

可控硅元件及其应用

天津大学动力系教育革命小分队編
天津市工业展览馆毛泽东思想宣传站

(内部发行)

天津市科学技术局革命委员会情报组

一九七〇·七·

全世界人民團結起来， 打敗美国侵略者及其一切走狗！

毛泽东

一九七〇年五月二十日

目前，在世界范围内，正出现一个反对美帝国主义斗争的新高潮。第二次世界大战后，美帝及其追随者不断地发动侵略战争，各国人民不断地用革命战争打败侵略者。新的世界大战的危险依然存在，各国人民必须有所准备。但是，当前世界的主要倾向是革命。

美国侵略者在越南、老挝打不赢，阴谋策动朗诺——施里玛达集团的反动政变，悍然出兵柬埔寨，恢复轰炸越南北方，激起了印度支那三国人民的愤怒反抗。我热烈支持柬埔寨国家元首诺罗敦·西哈努克亲王反对美帝及其走狗的斗争精神，热烈支持印度支那人民最高级会议的联合声明，热烈支持柬埔寨民族统一阵线领导下的王国民族团结政府的成立。印度支那三国人民加强团结，互相支援，坚持持久的人民战争，一定能够排除万难，取得彻底胜利。

美帝国主义屠杀外国人，也屠杀本国的白人和黑人。尼克松的法西斯暴行，点燃了美国革命群众运动的熊熊烈火。中国人民坚决支持美国人民的革命斗争。我相信，英勇战斗的美国人民终将得到胜利，而美国的法西斯统治必然失败。

尼克松政府内外交困，国内一片混乱，在世界上非常孤立。抗议美国侵略柬埔寨的群众运动席卷全球。柬埔寨王国民族团结政府成立。

不到十天，就得到近二十个国家的承认。越南、老撾、柬埔寨三国人民抗美救国战争的形势越来越好。东南亚各国人民的革命武装斗争，朝鲜、日本和亚洲各国人民反对美日反动派复活日本军国主义的斗争，巴勒斯坦人民和阿拉伯各国人民反对美以侵略者的斗争，亚洲、非洲、拉丁美洲各国人民的民族解放斗争，北美、欧洲、大洋洲人民的革命斗争，都在蓬勃发展。中国人民坚决支持印度支那三国人民和世界各国人民反对美帝及其走狗的革命斗争。

美帝国主义看起来是个庞然大物，其实是纸老虎，正在垂死挣扎。现在世界上究竟谁怕谁？不是越南人民、老撾人民、柬埔寨人民、巴勒斯坦人民、阿拉伯人民和世界各国人民怕美帝国主义，而是美帝国主义怕世界各国人民，一有风吹草动，它就惊慌失措。无数事实证明，得道多助，失道寡助。弱国能够打败强国，小国能够打败大国。小国人民只要敢于起来斗争，敢于拿起武器，掌握自己国家的命运，就一定能够战胜大国的侵略。这是一条历史的规律。

全世界人民团结起来，打败美国侵略者及其一切走狗！

（新华社北京二十日电）

毛主席语录

我們不能走世界各国技术发展的老路，跟在別人后面一步一步地爬行。我們必須打破常規，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期內，把我国建設成为一个社会主义的现代化的强国。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我們面前的工作是很艰苦的，我們的經驗是很不夠的。因此，必須善于学习。

前 言

波瀾壯闊的無產階級文化大革命，在我們偉大領袖毛主席親自發動和領導下，取得了偉大的勝利。在工人階級登上上層建築斗、批、改的政治舞台後，上層建築各個領域發生了深刻的變化。工人階級牢牢掌握了科學技術和生產大權，廣大工人、革命幹部和革命知識分子狠批劉賊的“洋奴哲學”、“爬行主義”、“物質刺激”等修正主義路線，在毛主席“抓革命，促生產”、“備戰、備荒、為人民”、“自力更生”、“艱苦奮鬥”的偉大思想指引下，革命精神振奮、鬥志昂揚，開創了技術革新的局面。特別是在無產階級司令部發出大力發展電子工業的號召以來，廣大工农兵群眾為趕超世界先進水平，把美帝、蘇修遠遠甩在後面，一個大辦電子工業的群眾運動，在毛澤東思想指引下，蓬蓬勃勃的發展起來了，可控硅這門新技術也得到了大力發展。

天津市過去在萬張反革命修正主義集團的把持下，廣大革命群眾的社會主義積極性受到了極大的壓抑，現在在市革命委員會的領導下，發揮了工人階級的聰明才智，全市掀起一個聲勢浩大的技術革新運動，可控硅的應用也取得了一些成績。

為了配合我市當前革命生產躍進形勢的需要，我們出版了這本“可控硅元件及其應用”小冊子，供廣大工人同志們參考。

這本小冊子是天津工業展覽館毛澤東思想宣傳站、天津大學動力系教育革命小分隊和有關廠的老師傅、革命技術人員編寫的。

由於我們思想水平不高，這本小冊子可能存在著一些錯誤或缺點，希望廣大革命同志提出批評和寶貴意見。

—編者—

目 录

一、可控硅元件	1
§ 1—1 可控硅元件的特性	1
§ 1—2 可控硅元件的参数和规格	2
§ 1—3 可控硅元件的应用	5
§ 1—4 可控硅元件的保护	5
二、可控硅整流器	7
§ 2—1 可控硅整流器主回路接线方式	7
§ 2—2 三相可控硅整流器	9
§ 2—3 整流器主回路主要元件的选择	11
§ 2—4 各种整流电路的比较	12
三、可控硅元件的控制电路 (触发装置)	14
四、可控硅元件在交流电磁调速系统中的应用	15
§ 4—1 简介	15
§ 4—2 电磁转差离合器	16
§ 4—3 可控硅整流器控制电磁转差离合器的线路	17
§ 4—4 电磁转差离合器在同步传动系统中的应用	21
五、可控硅元件在直流电气传动系统中的应用	27
§ 5—1 直流电动机的运转特性	27
§ 5—2 可控硅直流调速系统	29
§ 5—3 用可控硅元件控制直流电动机运转的实例	29
§ 5—4 可控硅供电的直流成套装置	32
§ 5—5 可控硅整流器作发电机励磁装置的实例	34
§ 5—6 测速装置	37
六、有源逆变电路和直流可逆系统	40
§ 6—1 有源逆变电路的工作原理	40
§ 6—2 采用可控硅元件的串级调速系统	41
§ 6—3 可逆整流电路	43
§ 6—4 可控硅控制可逆运转系统实例	44
七、可控硅逆变器	48
§ 7—1 串联二级管式三相逆变器	48
§ 7—2 串联电感式三相逆变器	49
§ 7—3 交流变频调速中的几个问题	50
§ 7—4 交流变频调速应用实例	50

八、可控硅元件在其它方面的应用.....	55
§ 8—1 可控硅开关.....	55
§ 8—2 可控硅时间继电器.....	56
§ 8—3 应用可控硅元件的过电流保护装置.....	56
九、可控硅元件的串并联.....	58
§ 9—1 可控硅元件串并联的主回路.....	58
§ 9—2 多串并联可控硅元件的触发线路.....	60

◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆毛主席语录◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

一、可控硅元件

§ 1—1 可控硅元件的特性

可控硅元件是一种大功率的硅半导体电子器件。表示符号如图 1—1，它除了和普通整流器一样有阳极、阴极以外，还有一个控制极。

可控硅元件的特性：

①元件反向接法时：也就是加在可控硅元件上的电压阳极为负、阴极为正时，和普通的整流元件一样，只有少量漏电流流过，可以认为是不通的。当反电压过大时会被击穿。

②元件正向接法时：也就是加在可控硅上的电压阳极为正，阴极为负时，可分为两种情况：

i 当控制极没有电流时，可控硅元件流过的电流也和反向接法时一样，只有极少的漏电流，可以认为是不通的。这种状态叫做正向阻断状态，这时元件内阻很大。

ii 当控制极相对于阴极加上适当的正电压，使控制极向阴极间流通相当的电流时（几十毫安到一百多毫安），阳极和阴极间就流过很大的电流，这时元件就导通了，叫导通状态。元件内阻很小。

因此控制极的作用好像是一个阀门，可以控制电流量的大小。

元件一旦导通之后，即使把控制极电压去掉，元件仍然保持导通状态。如果想使元件回到阻断状态，必须使阳极和阴极之间的电压变到零，或加反电压。

因此，当负载通过可控硅元件接在交流电源上时，如图 1—2。当交流电源处于负半周时，也就是 A 点为负，B 点为正时，电路内没电流；当交流电源处于正半周时，也就是当 A 点为正，B 点为负时，可分为两种情况：

i 在 K 合上以前，元件处于阻断状态，电路内没有电流。

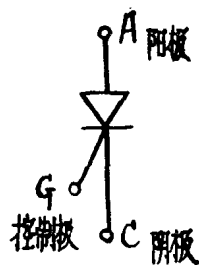


图 1—1 可控硅元件的表示符号

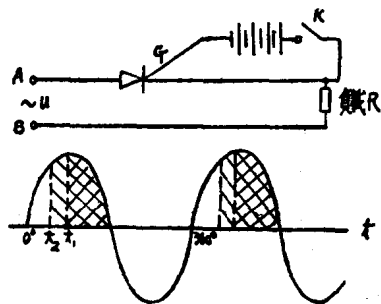


图 1—2 可控硅整流示意图

ii 在K合上以后, 元件处于导通状态, 电路内流通大电流。

因此, 相应于交流电源, 改变K开合的时间就可以得到大小不等的直流电, 也就是控制通过控制极的电压相对于外电源的相位角, 就可以得到不同的直流电。

当电源在负半周时, 控制极加电压是没有作用的, 因此可以控制的部分只限于正半周, 也就是在 $0-180^\circ$ 的范围内。

可控硅整流器所以具有这种特性, 可以从它本身结构来理解。

可控硅整流器是由P—N—P—N 四层组成的硅半导体电子器件, 它的结构如图 1—3 所示。它有二个P—N结 j_1 、 j_2 , 一个N—P结 j_3 , 它们形成的内电场如图 1—3 所示的箭头方向, 这些电场阻碍了电流的流通。当外电场和结上形成的内电场作用相同, 这种电阻作用也加强, 如果外电场方向和内电场方向相反, 这种阻碍现象就减弱, 当阴极电压为正, 阳极电压为负时, j_1 和 j_3 结的阻碍作用加强, 阻止电流流过, 这和普通二极管反向接法的特性类似。当阳极电压为正, 阴极电压为负, 而控制极没有通入信号时, j_2 结阻止电流流通。因此正向阻断特性和反向特性是类似的。

控制极的作用可以这样理解: 我们把四层三端可控硅元件看成是由P—N—P及N—P—N二个三极管的组合, 如图 1—4 所示。当阳极电压为正, 阴极电压为负, 而控制信号 $i_g = 0$ 时, 流过二极管的电流 I_1 、 I_2 均很小。但是, 当有一定量的 i_g 加到控制极上时, 由于N—P—N三极管的放大作用, 集电极电流 $I_1 = \beta_1 i_g$, 而 I_1 又作为

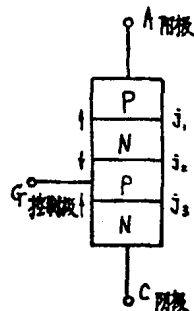


图 1—3 可控硅整流器的示意图

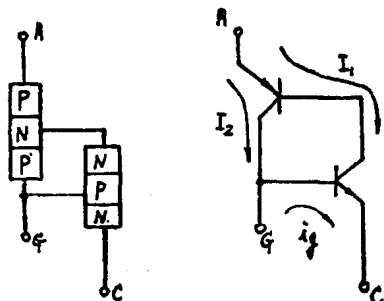


图 1—4 可控硅整流器的等效线路

P—N—P 管的输入, 经过 P—N—P 管的放大作用, 该管集电极电流 $I_2 = \beta_1 \beta_2 i_g$, 此电流又输入到 NPN 管的输入端, 依此循环下去, 直至全部导通。即使在这个时候使 $i_g = 0$ 但已经有 I_2 作 N—P—N 管的输入, 因而能保持 I_1 、 I_2 维持在相当大的数值而不减少, 只有把加在阳极和阴极之间的电压去掉或反接, 才能失掉放大作用而处于断开状态。

可控硅的这种特性和闸流管特性是一样的, 因此也有人把可控硅叫作“半导体闸流管”。

§ 1—2 可控硅元件的参数和规格

可控硅的特性可用如图 1—5 所示曲线表示。当反向接法时和普通整流器一样。反电压超过 $-u_{BO}$ 时, 可控硅就会被击穿, 因此定 $-u_{BO}$ 是可控硅的反向击穿电压。

如果控制电流为零时, 在正向不断增加电压, 当超过 u_{BO} 时, 可控硅也会不受控制极的控制而导通, 这也和反向击穿时情况相似, 只不过它不是永久性破坏。因此叫 u_{BO} 是正向转折电压。

确定可控硅的基本参数如下:

1. 正向阻断峰值电压: (PFV) 保持元件在阻断状态所允许的电压值。此电压规定比正向转折电压小

100伏。平常我们说的多大电压的元件, 就是指这个数而说的。

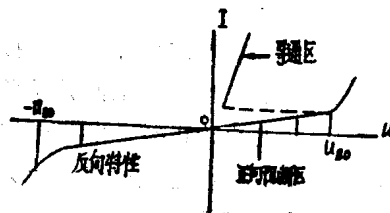


图 1—5 可控硅的基本特性

2. 额定正向平均电流: (I_F) 在规定的温度和标准散热条件下, 元件导通时, 阳极和阴极间可连续通过的工频正弦半波电流值。平常说的 5 安, 20 安, 100 安……的管子, 就是指它的额定正向平均电流是 5 安, 20 安, 100 安……。

3. 正向平均电压降: (V_F) 在元件流过额定正向平均电流的条件下, 阳极和阴极之间的电压平均值。

4. 正向平均漏电流: (I_L) 正向阻断, 控制极断路时, 阳极与阴极间通以正向阻断峰值电压时的平均电流。

5. 触发电压 (电流) V_g (I_g): 在规定的环境温度和阳极阴极之间加一定电压时, 使元件从阻断状态变为导通状态, 控制极需要加的电压 (电流) 值。

6. 反向峰值电压: (PRV) 可控硅元件反接时允许的电压值。此电压值比反向击穿电压小 100 伏, 它的大小和正向阻断峰值电压通常是一样的。

7. 反向平均漏电流: (I_R) 在控制极断路时, 加上反向峰值电压, 阳极和阴极之间的平均漏电流。

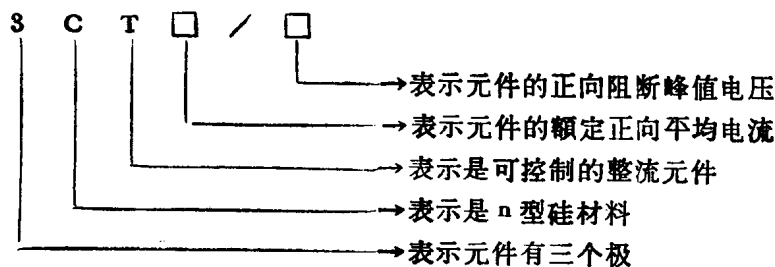
8. 维持电流 (I_H): 在规定的环境温度下, 元件导通后控制极断路, 要保持元件处于导通状态所必须的最小正向电流。

此外还有一些参数, 在有些场合也应适当考虑。如: 正向电流上升率、正向电压上升率、开通时间、关断时间等。

可控硅元件的规定参数见表一。

技术规格:

目前可控硅元件按国家标准, 命名为 3 CT 系列。元件型号及所代表的意义如下:



目前上海已制出 3 CT—500 系列, 天津制出 3 CT—200 系列, 正在试制 3 CT—500 系列。

按照线路确定可控硅需用电压电流时应注意:

1. 元件所说的所有电压值, 均为峰值。交流正弦电压时峰值为有效值的 1.4 倍, 如交流 220 伏的峰值 $220 \times 1.4 = 308$ 伏, 380 的峰值是 532 伏。

2. 元件所标的电流值均为平均值。平均值和有效值相比, 在正弦电流波形时为:

$$1.57 \times \text{平均值} = \text{有效值}$$

3. 考虑到影响电压、电流波动的因素是很多的, 而可控硅的短期过载能力和耐压均很差, 因此在实际选用可控硅元件确定其电压、电流值时, 必须按所需要的值乘以 1.5~2 倍的安全系数。对电流波形导通角愈小, 确定电流值时, 考虑的倍数应该愈大。选择管子耐压时, 因产品出厂只留有 100 伏的余量, 因此也要有 1.5~2 的安全系数, 又考虑到管子标的电压是指峰值, 因此确定管子的电压时, 应是 (2.5~3) 倍的交流电压有效值。如图 1—2 的电路,

表一

可控硅元件的規定參數

參 數 系 列 3CT	正向阻 斷峰值 電 壓	反 向 峰 值 電 壓	額定正向平均 電 流 (大于 170 度 導 通 角)	最大正向平均 漏 電 流	最大反向平均 漏 電 流	最大正向平均 壓 降	最大 維持 電 流	控制 極最 大發 電 壓	控制 極最 大發 電 流	額定 工 作 結 溫	溫 升
	PFV	PRV	I_F	I_L	I_R	V_F	I_H	V_c	I_a	T	T
	伏	伏	安	毫安	毫安	伏	毫安	伏	毫安	C°	C°
1	20—2000	20—2000	1	2	2	1.2	20	2.5	20	≥100	≥60
(3) 5	20—2000	20—2000	3 5	2 3	2 3	1.2	40	3.5	50	≥100	≥60
10 20	20—2000	20—2000	10 20	3	3	1.2	60	3.5	70	≥100	≥60
(30) 50	20—2000	20—2000	30 50	5	5	1.2	60	3.5	100	≥100	≥60
(70) 100	20—2000	20—2000	70 100	10	10	1.0	80	4.0	100	≥100	≥60
(150) 200	20—2000	20—2000	150 200	10	10	0.9	100	4.0	120	≥100	≥60
300	20—2000	20—2000	300	15	15	0.8	100	4.0	120	≥100	≥60

表2

可控硅過載能力的規定

額定電流 (安)	電 流 過 載 倍 數			
	一個周波	三個周波	六個周波	十五個周波
1	5.0	4.0	3.5	3.0
5 (3)	5.0	4.0	3.5	3.0
10 (20)	5.0	4.0	3.5	3.0
50 (30)	5.0	4.0	3.5	3.0
100 (70)	4.0	3.0	2.5	2.2
200 (150)	3.0	2.4	2.2	2.0
300	3.0	2.4	2.2	2.0

所用的可控硅元件，耐压应为 $(2.5 \sim 3) 220 \text{ 伏} = (550 \sim 660) \text{ 伏}$ 。

1. 在比較同一种电压电流的管子时，正向平均压降、正（反）向平均漏电流愈小，管子愈好。正向压降小，表示損耗在可控硅元件上的能量小。而触发电流小表示控制灵敏。

5. 元件使用条件：溫度不高于 $+40^{\circ}\text{C}$ ，不低于 -40°C 。必須有固定的散热器与管子相固定，中間沒有縫隙，周圍不要有发热的东西。20安以下采用自然冷，20安以上的元件要有强迫风冷。

6. 用万能表欧姆挡初步試驗可控硅元件时阳极与阴极間正、反向均不通，試阴极和控制极时，与普通整流二极管一样。但应注意：在欧姆挡高阻部分如有高压时不能用这些挡測試。

安装时，可控硅的銅底座总是与散热器相連結，所以，散热器也是帶电的。

§ 1—2 可控硅元件的应用

可控硅整流器和其他半导体器件一样，具有很多优点：动作快，損耗小，效率高达 $98 \sim 99.5\%$ ，重量輕，体积小，寿命长，使用維護方便，特别是在工业电子化自动化系统中应用可控硅以后，便于自动控制。从結構上讲沒有轉动部分，占地小，这些都是其他类型的电力器件所不可比拟。

由于具备这些优点，可控硅整流器已非常迅速地在各工业部門中被采用。如用于炼鋼的电弧炉、炼铁的高炉、軋鋼机、捲揚机、电力機車、各种机床（磨床、鑽床、鉋床……）、紡織、印染、造紙、甚至在农牧行业如电栅栏、挤奶器等都用上了可控硅。

从电气上看可控硅元件可以有如下作用：

1. 整流器：将交流电轉換为所需的可調的直流电，可以作直流电源，或供化工、电鍍等使用，也可以供給直流电动机作电源，以便于調速。

2. 逆变器：将直流电轉变为交流。如用在大型电动机的再生制动及交流綫繞式电机的串級調速等場合。

3. 变频器：将普通的50周交流电变为所需要的頻率，供淬火、交流电机調速……等。

4. 稳压电源。

5. 作开关用：用可控硅可作成交流开关、直流开关。

随着工业技术的不断发展，可控硅的应用必将更加广泛。

§ 1—4 可控硅元件的保护：

毛主席教导我們：“我們必須学会全面地看問題，不但要看到事物的正面，也要看到它的反面。”事情总是一分为二的，可控硅也有缺点，主要的是它承受过电压、过电流的能力都很差。因此在应用可控硅时必須充分注意它的保护問題。

1. 过电流保护：

可控硅元件承受过载和瞬間冲击电流的能力都很差。往往在很短（几个周波）的时间內，由于过载而导致可控硅的毀坏（过载能力可見表2）。普通的保險絲要想在0.1秒內熔断，电流要高很大倍数才能成，使用中有很大困难。可是在实际应用中要求在发生短路故障半个周波內将整流元件的过电流消除，否則可控硅本身溫度超过 125°C 很容易造成失控，而导致溫度繼續上升。到 180°C 以上时可控硅便失去整流作用而完全損坏。因此，要采取快速熔断器。在同样过载倍数下快速熔断器的熔断時間短的多。

我国生产的快速熔断器有RLS系列和RSO系列。

RLS 系列是螺旋式的，用在500伏以下、100安以下的場合。

型号: RLS—□ R——表示熔断器
 L——表示螺旋式
 S——表示快速
 □——表示额定电流

RSO系列是低压有填料封闭管式快速熔断器。

型号: RSO—□/□ R——表示熔断器
 S——表示快速
 O——设计序号

后面的数字分子表示额定电压, 分母表示额定电流。这种熔断器电压有三种 250 V、500 V、750 V, 电流有30到350安的。

应该指出: 可控硅元件的电流容量是平均值, 而快速熔断器的容量是有效值。因此, 在选用快速熔断器时应先把可控硅元件的电流换成有效值, 而后确定熔断器容量, 如果是正弦波时, 有效值 $=1.57 \times$ 平均值, 对应关系如表 3。

表 3 快速熔断器和可控硅的额定电流对应关系

可控硅元件	50安	100安	200安
快速熔断器	80安	150安	(300)350安

没有快速熔断器也可以用普通螺旋式熔断器代替, 但额定电流不可大于可控硅元件额定电流的三分之二。

在大容量的设备中, 为防止长时间的过载, 应有快速断路器来保护。

还应提出的是, 即使采用了保险丝或断路器的保护, 对于可控硅元件的容量也必须留有充分的余量。

2. 过电压的保护:

引起元件过电压的原因很多, 如操作过电压, 闪电雷击, 电路内电感的存在……, 以及其他干扰都会产生较大峰值电压加到可控硅元件上面。可控硅元件对极短时间(几微秒)的过电压就会导致元件电压特性恶化, 甚至损坏。过电压的保护方法很多, 最常用、简便、容易见效的是装阻容吸收装置, 将加在元件上的电磁能量吸收掉。如图1—6所示的接法。电容和电阻的计算方法比较多, 结果又相差很大。

一般的电容量:

$$C = (2.5 \sim 5) \times 10^{-3} I_F (\mu F)$$

I_F ——元件额定平均电流(安)。

C的数值在0.1~1微法之间。

电阻R选5~50欧, 对于有变压器的, 常常在变压器次级也装有阻容吸收装置。

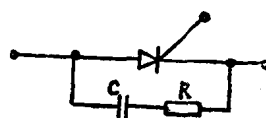


图 1—6 可控硅元件的阻容吸收装置

毛主席语录

大家明白，不論做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。

二、可控硅整流器

§2—1 可控硅整流器主回路接线方式。

可控硅整流器能将交流电整成直流电，并能快速调节其大小。可控硅整流器目前已广泛应用在直流电机调速，电机励磁，调压电源等场合。

可控硅整流器和其它一般整流元件一样，可以结成各种不同的电路。因此一般常见的整流电路，就是可控硅整流器常用的电路。

有单相半波、单相全波、单相桥式（分为全控、半控二种）、二相另式整流电路、三相半波、三相全波（也分为全控、半控）等多种。

所谓全控线路就是所有整流元件全部用可控硅整流器；而半控线路只是线路所用元件的半数采用可控硅整流器，而另外半数则采用硅整流器。采取那一种线路合适，必须根据负载情况和对控制性能的要求而定。

现以单相桥式整流线路为例，说明其简单工作情况。

单相全控式原理线路如图2—1所示。

它的工作原理是这样的：当变压器付边a端为“正”b端为“负”时，电流从a端通过可控硅元件1，负载电阻 R_d 和可控硅元件2，回到b端。当b端为“正”a端为“负”时，电流从b端通过可控硅元件3，经过负载电阻 R_d 和可控硅元件4，回到a端。如果可控硅元件阳极和阴极之间的电压，从零开始时立刻就給控制极以触发信号，可控硅整流器所得到的直

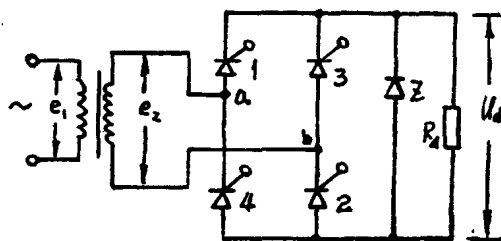


图2—1 单相全波桥式整流电路

流电就和普通整流器一样，可以在整个半个周期内导通电流，直到电压为零时止。这时也是可控硅整流器的最大输出值。这时负载上的电压波形如图2—2(b)所示（纯电阻负载时的情况）它的电压平均值为 U_{d0} ，是图中斜线部分的面积在整个周期内平均值。

如果触发信号比外加电压 e_2 延迟一个角度 α (叫起通角)。(图 2—2, c.d.e), 则可控硅元件延迟一个角度 α 才导通。这时负载电阻上的波形如图 2—2 (c) 所示, 它的电压平均值是 U_{da} , 它是图 2—2 (c) 中斜线部分在整个周期内的平均值。显然, U_{da} 小于 U_{do} , 而且 α 愈大, U_{da} 就愈小。因此改变加到可控硅控制极上的触发信号相对于电压 e_2 的延迟角 α 的大小, 就可以达到控制整流器输出电压 U_{da} 的大小。这也就是可控硅整流调压的原理。

应该指出的是, 当负载为感性负载, 如线圈等, 为了保持负载电流的连续, 应在负载二端并联一只续流二极管 Z (图 2—1)。同时, 二极管 Z 可以避免由于电感产生的反电势加到可控硅元件而导致电路不能正常工作。

在一般作整流工作时, 单相桥式可控整流电路可以只用二只可控元件, 另外二个用普通不可控的硅二极管代替, 如图 2—3, 图 2—4 所示, 叫作半控桥式整流电路。因为电流流通回路中都要经过二只管子, 只要其中有一只管子是可控硅元件, 就可以起到控制作用。

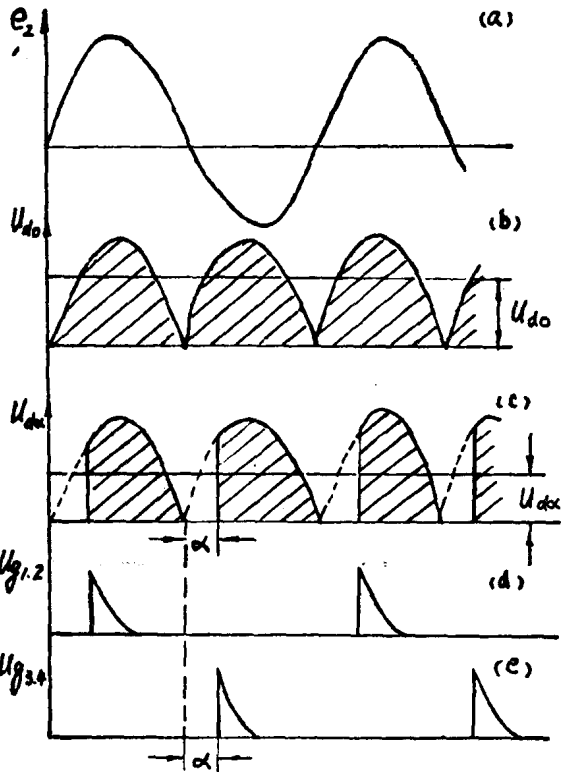


图 2—2 单相桥式整流电路的工作波形图

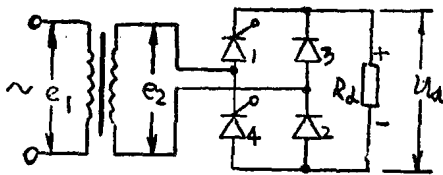


图 2—3 单相半控桥式电路之一

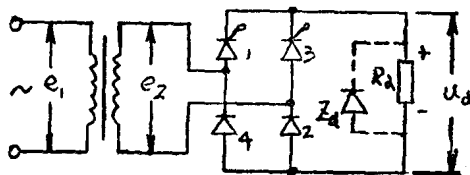


图 2—4 单相半控桥式电路之二

当然, 全控桥在某些场合, 如可逆系统中, 还是有它独特作用的。

图 2—3 和图 2—4 的电路相比, 图 2—3 的电路带感性负载时, 硅二极管 2、3 就能起续流作用, 图 2—4 的电路则需要另外在负载旁并一只二极管 Z_d 。但是图 2—4 的二个可控硅元件的阴极是联结在一起的, 因此可以用一套控制电路, 不用脉冲变压器, 每隔 180° 输出一个信号, 轮流控制可控硅元件 1、3, 但是图 2—3 就必须用一只脉冲变压器。

只用一只可控硅元件的单相桥整流电路:

这种电路如图 2—5, 加在可控硅元件上的电压是一个不可控单相全波整流电压, 相当图 2—2 中当 $\alpha=0$ 时的 U_{do} 的波形, 因此可控硅元件不承受负电压。它的效果和图 2—1 是一样的。因它用的可控硅数少, 因此常有采用这个电路的。用这种电路应注意几点:

1) 在感性负载二端必须并联二极管 Z_d , 否则会因电感能量的放出, 导致可控硅元件

持續导电，而失掉控制作用。

2) 在下一个半周期到来时，必須把前一个半周期的导电状态結束，下一个半周期才能是可以控制的，否則会发生失控现象，使可控硅連續不断的导电，但是 U_d 。过零的时间很短，因此必須选用維持电流大的管子。

3) 在二級管整流桥的輸出端（在續流二級管前面）不得并联电容（可以并联电阻）。否則会形成 u_d 。不过零，使可控元件失控。

毛主席教导我們說：“矛盾着的两方面中，必有一方面是主要的，他方面是次要的。其主要的方面，即所謂矛盾起主导作用的方面。”整流电路主回路，是构成整个电路很重要的部分，直接影响到控制电路的选择，对維修等方面带来很大影响，因此，选择整流主回路是一件十分慎重的工

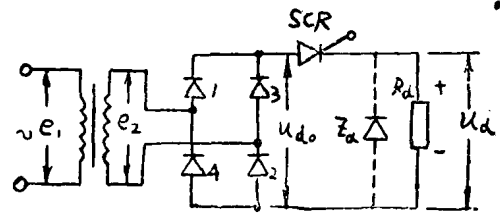


图 2-5 用一只可控元件的单相桥整流电路

§ 2-2, 可控硅三相整流器

三相整流电路整出的直流电质量較好，不影响电网的平衡，功率因素也較好；因此，在大功率及要求較高的場合大多采用三相整流电路。

現以三相桥式电路为例，說明其工作情况。

由可控硅元件組成的三相桥式綫路也分全控和半控二种。图2-6所示为三相全控桥式电路。在可逆运轉系統中常常采用这种电路。在每一导通的瞬时，上、下二組整流元件中在忽略变压器漏抗时，每組只有一个整流元件处在导通状况，不可能有两个元件同时导通。如在瞬时A（图2-7），只有元件1受到順向电压而导电，元件

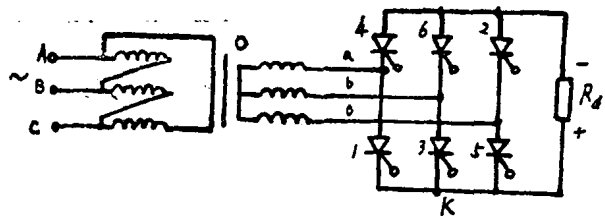


图 2-6 三相桥式全控整流电路

5 不导通，因为此时 C 相电压虽为正，但并不等于元件 5 承受正向电压。設此时 a 相为正 100 伏，C 相为正 30 伏，則在元件 1 导通时（忽略元件压降）K 点电位也为 +100 伏，元件 5 承受負 70 伏的电压，故不导通。假定元件 5 导通，則 K 点电位 +30 伏，元件 1 承受 +70 伏电压，还是要导通的。因此元件 5 导通是不可能的。只能有一个元件（即元件 1）导通。

波形如图 2-7，每个元件最大只能工作 120° （ $1/3$ 周期），最大整流值是电压波形包絡綫形成的面积。調节可控硅元件控制极电压的相位（即改变 α ），同样也調节了輸出直流电压的大小。在討論三相整流中，起通角 α 不是从交流电压过零时算起，而是从交流电压相邻二相（如 a, b, 或 c, a）的交点时算起，因为在三相不可控整流时（亦即可控整流最大輸出时），在这一点，电流从一相換到另一相。在可控整流时，在这一点以前阳极电压虽为正值，但小于前一相电压，故仍不能控制其导通。

上面分析是忽略了可控硅元件回路中电抗的影响，实际上变压器的漏抗是不可避免的，对于大功率的变压器，它的漏抗更不能不予考虑。由于漏抗的存在，在整流过程中电流不可能从一相立刻轉到另一相，也就是整流元件不可能是突然导电和突然停止导电。考虑了变压

器漏抗时的整流波形如图2—8。当电流从a相换到b相时(即由元件1转换到元件3导电时),由于 L_a 储有电能使 i_a 不能立即减少到零,而是慢慢减至零,同样b相因为 L_b 使 i_b 不能立即增加到最大值,而是慢慢增大到最大值。形成a和b二相同时导电的时间,这段时间称为重叠角 γ ,在此时间内,输出电压既不等于 u_a ,也不等于 u_b ,而是二相电压平均值。同样,电流由b相到c相, c相到a相转换时,情况是一样的。

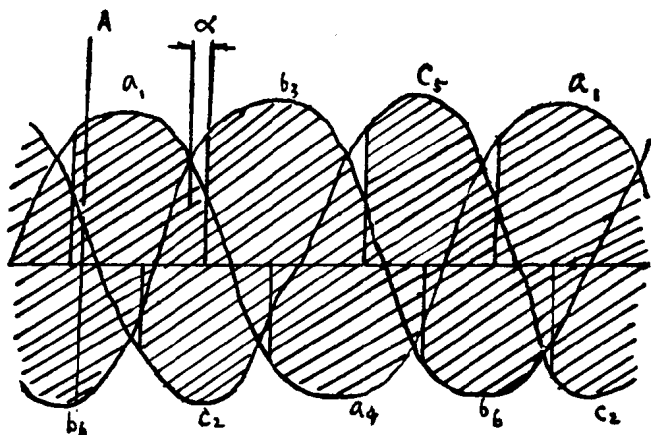


图 2—7 三相桥式整流电路波形图

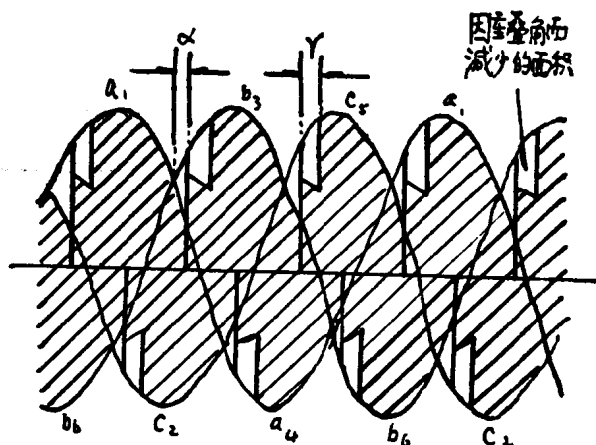


图 2—8 考虑变压器漏抗后的电压波形图

从图2—8可以看出,由于重叠角的存在,减少了直流电压平均值。尤其在大电流负载下,这个影响是不能忽略的。

图2—6所示的三相全控桥式电路,对于可控硅元件的控制,只要按照1.2.3.4.5.6.的顺序每隔 60° 分别给相应元件的控制极通入触发脉冲即可。但是应该注意的是:三相全波整流线路在任何时刻要想流过电流,必须在上、下二组中各有一个可控硅元件导通。如图2—7中,瞬时A电流流过元件1,负载电阻R、元件6。如给元件1、6二个相位差 60° 的窄脉冲,则在开始导通时,元件1上有讯号而元件6上没有讯号,电路不通。这样电流总也建立不起来。为使电路正常工作,可采用二个办法。

1, 给元件6的脉冲讯号宽度大于 60° ,使其控制信号保留较长时间,使元件1控制极得到讯号以后,元件1.6同时导通。