容易造成不可恢复的击穿而使元件损坏。

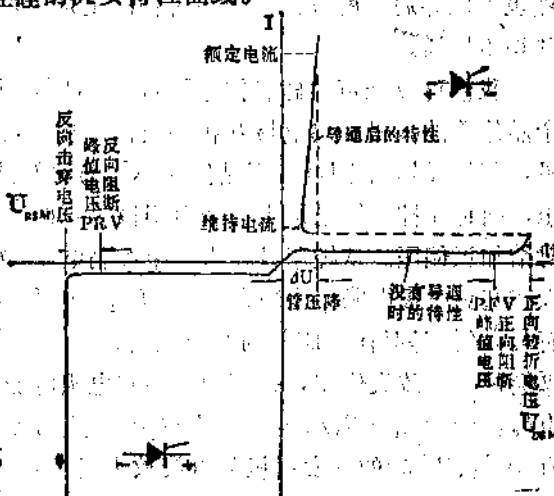


图1-8 可控硅的伏安特性

如果在控制极上加控制电压，那么由于上面讨论过的强烈的正反馈作用，可控硅就很容易导通。也就是说，当有控制电流 I_g 时，可控硅的转折电压要下降，控制电流 I_g 越大，转折电压越小。如图1-9所示，某个可控硅，当控制极电流 $I_{g1} = 0$ 时，转折电压 $U_{DSM} = 800V$ （伏）；当 $I_{g1} = 5mA$ 时， $U_{DSM} = 200V$ ；当 $I_{g1} = 15mA$ 时， $U_{DSM} = 5V$ 。当 I_g 足够大时，可控硅的转折电压很小，加上很小的正向阳极电压，可控硅就导通。

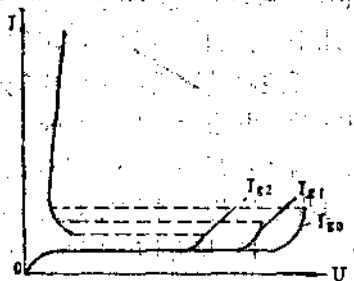


图1-9 控制极电流对可控硅转折电压的影响

1.3 可控硅的主要参数

为了正确地选择使用可控硅，还需要了解它的主要参数及其意义。一般在产品目录中给出参数的平均值或极限值，而在每个产品合格证上标出元件的实测数据。下面介绍的可控硅参数都是按原第一机械工业部75年批准，同年7月1日实施的JB1144-75标准。为便于对照，同时注明过去（原）采用的名称和符号。

1. 额定通态平均电流 $I_T(AV)$ （原称额定正向平均电流 I_F ）：在环境温度为 $+40^\circ C$ 及规定的散热条件、纯电阻负载、元件导通角大于 170° 电角度时，可控硅所允许的单相工频正弦半波电流在一个周期内的最大平均值，称为额定通态平均电流 $I_T(AV)$ （简称额定电流）。通常所说的10A、20A的可控硅，就是指它的额定通态平均电流 $I_T(AV)$ 为10A、20A。

2. 断态重复峰值电压 U_{PFV} (原称正向阻断峰值电压): 在控制极断开和正向阻断的条件下, 阳极和阴极之间可重复施加的正向峰值电压, 称为断态重复峰值电压 U_{PFV} , 其数值规定为: 断态不重复峰值电压 U_{BSM} 的 80%。

8. 反向重复峰值电压 U_{PRV} (原称反向阻断峰值电压): 在控制极断开的条件下, 阳极和阴极之间可重复施加的反向峰值电压, 称为反向重复峰值电压, 其数值规定为反向不重复峰值电压 U_{BSM} 的 80%。

一般把断态重复峰值电压 U_{PFV} 和反向重复峰值电压 U_{PRV} 中较小的数值作为元件的额定电压。

4. 通态平均电压 $U_{T(AV)}$ (原称正向平均电压): 在规定环境温度、散热条件下, 元件通以额定通态平均电流, 结温稳定时, 阳极和阴极间电压平均值, 称为通态平均电压 $U_{T(AV)}$ 。

5. 控制极触发电压 U_{GT} : 在室温下, 阳极和阴极间加 6 V 电压, 使可控硅从截止变为全导通所需的最小控制极直流电压, 称为控制极触发电压 U_{GT} 。

6. 控制极触发电流 I_{GT} : 在室温下, 阳极和阴极间加 6 V 电压时, 使可控硅从截止变为完全导通所需的控制极最小的直流电流, 称为控制极的触发电流 I_{GT} 。

7. 维持电流 I_H : 在室温和控制极断路时, 可控硅从较大的通态电流降至刚好能保持元件处于通态的最小电流, 称为维持电流, 一般为几十到一百多 mA。如果通过的正向电流小于此值, 可控硅就不能继续保持导通而自行截止。

常用可控硅元件的参数见表 1-1

表 1-1

系 列	通态平均电流	断态重复峰值电压 反向重复峰值电压	断态不重复平均电压 反向不重复平均电压	额定结温	控制极触发电流	控制极触发电压	冷却方式
	$I_T(AV)$	V_{PFV} V_{PRV}	$I_{DS(AV)}$ $I_{RS(AV)}$	T_{MJ}	I_{ar}	V_{ar}	
	A	V	mA	°C	mA	V	
序 号	1	2	3	4	5	6	10
KP1	1	100~3000	<1	100	3~30	<2.5	自然冷却
KP5	5	100~3000	<1	100	5~70	<3.5	
KP10	10	100~3000	<1	100	5~100	<3.5	
KP20	20	100~3000	<1	100	5~100	<3.5	
KP30	30	100~3000	<2	100	8~150	<3.5	强迫空气 冷却
KP50	50	100~3000	<2	100	8~150	<3.5	
KP100	100	100~3000	<4	115	10~250	<4	
KP200	200	100~3000	<4	115	10~250	<4	强迫空气 冷却或液 体冷却
KP300	300	100~3000	<8	115	20~300	<5	
KP400	400	100~3000	<8	115	20~300	<5	
KP500	500	100~3000	<8	115	20~300	<5	
KP600	600	100~3000	<9	115	30~350	<5	
KP800	800	100~3000	<9	115	30~350	<5	
KP1000	1000	100~3000	<10	115	40~400	<5	

* 脚码: T 表示通态或触发, D 表示断态或不发触, R 表示反向(第一位)或重复的(第二位), S 表示重复的, M 表示最大值, AV 表示平均值(可省略)。

1.4 可控硅的型号含义及简易测试方法

1.4.1 可控硅的型号

根据原第一机械工业部标准JB1144-75，可控硅的型号及其意义如下：

K P □ □ □

——通态平均电压组别（小于100A不标）

——正反向重复峰值电压等级

——额定通态平均电流系列

——表示普通的反向阻断型

——表示闸流特性

额定通态平均电流的系列为1、5、10、20、30、50、100、200、300、400、500、600、900、1000A 14种规格。

额定电压在1000V以下的每100V为一级，1000V到3000V的每200V为一级。

通态平均电压分为9级，用A~I字母表示，由0.4~1.2V，每隔0.1V为一级。

例如，KP200-10D表示通态平均电流200V，正反向重复峰值电压为1000V，通态平均电压为0.7V的普通型可控硅元件。

原标准规定的型号及含义如下：

8 C T □/□

——元件的正反向阻断峰值电压（V）

——元件的额定正向平均电流（A）

——表示可控（整流）元件

——表示由N型硅材料制成

——表示元件有3个电极

例如：3CT500/600，表示额定正向平均电流为500A，正反向阻断峰值电压为600V的可控硅元件。

1.4.2 可控硅的简易测试

1. 用万用表欧姆档检查可控硅的短路、断路。

（1）检查阳极与阴极之间及阳极与控制极之间有无短路。将电表置于 $R \times 1k$ 档，测

量阳极与阴极间，阳极与控制极间的正向电阻，正常时应很大（几百千 Ω 以上）。

(2) 检查控制极与阴极间有无短路或断路。将电表置于 R 或 $R \times 10$ 档，测量控制极对阴极正向电阻一般应为几 Ω 至几十 Ω ，反向电阻比正向要大一些。反向电阻不太大不能说明可控硅不好，但其正反向电阻不能为零或大于几千 Ω 。

2. 可控硅在电路中能否可靠触发的测试：

测试可控硅在电路中能否可靠触发导通，可用图1-10的简单线路测试。如果可控硅良好，则当 K_1 合上时小灯泡应不亮，当 K_2 也合上时小灯泡才发亮。

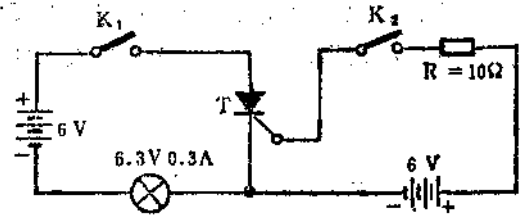


图1-10 测试可控硅的简易方法

8. 可控硅正反向重复峰值电压测试：当需要测试可控硅的正反向重复峰值电压时，可采用

图1-11线路。 u_{AB} 为 D_1 整流后的电压。 u_{AB} 经 D_2 二极管隔离、电容 C 滤波后，其电压为 u_{FB} 。 u_{AB} 和 u_{FB} 的波形见图1-12所示。因为电压表的内阻较大，选取合适的电容 C ，则电压表的读数就可以反映电压峰值，即： $U_{FB} = U_{ABm}$ 。也就是说，加到被测元件上的最大峰值电压可在电压表上读取。

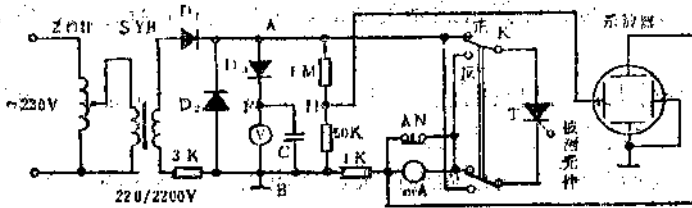


图1-11 可控硅正反向重复峰值电压测试线路

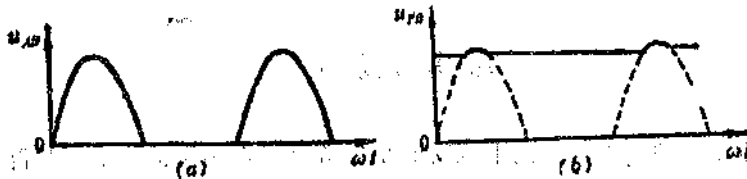


图1-12 电压波形

从 u_{AB} 经电阻分压取出 u_{FB} 作为示波器横轴扫描电压，示波器的纵轴信号为从1k电阻上取得的反映电流大小的电压信号。所以，从示波器可以观察到可控硅的伏安特性。当开关 K 置于“正”位置时，由于可控硅主电压（阳极对阴极电压）为正，示波器上可观察到正向伏安特性。当 K 置于“反”位置时，示波器可观察到反向伏安特性。当正（反）向特性曲线急剧弯曲时所对应的电压读数分别为断态不重复峰值电压和反向不重复峰值电压。把它们的数值分别乘以0.8，即为断态重复峰值电压和反向重复峰值电压。

若需要读取断态重复平均电流及反向重复平均电流，只需调整调压器使电压表读数对应于断态和反向重复峰值电压，按下按钮 AN ，从毫安表上即可读取。

1.4.3 使用可控硅应注意的事项

为了保证可控硅整流元件正常工作，不致造成损坏，在使用时应注意以下几点：

1. 合理选择元件, 并留有一定余地。
2. 元件都必须安装规定的散热器, 并且保证规定的冷却条件。为保证散热器与管芯接触良好, 它们之间应涂薄层有机硅油或硅脂。
3. 应有过流及过压保护和限制电流、电压变化率的措施。
4. 防止可控硅控制结正向过载与反向击穿。
5. 严禁用兆欧表(摇表)检查元件的绝缘状态。

小 结

1. 可控硅和晶体管相比, 虽然同样有三个电极, 但它的控制极是控制阳极与阴极之间的导通, 而不象晶体管那样通过基极电流的大小可以控制集电极电流的大小。可控硅一旦导通就成为饱和导通, 导通后, 控制极就不再起作用了, 直到电流下降到小于维持电流时才又恢复阻断。

2. 可控硅和二极管相比, 都具有单向导电的性能, 但可控硅还具有可以控制导电时间的特点。所以, 它和二极管的主要区别是具有正向阻断的能力, 即它承受正向电压之后, 如果不给控制极加触发电压, 可控硅就仍然是关断的。可控硅一旦导通后, 它的作用就和二极管一样了。

3. 可控硅导通条件是: 当阳极电位高于阴极时, 在控制极上加正向触发信号。可控硅的关断条件是: 可控硅电流小于维持电流。

4. 可控硅的另一特点是功率可以做得很大, 常应用在大功率的场合。因此, 必须了解可控硅的额定电流、电压值等的意义。

思考与练习

1.1 在可控硅的控制极上加几十毫安的小电流可以控制阳极数十、数百安大电流的导通, 它与晶体管用较小的基极电流控制较大的集电极电流有何不同点? 可控硅能否和晶体管一样构成放大器?

1.2 可控硅元件导通时, 通过可控硅的电流大小决定于什么? 可控硅由导通转变为阻断需要什么条件? 可控硅阻断时, 承受电压大小决定于什么?

1.3 用正弦半波电压测试可控硅时, 正反向漏电流的波形也是正弦半波形状吗? 可控硅导通时, 流过正弦半波电流, 其正向压降的波形又是怎样的?

1.4 可控硅的主要特性参数有哪些?

1.5 如何利用万用表检查可控硅的好坏?

1.6 有效值为220V的交流电, 最大值是多少? 用220V交流电时, 选用300V的可控硅是否可以?

1.7 在夏天工作正常的可控硅装置到冬天变得不可靠了, 可能是什么原因? 冬天工作正常, 夏天工作不正常, 又可能是什么原因?