

中 等 专 业 学 校 教 材

通 信 电 源

内江铁路机械学校 伍素琦 主编

南京铁路运输学校 恽近南 主审

中 国 铁 道 出 版 社

1990年·北京

前 言

为了适应铁路通信在新形势下不断发展的需要,根据铁道部教育局1988年编制的〈铁道通信专业(初中生四年制)教学计划〉的要求,结合《通信电源》试用教材教学中存在的具体问题,对《通信电源》试用教材进行了修改,作为四年制中专生正式教材使用,教学时数为64课时。

由原南京铁路运输学校郑其金、马宗林、韩耀明、黄善成等编写的《通信电源》教材,着重介绍了硅及可控硅整流器、直流升压器、铅蓄电池、配供电系统、备用电源、及杂音与地线等。这次修订主要取消了硅整流器和备用电源,增加了国内外逐步推广的太阳能电池新技术。对原书中可控硅整流器及配供电系统,结合了铁路通信工厂生产的新型KGVA复合整流器及PTJ、PZG型交直流配电屏系列产品进行了分析;对铅蓄电池部分着重介绍了防酸隔爆式铅蓄电池和新型充电方法。本书在内容方面,突出了通信电源供电系统及供电方式,着重介绍各类电源设备的作用、组成、工作原理、性能指标及测试维护等基本知识,注意了理论与实践的结合,为加强实践性教学环节打下基础。

本书共八章。第一、四、五章由锦州铁路运输学校王天柱执笔,第二、三、六、七、八章由内江铁路机械学校伍素琦执笔并主编全书。南京铁路运输学校恽近南主审全书。参加审稿会的有兰州铁路机械学校、西安铁路运输学校、武汉铁路运输学校、天津工程学校,各校老师对本书的编写内容提出了许多有益的建议,在此一并表示感谢!

编 者
一九八九年元月

内 容 简 介

本书扼要地介绍了通信电源设备中的可控硅整流器、铅蓄电池、直流变换器、交直流供电系统、杂音、地线等的基本概念、结构、工作原理及使用维护等基本知识，并结合铁路现场通信设备分析了由天津铁路信号厂生产的KGVA系列复合整流器与交直流配电屏配套设备的电路、结构及自动稳压、稳流原理。同时，简单地介绍了太阳能电池的结构、性能及目前我国铁路通信供电系统中的应用。

本书可供中等专业学校学生学习用，也可供从事电源工作的同志参考。

中等专业学校教材

通 信 电 源

内江铁路机械学校 伍素珍 主编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 武亚受 封面设计 程 达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8.5 字数：19.5千字

1990年6月第1版第1次印刷

印数：0001—8000册 定价：1.60元

ISBN7-113-00705-8/U·215

目 录

第一章 概 论	1
第一节 通信电源的作用和通信电源系统.....	1
第二节 通信电源的分类和要求.....	2
第三节 通信电源设备的发展前景.....	3
第二章 可控硅整流器	4
第一节 可控硅整流元件.....	4
第二节 可控硅整流电路.....	12
第三节 可控硅元件的触发电路.....	19
第四节 KGVA系列自动稳压稳流整流器	26
第五节 整流器的测试与使用.....	35
本章小结	38
复习与思考题.....	38
第三章 直流变换器	40
第一节 概 述.....	40
第二节 可控硅逆变器.....	41
第三节 DH002Ⅱ型直流变换器	47
本章小结	54
复习与思考题.....	54
第四章 铅蓄电池	56
第一节 蓄电池的作用及分类.....	56
第二节 铅蓄电池的工作原理.....	56
第三节 铅蓄电池各部件的特性.....	59
第四节 防酸隔爆式电池和消氢式电池.....	67
第五节 铅蓄电池的特性.....	63
第六节 铅蓄电池的充电.....	79
第七节 铅蓄电池的测试.....	83
本章小结	86
复习与思考题.....	87
第五章 太阳能电池	88
第一节 太阳能电池的分类及工作原理.....	88

第二节 太阳能电池的性能.....	90
第三节 太阳能电池电源系统的应用.....	94
本章小结.....	99
复习与思考题.....	99
第六章 供配电系统及供电方式	100
第一节 交流供电系统	100
第二节 直流供电系统	103
第三节 直流供电方式	106
本章小结.....	110
复习与思考题	110
第七章 接地装置	111
第一节 接地的基本概念	111
第二节 地线的作用和分类	111
第三节 地线装置	114
本章小结.....	117
复习与思考题	118
第八章 供电质量的主要指标与测试.....	119
第一节 电源杂音	119
第二节 供电电压的浮动范围	123
第三节 直流供电回路的压降	123
本章小结.....	123
复习与思考题	124
附 图	125
附图 1 DH002 II 型直流变换器电路原理图	125
附图 2 KGVA 复合整流器电路原理图.....	126
附图 3 PTJ 交流配电屏电路原理图	128
附图 4 PZG 直流配电屏电路原理图	129

第一章 概 论

第一节 通信电源的作用和通信电源系统

一、通信电源的作用

通信电源是铁路长途通信、区段通信、电报通信及地区通信等设备的原动力，是整个通信系统的主要组成部分。电源设备供电质量的好坏将直接影响通信电路质量，所以，通信电源应保证对通信设备不间断地、质量良好地供电。

二、通信电源系统

通信电源系统一般由交流供电系统、直流供电系统和接地系统组成，如图 1—1 所示。

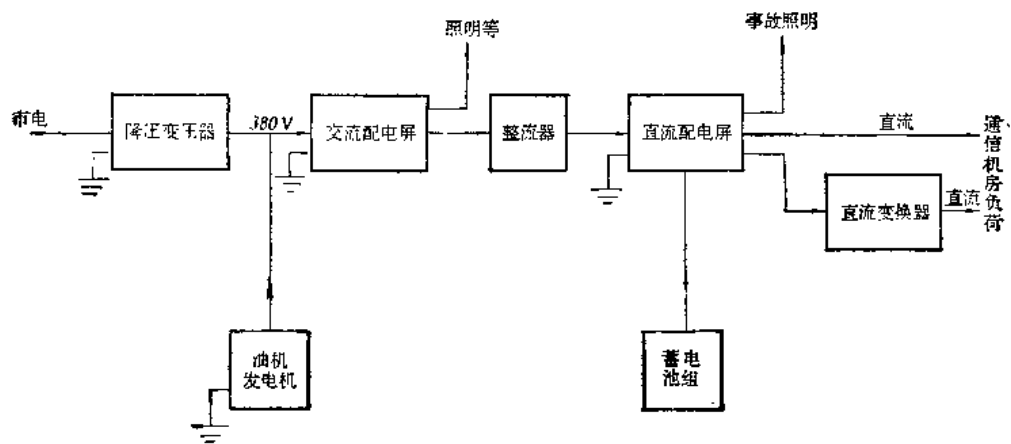


图 1—1 通信电源系统方框图

（一）交流供电系统

通信电源的交流供电系统包括变电站供给的交流电源（高压市电或低压市电）、油机发电机供给的自备交流电源。根据有关规定，局通信枢纽及以上电源室应有两个独立变电站供电，并尽量使其中一路为专用电源。分通信枢纽、端站、增音站的电源室及调度通信机械室应有一路可靠电源供电，如该地区已具有两路电源时，可按两路电源供电。

为了不中断供电，保证通信畅通，通信枢纽、端站、增音站都必需配置油机发电机组作为备用电源。

低压市电与备用油机输出的交流电源之间的转换以及交流负荷的分配，均由交流低压配电屏来完成。若通信站输入高压市电(10kV)时，则通信站内必需设置高压室，使其降成380V后才能供电源室应用。

（二）直流供电系统

通信设备的直流供电系统由整流器、蓄电池组、直流变换器和直流配电屏等组成。整流器的输出端通过直流配电屏与蓄电池组和负载连接。通信电源室的基础直流电源目前普遍采用24V和60V。

（三）接地系统

为了提高通信电路质量，确保通信设备与人身安全，包括通信电源设备在内的所有通信设备都必需具有良好的接地装置。

第二节 通信电源的分类和要求

一、通信电源的分类

取得通信电源的方法很多，相应的电源设备也很多，但归纳起来主要可分为以下三类。

（一）机械电源

所谓机械电源，是利用机械运行将某种电源变成所需的直流电源或将机械能变成电能。如整流器、直流变换器及油机发电机组等。

整流器是把交流电变成直流电的一种换流设备。整流器是通信电源系统中的主要设备之一。

直流变换器是一种直流变换设备，能将24V或60V直流电压变成所需的直流电源电压。它既可升压，又可进行直流电源的极性变换，以减少基础电池组的种类。

油机发电机组是备用交流电源设备，它主要由内燃机和三相交流同步发电机两大部分组成。它是用内燃机作动力，驱动三相交流同步发电机工作的电源设备，简称为备用油机。根据有关规定，通信枢纽、分通信枢纽、端站、增音站都必须设有备用油机发电机，在正常情况下以交流市电为主要电源，一旦市电停电，则启动油机发电机保证供电。

（二）化学电源

所谓化学电源，是将化学能转变为电能的装置，如干电池、蓄电池。

干电池也称原电池，它只能将化学能转换为电能放出，一旦当活性物质反应完毕，就失去了作用，其转换过程是不可逆的，所以又称为一次电池。由于它的容量很小，因此只能作为耗电量小的通信设备的备用电源。

蓄电池是储蓄电能的装置，它即可将化学能转换成电能放出，又可将电能转变成化学能储存，其转换过程是可逆的，所以又称为二次电池。由于它的容量很大，所以它也是通信电源中不可缺少的主要设备之一。根据蓄电池所用电解质的不同，可分为酸性蓄电池和碱性蓄电池。铁路通信电源普遍使用酸性蓄电池。

（三）物理电源

所谓物理电源，是一种利用半导体材料的光生伏特效应，直接把光能转换为电能的半导体器件，如太阳能电池。

太阳能电池是一种扩散结类型的半导体器件，根据光生伏特原理，将太阳光能直接转换成电能。这种太阳能通信电源适用于没有市电的边远地区。

二、通信设备对电源的要求

随着现代化通信技术的飞速发展，通信质量也在不断地提高。相应对电源系统的要求也越来越高。通信设备对电源系统的要求是：可靠、稳定、自动化、高效率、杂音符合标准、经济性。

可靠：为了确保通信畅通，除了必须提高通信设备的可靠性外，还必须提高电源系统的可靠性。因此在交流供电系统中，必须设置备用油机发电机组或设置不停电供电系统。在直流供电系统中，采用整流器与电池组并联浮充的供电方式，以保证可靠供电。

稳定：供电电压稳定程度是衡量供电质量的主要指标之一，不能超过允许变化范围。

自动化：逐步实现电源设备操作自动化，利用微型计算机对各站电源设备进行远程遥控、遥测和遥信，实现电源集中控制自动化。另外，利用程控不停电电源装置，在电网断电后，自动实现连续供电。

高效率：随着通信设备的容量日益增加，电源系统的负荷不断增大。必须设法提高电源装置高效率的工作。为此，各种类型的高效率稳压电源已开始通信设备中应用。

杂音符合标准：电源杂音的大小是考核通信电源供电质量的又一个重要指标。因此，电源工作者必须予以重视。

经济性：在保证供电质量的前提下，电源设备应尽量采用先进技术，降低设备费用和维修费用。

第三节 通信电源设备的发展前景

随着现代通信设备的迅速发展及计算机技术与通信技术不断的结合和统一，使通信技术向数字化过渡，为此，通信电源设备也需不断的更新。我国铁路通信电源设备由采用硅整流器向可控硅整流器发展，使供电质量得到了进一步的提高。

在蓄电池方面，近年来蓄电池组已普遍使用防酸隔爆式铅蓄电池。这是一种能防止酸雾析出和电池内部爆炸的蓄电池，可减少酸雾对电池室及通信设备的腐蚀，同时也改善了劳动条件和减轻了劳动强度。具有更多优越性的消氢式电池已进行了试验生产，为安全供电和改善电池室工作环境创造了条件。另外，各种新型酸性蓄电池相继出现，像铅钙蓄电池、胶体电解质铅蓄电池、干荷式铅蓄电池、圆柱形铅蓄电池等，都是很有发展前途的新品种。

在铅蓄电池的充电方法上也进行了改革，目前普遍采用低压恒压充电法替代以前传统的恒流充电法。相信以后会有更理想的充电方法出现。在电源设备的维护方面，利用微型计算机对各通信站的电源设备进行遥控、遥测和遥信，实行数个电源室集中管理的目标已为时不远。

在通信电源的供电方法上，目前普遍采用集中直流供电，但随着通信设备以致通信手段的不断更新，实行集中交流供电的方法势在必行。

另外，近年来对硅太阳能电池的生产与应用发展很快。今后在铁路通信中的微波中继站、无线电台及电缆无人充气站等用电量较小，又地处偏僻的独立电源，硅太阳能电池是理想的供电设备。

今后，电源设备的发展方向将不断采用新技术、新设备。做到设备程式简化，标准统一，提作自动化，维护简单，只有这样，才能满足铁路通信日益发展的需要。

第二章 可控硅整流器

整流器是铁路通信供电系统中的主要设备之一，随着电子技术的发展，目前在铁路通信供电系统中，已普遍采用可控硅整流器。

可控硅整流器是一种控制输出性能良好的可控型整流设备，它与其他类型的整流器一样，种类很多，根据输入交流电的不同，可分为单相和三相整流器；根据整流电路的不同又可分为半波整流及桥式整流等。

第一节 可控硅整流元件

可控硅整流元件是一种具有良好控制性能的半导体器件，又称硅三极闸流管，用SCR表示。它用硅材料制成，根据不同型号，既可用作可控性整流元件，又可用作控制元件。

一、可控硅元件的结构

可控硅整流元件（简称可控硅）的图形符号如图2—1（c）所示，它有三个电极：阳极a，阴极c，控制极（又叫门极）g。外型有螺栓型和平板型两种，如图2—1（a）、（b）所示。

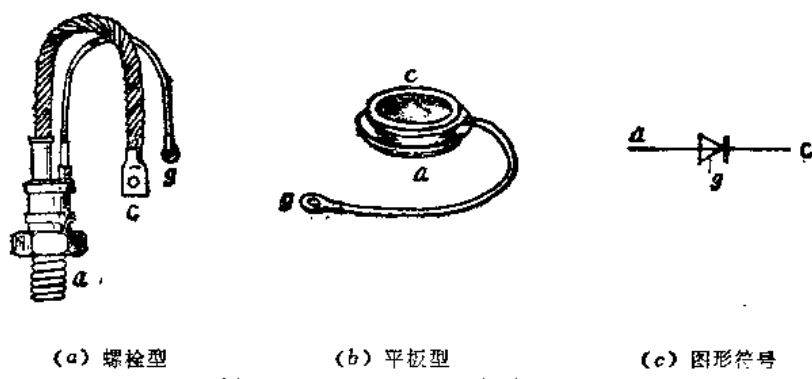


图2—1 可控硅元件外形与符号

螺栓型可控硅元件的螺栓一端是阳极，另一端粗的引线是阴极，细的引线是控制极。平板型可控硅的外形似一圆板，其中间金属环的细引线是控制极，离控制极近的一面是阴极，远的一面是阳极。由于平板型可控硅的阳极与阴极这两面都直接与散热器接触，故散热条件较好，易于制成大功率元件，一般额定电流在200A以上的可控硅采用这种平板型元件。

常见的普通型可控硅元件的内部结构（管芯）示意图见图2—2所示。它由两层P型硅材料和两层N型硅材料利用扩散法或扩散-合金法，将它们互相交叠在一起，形成四个交叠的PN区，三个PN结。在最下层的P区引出阳极，最上层的N区引出阴极，在中间的P区引出控制极。



图 2-2 可控硅元件的内部结构 (管芯)

可控硅元件具有体积小、重量轻、效率高、动作迅速、无噪声、寿命长等优点。但它的过载能力和抗干扰能力都比较差，因此，在实际的应用电路中，都应考虑设置安全防护措施。

二、可控硅元件的工作条件

任何一种半导体器件，都必须具备一定的条件才能正常地工作，可控硅元件也不例外，因此，让我们以图 2-3 所示的实验电路来说明可控硅元件的工作条件。

图中 E_a 为可控硅元件的阳极电源，也可称为主电源，其电压为灯泡所需的直流电压 (6V 左右)； E_g 为控制极所需的工作电压，简称为控制极电压或叫门极电压，其值约为 2~3 V。具体说明如下：

图 2-3 (a) 是可控硅元件的阳极接主电源的正极，阴极经灯泡接主电源的负极，控制极与阴极间不加控制电压 E_g (即开关 K 未合上)。此时灯泡不亮，这说明，当控制极开路时，可控硅虽然加正向电压，但不导通，具有正向阻断能力，这是可控硅与二极管在导电性能上的重要区别。

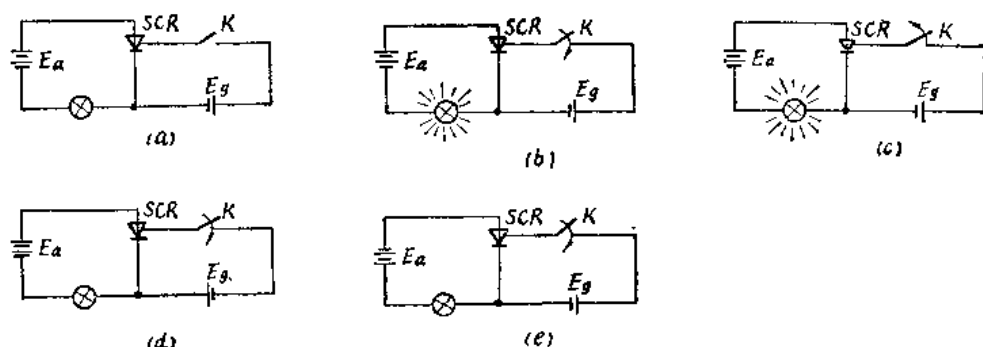


图 2-3 可控硅元件工作条件实验电路

图 2-3 (b) 是将 K 合上，即在阳极与阴极间加正向电压的同时，还给控制极与阴极间加正向电压 E_g ，此时灯亮，说明可控硅元件已导通。导通时，阳极与阴极间具有 1 V 左右的正向压降，这点与硅二极管相似。

图 2-3 (c) 是当可控硅元件导通以后，将开关 K 打开，即断开控制极电源 E_g ，这时灯泡仍亮，表明可控硅元件仍保持导通状态，这说明可控硅元件导通以后，控制极就失去了控制作用。极据这种现象可以得知：控制电源 E_g ，既可用直流电源，也可用正脉冲电源。而且在实用的整流电路中，控制电源 E_g 普遍采用正脉冲。我们把产生正脉冲的电路称为触

发电路，其控制脉冲称为触发脉冲。

图 2—3 (d)、(e) 是表示可控硅元件阳、阴极之间所加的主电源 E_a 和控制极与阴极之间所加的控制极电源 E_g ，其中任何一种电源极性反接时，均不能使可控硅元件导通。由此说明可控硅元件与普通二极管一样，具有反向阻断性能。

可控硅元件导通后，去掉控制极电压，如果逐渐降低阳极电源电压，灯泡亮度逐渐变暗，当阳极电流小到一定数值时，灯光熄灭，表明可控硅元件关断。这种使可控硅元件维持导通状态所必需的最小阳极电流叫维持电流，用 I_H 表示。

根据上述实验可以得出下列结论：

可控硅元件从关断转化为导通时，必须同时满足两个条件，二者缺一不可。即：

1. 可控硅元件的阳极与阴极之间，必须加一定值的正向阳极电压；
2. 控制极与阴极之间必须同时加适当的正向控制极电压。

可控硅元件从导通到关断的条件为：

1. 降低阳极电源电压至一定值，使阳极电流小于维持电流；
2. 将正向阳极电压转换为反向电压。

以上两个条件，只需满足其一，可控硅元件即能从导通转为关断。

在上述这组实验中，可控硅元件的阳极与阴极之间所加的主电源是直流电源，而当可控硅元件用作整流元件时，阳、阴极间必然是交流电源，但不论 E_a 是直流还是交流，其工作条件都始终保持不变。下面我们分析 E_a 为交流电源时的情况。电路连接如图 2—4 所示。

当阳极、阴极间加交流电源，而 $E_g = 0$ (K 断开) 时，灯泡不亮，说明可控硅元件处于截止状态 (当交流电为正半周时，为正向阻断状态；当交流电为负半周时，为反向阻断状态)。

当阳、阴极间加交流电源，控制极与阴极间加适当的正向触发电压时，灯泡就亮，这表明，当可控硅元件的阳、阴极间加的交流电正半周时全导通，其输出的电压波形情况如图 2—5 (b) 所示。

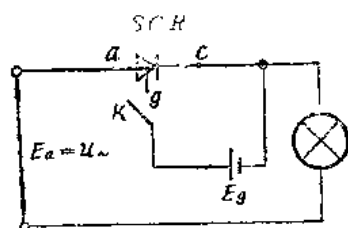


图 2—4 可控硅元件主电源为交流电的实验电路

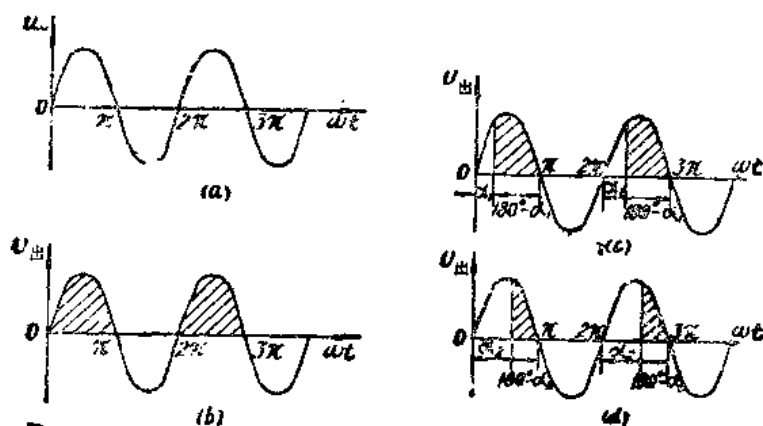


图 2—5 可控硅元件加交流电时的电压波形

当所加的控制电压 E_g ，相对于阳、阴极间出现的正向电压有一个相位上的后移相角 α （即时间上的后移）时，灯泡的亮度要比上述第2种情况时稍暗。而且，作用在控制极电压的时间愈晚（即 α 角愈大），则灯泡愈暗，这说明， α 愈大，可控硅元件导通的时间愈短，使输出电压的平均值愈小。如图2—5（c）（d）所示。所以，利用它的这种特性可使输出电压平均值的大小随 α 角的变化而平滑地改变。这就是可控硅整流元件区别于一般整流二极管的可贵特点。

在此，我们提出移相角 α 和导通角 θ 的概念。所谓移相角，就是控制极所加的控制电压 E_g 相对于阳、阴极间所加的主电源 E_a 有一个相位上的移动。这个相角，也称控制角，用 α 表示。 α 角度的计算方法：在单相整流电路中，以交流电压过零点算起；在三相整流电路中，以交流电的自然换流点算起。

所谓导通角：是指在可控硅元件的阳、阴极加上主电源，控制极加控制电压 E_g 后，可控硅元件的导通范围，用角度 θ 表示。并且 α 角愈大， θ 角愈小。如图2—5（c）（d）中的斜线部分，即为对应于可控硅元件导通时整流电压输出的范围。

三、可控硅元件的工作原理

由前述可控硅元件的内部结构中看出，可控硅可以等效地看成由两个二极管组成，一个是NPN管，用 BG_1 表示；另一个是PNP管，用 BG_2 表示。可控的阳极 a 相当于PNP管的发射极，可控硅的阴极 c 相当于NPN管的发射极，中间的N、P部分为两个三极管的公用部分，N部分既是 BG_2 管的基极，又是 BG_1 管的集电极，P部分既是 BG_2 管的集电极又是 BG_1 管的基极，并且是可控硅元件的控制极 g 。所以， BG_1 和 BG_2 实质上是一个互为补偿的三极管电路。如图2—6所示。

当可控硅阴极加正向电压 E_a ，控制极亦加正向电压 E_g 时， BG_1 有基极电流流过，此时 BG_1 的基极电流 I_{b1} 就是控制电流 I_{g1} ，经它放大， BG_1 的集电极输出电流为 $\beta_1 I_{g1}$ ，（ β_1 为 BG_1 的电流放大系数）。 $\beta_1 I_{g1}$ 又是 BG_2 的基极电流，同样经 BG_2 放大后， BG_2 的集电极输出电流为 $\beta_1 \beta_2 I_{g1}$ （ β_2 为 BG_2 的电流放大系数）。这个电流又流入 BG_1 的基极，再次放大，如此循环下去，形成了强烈的正反馈，使得 BG_1 、 BG_2 很快饱和导通，这个过程称为触发过程，因为它是在极短时间内完成的，一般不超过几微秒。

当可控硅元件导通后，由于有比 I_{g1} 大很多倍的电流注入 BG_1 的基极，所以，即使切断控制极电压 E_g ，也不会使可控硅截止。这就是前面所述当可控硅元件导通后，控制极不再起作用的原因。

当在可控硅元件的阳、阴极间接上反向电压时，相当于 BG_1 、 BG_2 接上反向工作电压，所以即使 BG_1 基极有正向输入电流，也不能使可控硅元件导通，只能使可控硅元件处于反向阻断状态。

我们知道，晶体管的 β 值随着发射极电流大小不同而变化。当可控硅阳极电流减小到维持电流以下时， β_1 、 β_2 迅速下降，从而使可控硅关断。

同时也可看到，在正向阳极电压作用下，不加控制电压，或者控制电压极性相反，两只

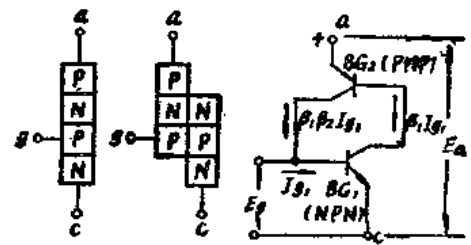


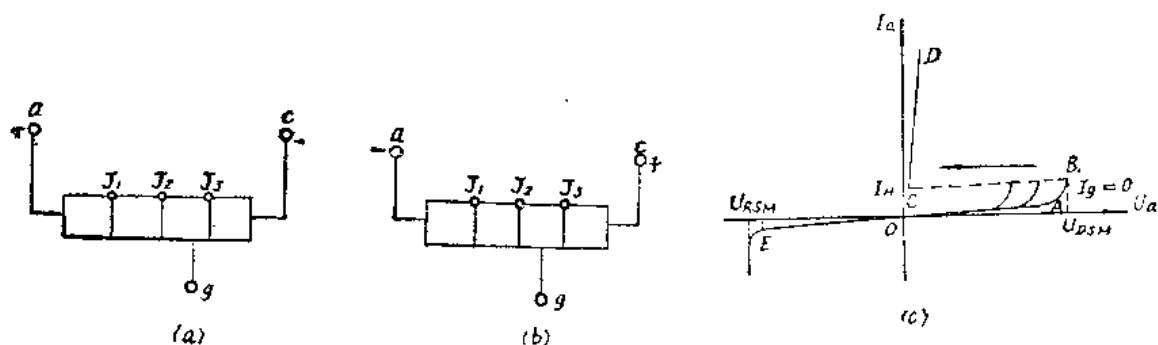
图2—6 可控硅元件的等效原理

三极管没有输入放大电流，可控硅元件仍不会导通。

根据上述工作原理，我们可得出一个这样的结论：可控硅元件的单方向导电性能，是依靠其本身电流放大系数，随着电流的增大而增大这一原理确定的，这与普通硅二极管的单方向导电物理性质是有本质区别的。

四、可控硅元件的阳极伏安特性

可控硅元件的导通与关断是随着阳极电压 E_a ，阳极电流 I_a 及控制电流 I_g 等条件的变化而互相转化的，常用曲线来表示它们之间的关系，此曲线称为可控硅元件的阳极伏安特性曲线，如图2—7（c）所示。下面分别讨论其正向特性和反向特性。



(a) 可控硅元件接正向电压

(b) 可控硅元件接反向电压

(c) 可控硅元件的阳极伏安特性

图2—7 可控硅元件的阳极伏安特性

(一) 正向特性

可控硅的正向特性表示可控硅元件的阳极-阴极间的正向电压与正向电流的关系，如图2—7（c）右侧所示。为了便于说明问题，我们把元件内部的三个PN结分别用 J_1 、 J_2 、 J_3 表示。当可控硅元件上加正向阳极电源时，如图2—7（a）所示， J_1 和 J_3 结所受的正向电压， J_2 结处于反向电压，所以，当 $I_g = 0$ ，即控制极断开时，元件内部只有很小的正向漏电流通过，可控硅处于正向阻断状态，如特性曲线的OA段所示，此段也称为高阻区。随着正向阳极电压不断增高，正向漏电流也有所增加，当正向阳极电压继续增高时，阳极电流开始急剧上升，使特性曲线急剧弯曲，如图中AB段。当正向阳极电压达到B点对应的断态不重复峰值电压 U_{BSM} 时，可控硅的 J_2 结将被反向电压击穿，使可控硅的内阻急剧下降，正向阳极电压突然降低到很小数值，这时电源电压几乎全部加在负载上。于是可控硅由关断状态转变为导通状态。但必须指出，这种不加控制电压时的导通是非正常情况下的导通，在实际应用时应严格避免。

可控硅导通后，由于内阻很小，即使通过大电流，其正向电压也很小，但当正向电流增大时，正向电压会略有增加。因此，特性曲线比较陡直，见图2—7（c）中的CD段。

如果在控制极加上正向控制电压，由于强烈的正反馈作用，可控硅就能在较低的正向阳极电压作用下导通，这是正常导通情况，而且， I_g 越大，导通时所需的阳极电压就越低。

可控硅导通以后，如果减小阳极电压或增大负载电阻，则阳极电流将按CD段特性规律随之减小。当阳极电流降低到小于维持电流 I_{IH} 值时，可控硅便由导通转变为关断状态。

(二) 反向特性

反向特性是表示当控制极开路，可控硅阳极-阴极间的反向电压与反向电流之间的关系。

如图 2—7 (c) 左侧所示。

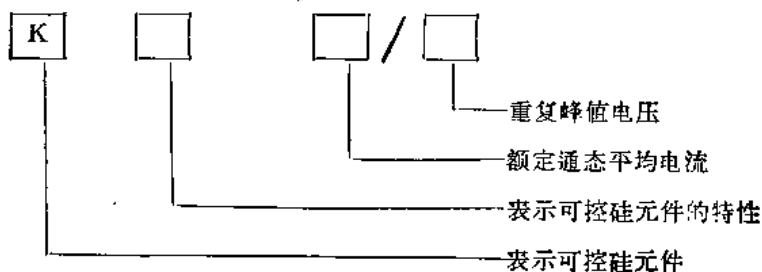
当在可控硅的阳极与阴极间加上反向电压时,如图 2—7 (b) 所示, J_1 结和 J_2 结均承受反向电压,所以只有很小的反向漏电流通过。可控硅处于反向阻断状态如 OE 段。当反向电压逐渐增大到一定值 U_{RSM} 时,反向漏电流急剧上升,可控硅将被反向击穿。这与硅二极管的反向特性相似。

反向特性曲线急剧弯曲处所对应的电压称为反向不重复峰值电压,用 U_{RSM} 表示。

五、可控硅元件的型号及主要参数

(一) 可控硅元件的型号

普通型可控硅元件标准命名为 3CT。随着电子技术的发展,具有各种不同性能的可控硅元件相继诞生,现在,国家有关部门对可控硅型号的命名由四部分组成:



第一部分用可控硅元件的汉语拼音第一个字母“K”表示。

第二部分用汉语拼音字母表示可控硅元件的特性。

如普通型用“P”表示;双向型用“S”表示;快速型用“K”表示;逆导型用“N”表示;门极可关断型用“G”表示。

第三部分与第四部分均用数值分别表示该元件的额定通态平均电流及重复峰值电压,即是我们常称的最大工作电流及最大耐压。

如 KP-200A/1000V 型可控硅元件,表示最大工作电流为 200A,最大耐压为 1000V 的普通型可控硅元件。

(二) 可控硅元件的主要参数

可控硅元件的参数很多,下面仅将几项主要参数介绍如下:

1. 额定通态平均电流 (正向平均电流) I_F (A)

额定通态平均电流常称工作电流,即在规定的环境温度、标准散热和全导通条件下 ($\alpha = 0$)、阳阴极间连续通过的工频正弦半波电流的平均值。但在实际工作中,由于条件的变化,使实际“工作电流”与标称“工作电流”不相符,其原因主要有下面几点:

(1) 环境温度

根据国家规定,可控硅元件的最高结温是:额定电流为 20A 以下的元件为 100°C , 20A 以上的元件为 115°C 。但在实际工作中结温是无法测到的,只能测元件的外壳或散热器上的温度,根据生产厂家的经验,散热器上的温度比结温低 30°C ,因此,20A 以下的元件散热器上最高允许温度为 70°C 。另外,在测量时还必须注意减去环境温度。例如,测量时的环境温度为 40°C ,则散热器的最高温升分别为:

$$20\text{A 以下的元件 } 70^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C}$$

20 A以上的元件 $85^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C} = 45^{\circ}\text{C}$

所以,当可控硅元件在使用中,其散热器的实际温升超过或接近允许值时,必须降低工作电流,否则将烧毁PN结。

(2) 标准散热

可控硅元件的常见冷却方式有:自然冷却和风冷却两种。一般都采用自然冷却,在元件的外壳上没有注明冷却方式标记的属于自然冷却元件。若标注有风冷标记的则为风冷却元件。凡将风冷元件用在自然冷却的设备中时,必须降低使用电流。实际工作电流只能是标称电流的1/3左右。如果标称电流为200 A的风冷元件用在自然冷却方式设备上,则只能让它通过 $200\text{ A} \times \frac{1}{3} \approx 65\text{ A}$ 的电流。

(3) 导通角的影响

可控硅元件使用不同导通角时,其实际工作电流较全导通时的标准电流小,且导通角愈小,则实际允许通过的工作电流就愈小。

(4) 可控硅元件的额定通态平均电流是在工频正弦波整流全导通时测得的平均值,此电流中还包含有产生热量的交流成份,而发热的程度是用电流的有效值来表示的,通过对正弦半波整流电流的计算得出,可控硅元件的额定电流有效值较其平均值大1.57倍。所以,当可控硅元件用在直流电路中时,其实际工作电流允许超过额定标称电流值的1.57倍。

2. 正向阻断峰值电压 $P F V(\text{V})$

在控制极开路,额定结温和正向阻断条件下,可以重复加于元件允许的正向峰值电压,其规定值为正向断态不重复峰值电压减去100V。即 $P F V = U_{DSM} - 100\text{V}$ 。

3. 反向阻断峰值电压 $P R V(\text{V})$

当控制极断路,在额定的结温条件下,可以重复加在元件上允许的反向峰值电压。其值规定为反向不重复峰值电压减去100V,即 $P R V = U_{RSM} - 100\text{V}$ 。

同一元件的正反阻断峰值电压值原则上应相等。并作为重复峰值电压值标于元件外壳上。若不相等时,一般厂家规定以低值标出,平时我们所称可控硅元件的耐压大小,就是指重复峰值电压值的大小。所以,在维修中选择可控硅元件时,重复峰值电压的标称值必须大于实际工作电压值,否则元件将被击穿。

4. 控制极触发电压 $U_g(\text{V})$ 与触发电流 $I_g(\text{mA})$

在阳极与阴极间加一定的正向电压(测试时一般加6V直流电压),使可控硅元件从正向阻断状态变为导通状态,所需的最小直流控制电压与最小直流控制电流。

5. 关断时间 t_{off}

在额定的结温条件下,可控硅元件从断开阳极正向电源或加阳极反向电压开始,直至使可控硅元件截止为止所需的时间。

六、可控硅元件的选择

在选择可控硅元件时,必须根据负荷的要求(如整流电压、整流电流、过载倍数、负载性质等)和所采用的整流电路进行选择。

前面已介绍过,可控硅的参数很多,但作为整流元件而论,最主要的参数有额定通态平均电流与重复峰值电压,即常称的工作电流与耐压。下面将从这两方面来讨论元件的选择。

(一) 可控硅元件工作电流的选择

在整流电路中,通过可控硅元件的电流不是纯直流,而含有交流成分的脉动直流。我们在前面已讨论分析过,并且已知元件的额定有效值是额定平均值的1.57倍。因此,无论可控硅元件工作在什么线路中,为了保证元件不因过热而损坏,必须使流过元件的电流有效值不超过额定平均电流值 I_F 的1.57倍。所以,在确定可控硅元件的工作电流时,严格说来应计算出实际可能流过的最大有效值,但由于各种整流电路输出电流波形各不相同,在不同导通角时更不一样,这就带来大量繁琐计算。实际上,由于可控硅的额定电流规格只有有限的几级,因而,在选择元件时可采用下面的经验公式:

$$I_a = \frac{1.57 \times I_F}{K} \times m_K$$

式中 I_a ——整流元件在全导通时,允许的最大整流电流平均值;

I_F ——可控硅元件的额定通态平均电流;

K ——不同整流电路中,流过元件的电流波形系数;

m_K ——可控硅元件的并联导通系数。

在实际使用时,可控硅元件往往不会全导通,其波形系数将增大,且 α 角增大,则 K 值愈大,这就意味着元件输出的最大负载电流平均值 I_a 将下降,因此,在选择元件的工作电流时必须注意留有余地。

(二) 可控硅元件的耐压选择

在选择可控硅元件的耐压时,通常根据电路中实际出现的最大正向阻断峰值电压($u_{正}$)和反向峰值电压($u_{反}$)来选择。其经验公式为:

$$PFV \geq (1.5 \sim 2) \times u_{正}$$

$$PRV \geq (1.5 \sim 2) \times u_{反}$$

在纯阻性负载时,可控硅元件的 PFV 值与 PRV 值可由产品目录上查得,但若不是纯阻性负载时,必须适当考虑增加元件的耐压值。

七、可控硅元件的简单测量及使用时注意事项

(一) 可控硅元件的简单测量

用万用表电阻挡测量可控硅元件三个电极间的电阻,可以粗略地看出可控硅元件的好坏。用 $R \times 1k\Omega$ 挡测量可控硅元件的阳极-阴极间的电阻,其正、反向电阻均应在几百千欧以上,若电阻很小,说明元件已损坏。

阳极-控制极也用 $R \times 1k\Omega$ 挡测量,调换表笔极性,两次测得的电阻均应在几百千欧以上,若电阻很小,说明元件已损坏。

控制极-阴极间用 $R \times 1k\Omega$ 或 $R \times 10k\Omega$ 挡测量时,只要正向比反向电阻略小就可以。若正、反向电阻都很大或都很小,没有差异,则说明已经断路或短路。

注意:在测试时不许用 $R \times 10k\Omega$ 挡去测控制极与阴极间的电阻,以免控制极反向击穿。因为可控硅元件的 U_{BSM} 仅5V,而 $R \times 10k\Omega$ 挡万用表内电池电压达十余伏。

另外,我们还可用图2—3所示电路来判别可控硅是否损坏。

(二) 使用可控硅元件注意事项

1. 应符合规定的工作环境条件,若采用空气冷却方式时,环境温度不高于 $+40^\circ\text{C}$,不低于 -30°C ;采用水冷却时,环境温度不高于 $+40^\circ\text{C}$,不低于 $+5^\circ\text{C}$,空气相对湿度不大于

85%，元件周围环境中不应有腐蚀金属和破坏绝缘及导电的尘埃。

2. 应保证规定的冷却条件，因为通过元件的电流乘以管压降，就是元件的损耗功率。若损耗功率愈大，元件发热越厉害，如没有适当的散热措施，元件就可能超过额定结温而损坏，因此，使用中应保证规定的冷却方式和条件，否则应降低容量使用。

螺栓形元件，其螺栓应紧固在金属散热器中，散热器的面积必须足够大，同时散热器与管壳之间接触应良好，容易传热，为此可在接触面涂一层薄薄的硅油。

平板型元件的散热器是厂家装好了的，一般不应自行拆装。

3. 在使用可控硅元件之前，要看清它的参数，并留有合理的富裕量。

4. 可控硅元件的过压过流能力都比较差，所以必须加过压过流保护装置，防止毁坏。

5. 可控硅元件的控制极所加的触发脉冲不可太小，但也不能过大，要有适当保护措施，以防正向过载烧毁或反向击穿。

6. 严禁用兆欧表（摇表）检查元件的绝缘情况，在检查整机电阻时，应将元件各极短路。

第二节 可控硅整流电路

可控硅整流电路主要由电力变压器和可控硅整流元件组成，它不仅能将交流电变成直流电，而且能快速、平滑地调整其输出大小，这些是有别于其它整流电路的。

可控硅整流电路很多，在铁路通信电源设备的整流器中，由于三相桥式半可控整流电路及三相桥式全可控整流电路的功率大、效率高、性能好，因而得到了广泛应用。

一、三相桥式半可控整流电路

（一）电路结构

图 2—8 所示为三相桥式半可控整流电路，它由三相电力变压器及六个整流桥臂组成，整流臂为上下两组。上面一组编号为奇数组，采用可控硅整流元件，它们的阴极连接在一起，为整流电路输出的正极，而阳极分别接到变压器次级各相线圈的端点。下面一组的编号为偶数，采用硅二极管，它们的阳极连在一起为整流电路输出负极，而阴极分别接到变压器次级各相绕组的端点。

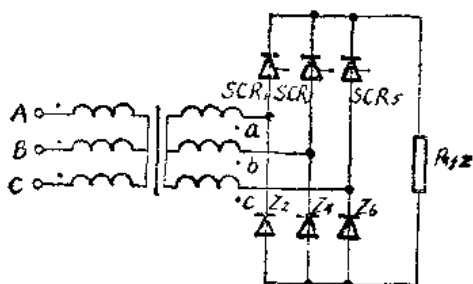


图 2—8 三相桥式半可控整流电路

（二）电路工作原理和输出电压波形

我们知道，硅二极管的导通必须具备有正向阳极电压，而可控硅元件的导通，除必须具有正向阳极电压外，还必须具有触发信号。并且，一旦触发导通后，又必须使通过它的阳极电流小于维持电流或将正向阳极电压转变成反向电压才能关断。由于这个特点，所以由它组成的整流电路，在输出波形、元件的导通范围及换流与不可控电路有显著不同，只有当移相角为零时，加入触发信号，才相当于不可控整流电路。因此，不可控整流电路只是可控整流电路的一个特例。