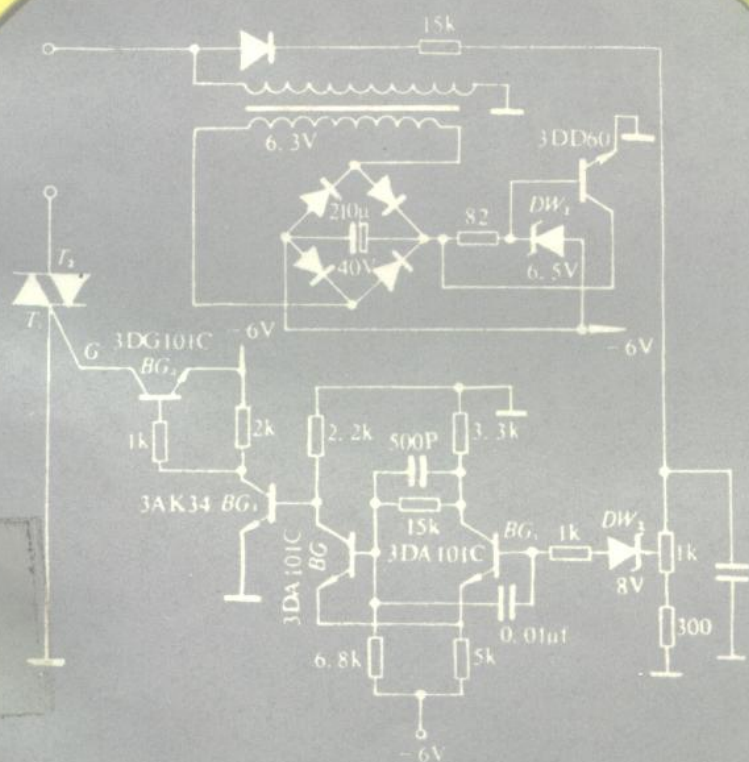


实用可控硅电路集

刘定建 朱丹霞 编著



同济大学出版社

TN342

356707

L 64

实用可控硅电路集

刘定建 朱丹霞 编著



同济大学出版社

(沪)新登字第 204 号

内 容 提 要

本书是由应用基础和应用实例两大部分所组成,在应用基础部分详细地介绍了普通可控硅的原理及特性、其他可控硅、触发器件、可控硅整流电路的计算和可控硅的串并联及保护。在应用实例部分详细地列举了调光、调速、温控、时控、逆变、检测、保护、脉冲发生器等电路以及电源电路、家用电器电路、数字电路和光耦合与 SCR 的接口电路。本书内容全面,应用实例种类颇多,对从事电子线路工作的工程技术人员、大中专师生及高级电工、仪表工均具有较实用的价值。

DY/18/03

责任编辑 王建中

封面设计 陈益平

实用可控硅电路集

刘定建、朱丹霞 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

吴县人民印刷二厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张 12.5 字数: 340 千字

1992 年 3 月第 1 版 1992 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1~7000 定价: 5.10 元

ISBN 7-5608-0612-0/TM·10

代 序

《可控硅实用电路集》是上海海燕电力电子控制设备厂刘定建同志继《可控硅应用 100 例》、《可控硅应用 123 例》两书之后奉献给我国广大电工电子技术界的又一本新书。自从 1958 年第一支可控硅问世以来,它的迅猛发展的历史表明:它是一种具有巨大潜力的电子器件。在 20 年的期间内它取代了离子器件在强电领域中的地位并推动了整个电工电子技术的发展。之所以取得这样巨大的成就,除了可控硅元件自身的发展和完善外,还应归功于这种新器件的广泛而持续的应用开发和技术普及工作。历来国内外的电子器件及设备制造企业都非常重视新器件的推广应用工作。海燕厂已经出版的《可控硅应用 100 例》和《可控硅应用 123 例》曾得到我国电工电子技术界,特别是初、中级技术干部和工人们的欢迎。即将出版的这本《可控硅实用电路集》总结了以上两书的写作经验,在选材和编排上作了许多新的尝试。我相信这本书一定会更受读者的欢迎,并且带给读者更多的科技信息和卓有成效的启示。

近年来,电力半导体器件又有了新的发展。如果说 50 年代末发展起来的可控硅是第一代产品的话,那么 80 年代发展起来的以集成为特征的电力半导体器件则是第二代了。这种发展趋势正属方兴未艾。新的原理、新的结构、新的工艺正日新月异地涌现出来。同时,与此相适应的控制电路及应用线路也在不断地开发出来。可喜的是,在本书中作者也反映了这方面的发展动向,介绍了新的器件和收集了技术应用方面的新成就。

此外,本书作者还从大量文献资料里,根据我国读者的需要进行选材并根据我国的技术标准对原文中的元器件型号及电路参数进行了换算和修改,以便读者直接利用及参考。这项工作对于推动我国电子技术的发展将是非常有意义的。

我非常高兴地看到这本内容丰富的新作即将和读者见面,并

盼望在当代电力电子技术蓬勃发展的新形势下还将见到作者奉献给读者的更多的新作。

顾廉楚写于清华园

目 录

应 用 基 础

代 序

第一章 普通可控硅	(1)
一、 概述	(1)
二、 工作原理及伏安特性	(4)
三、 主要特性参数	(5)
四、 常用参数的测试	(10)
第二章 其他可控硅	(18)
一、 双向可控硅	(18)
二、 快速可控硅	(21)
三、 可关断可控硅	(25)
四、 逆导可控硅	(37)
五、 光控可控硅	(38)
第三章 触发器件	(44)
一、 单结晶体管	(44)
二、 双向触发二极管	(48)
三、 硅单向开关	(49)
四、 硅双向开关	(52)
五、 程控单结晶体管	(54)
六、 集成块过零触发电路	(57)
第四章 可控整流电路的计算	(59)
一、 单相半波可控整流电路	(59)

二、 单相桥式半控整流电路	(62)
三、 各种可控整流电路计算表	(64)
四、 计算实例	(71)
第五章 可控硅的保护及串并联	(75)
一、 可控硅的保护	(75)
二、 可控硅的串并联使用	(81)

应用实例

第六章 调光电路	(84)
一、 数字调光电路	(84)
二、 大范围调光电路	(86)
三、 使用 PA436 集成块触发双向可控硅的调光电路	(86)
四、 利用光反馈的调光器	(87)
五、 用光反馈的高压整流调整器	(88)
六、 舞蹈音乐彩灯电路	(89)
七、 四种颜色的彩灯电路	(91)
八、 500W 灯泡软起动电路	(92)
九、 LC调谐式移相触发可控硅调光器	(93)
十、 日光灯的亮度控制电路	(97)
第七章 电机控制电路	(98)
一、 低压直流斩波电路	(98)
二、 分马力电动机的速度和方向控制电路	(99)
三、 并激电动机的速度控制电路	(100)
四、 串激电动机的运转方向与速度控制电路	(101)
五、 交流串激电动机的控制电路	(102)
六、 感应电动机的控制电路	(103)
七、 单相感应电动机的速度负反馈电路	(104)

八、单相交流供电直流机车电动机控制电路	(105)
九、感应转差调速器的控制电路	(106)
十、采用集成电路的通用电动机控制电路	(107)
十一、可控硅攻丝电源	(108)
十二、用零触发集成电路控制三相异步电动机 的 电路	(110)
十三、交流电动机通断控制电路	(111)
十四、直流伺服电动机的调速电路	(113)
十五、低压小型直流电动机的控制电路	(114)
十六、消除电容起动电动机噪声的电路	(114)
十七、小型直流电动机的调速电路	(115)
十八、大型直流电动机速度控制电路	(116)
十九、120kW 发电机自动调压电路	(118)
二十、发电机励磁调节电路	(126)
二十一、比例式可控硅控制电路	(129)
二十二、旁路分相电容来制动可逆交流电动机 ...	(129)
二十三、用双向可控硅控制和制动交流电动机 ...	(132)
二十四、红外光控制调速装置	(133)
二十五、功率因数控制器的改进线路	(135)
二十六、对负载变化快速响应的数字功率因 数 控 制器	(137)
二十七、单相电动机调速及遥控电子开关电路 ...	(139)
第八章 温控电路	(141)
一、使用 IC 触发双向可控硅的调温 电 路	(141)
二、采用 PUT 的零压加热控制 器	(141)
三、三相加热器控制电路	(143)
四、2.4 kW 电热器控制电 路	(143)
五、1.2 kW 加热器的 700W 零压控制电路	(144)
六、电烙铁调温电路	(145)

七、 用集成过零触发双向可控硅的温控电路	(146)
八、 采用热敏可控硅的温控电路	(147)
九、 采用 MCIZ 的时间比例温控电路	(149)
十、 三相电炉温控电路	(150)
十一、 比例温控电路	(152)
十二、 用 PID 调节的温控电路	(152)
十三、 位式调节温控电路	(154)
十四、 用 KC-05 集成电路的温控电路	(155)
十五、 热惯性误差小的调温电路	(157)
十六、 由定时器 555 构成的温控电路	(159)
十七、 温度开关电路	(160)
十八、 可控硅零压触发调功器	(161)
十九、 用热电偶检测的温控电路	(164)
二十、 锯齿波比例控制电路	(166)
二十一、 大斜波比例控制电路	(167)
第九章 时控电路	(169)
一、 由 SCR 检测的定时器电路	(169)
二、 秒级到小时级的定时电路	(170)
三、 三级顺序定时器电路	(170)
四、 搅拌机定时控制电路	(171)
五、 误动作少的 PUT 振荡电路	(172)
六、 无触点定时器电路	(173)
七、 禁止再次接通的定时器电路	(174)
八、 采用 PUT 的定时器电路	(175)
九、 高效能的时间继电器	(176)
十、 双向无触点时间继电器	(178)
第十章 开关电路	(180)
一、 三相零压开关电路	(180)
二、 零点开关电路	(181)

三、理想半波开关电路	(181)
四、使用双向可控硅的通断开关电路	(182)
五、采用光电耦合器的交流开关电路	(183)
六、感性负载零压开关电路	(184)
七、一种改进的固态继电器电路	(185)
八、无触点接近开关电路	(187)
九、用几个元件构成的简单固态继电器电路	(189)
十、采用光电耦合器的交流固态继电器	(190)
十一、数字式无触点继电器	(191)
十二、简单的零压开关电路	(193)
十三、备用电源开关电路	(194)
第十一章 逆变电路	(196)
一、采用 25kHz、SCR 逆变器的弧焊机电路	(196)
二、2kW、7kHz 感应加热器逆变电路	(198)
三、使用双向可控硅的消弧电路	(200)
四、高频感应加热器(电磁烹调器)电路	(200)
五、“RACER”型同步火花点火器	(201)
六、CDI 点火电路	(203)
七、同步火花点火器	(204)
八、内燃机点火电路	(205)
九、气体点火电路	(206)
十、从低压直流电获得高压脉冲的电路	(207)
十一、三相中点控制频率转换电路	(208)
十二、新颖的 DC-DC 逆变器电路	(209)
第十二章 电源电路	(210)
一、带有反接显示的电池充电电路	(210)
二、电压和速度可控制的充电电路	(211)
三、无极性的电池充电电路	(211)
四、两个铅酸电池串联充电电路	(212)

五、 快速高效充电机	(214)
六、 用于点焊机的稳压充电电路	(216)
七、 简易式定电压控制电路	(217)
八、 交流稳压电路	(218)
九、 数字式交流稳压电路	(219)
十、 可控硅零触发交流稳压器	(224)
十一、 高性能交流稳压电路	(225)
十二、 高稳定度的交流稳压电路	(226)
十三、 正反馈能量控制型自激变换器稳压电路 ..	(227)
十四、 简易式双路可变直流电源	(228)
十五、 用可控硅作调整管的稳压电源	(229)
十六、 降低调整管功耗的串联稳压电源	(230)
十七、 改进的可调式稳压电源	(233)
十八、 混合型开关稳压电源	(234)
十九、 调频式直流高压稳压电源	(235)
二十、 佳丽彩牌彩色电视机电源电路	(237)
二十一、 大容量直流稳压电源	(239)
二十二、 中容量稳压电源的预稳电路	(241)
二十三、 自控整流调压电源	(242)
二十四、 一种软起动的直流电源	(243)
二十五、 可控硅电镀电源	(245)
二十六、 效率高的线性可调直流电源	(248)
第十三章 检测电路	(250)
一、 可控硅控制极电流电压测试仪	(250)
二、 检测线电压单周变化指示器	(254)
三、 测量生物电流的电路	(255)
四、 用比较器检测过电压的电路	(258)
五、 用CMOS斯密特触发器来检测过电压	(259)
六、 临近探测器	(261)

七、 水位检测电路	(261)
八、 液位保持电路	(262)
九、 用光敏管指示运动物体的方向	(263)
十、 检测漏电的简易电路	(264)
十一、 检测和显示超出一定极限偏差电压的 监 控 器	(266)
十二、 多点照像测斜仪电路	(267)
十三、 用干簧管检测过电流的电路	(269)
第十四章 家用电器电路	(272)
一、 闪光灯电路	(272)
二、 用两只可控硅构成双稳态的闪光电路	(273)
三、 洗衣机控制电路	(274)
四、 洗衣机无级变速电路	(275)
五、 家用照明自动开关电路	(277)
六、 家用照明声控开关电路	(278)
七、 渐亮渐暗电灯开关电路	(279)
八、 拨盘式数字门锁	(280)
九、 密码电子门锁	(281)
十、 限时密码电子门锁	(282)
十一、 万种组合的电子门锁	(282)
十二、 电子灭蝇器电路	(284)
十三、 电熨斗自动恒温电路	(285)
十四、 光电式自动开灯、关灯电路	(286)
十五、 带颤音的单音阶电子琴	(287)
十六、 发出鸟鸣声音的电路	(289)
十七、 采用PUT的单音阶电子琴	(290)
十八、 程序控制节日灯	(291)
十九、 数字式彩灯电路	(292)
二十、 声控灯电路	(294)

第十五章 保护电路	(296)
一、 直流过压、欠压、过流保护电路	(296)
二、 交流过压、过流保护电路.....	(297)
三、 稳定的过欠压监示器	(299)
四、 稳压电源的简单过压保护电路	(300)
五、 过电流保护电路	(300)
六、 大电流电源的保护电路	(301)
七、 限流保护电路	(302)
八、 电源短路保护电路	(303)
九、 由比较器和 SCR 构成的保护电路.....	(303)
十、 采用 PUT 作直流电源保护的电路	(304)
十一、 适应于任何交流电源的过压保护电路	(305)
十二、 能精确调整电源消弧的电路	(306)
十三、 交流电动机的过热保护电路	(309)
十四、 交流电动机的过电流保护电路	(309)
十五、 欠压报警电路	(310)
十六、 采用热敏可控硅的温度报警电路	(311)
十七、 不受环境温度影响的热警电路	(312)
十八、 接触报警电路	(312)
十九、 延时报警电路	(313)
二十、 无虚报警电路	(314)
第十六章 脉冲发生器	(315)
一、 用单只可控硅构成的脉冲发生器	(315)
二、 用两只可控硅组成的脉冲发生器	(316)
三、 缓慢脉冲发生器	(316)
四、 雷达脉冲发生器	(318)
五、 斜波发生器	(318)
第十七章 用数字集成电路和光电耦合器触发SCR电路	(320)

一、	用数字集成电路触发高灵敏度可控硅电路 …	(320)
二、	从数字时钟/定时器到交流控制的接口电路…	(321)
三、	CMOS和双向可控硅的接口电路——AC控制	(322)
四、	CMOS和可控硅的接口电路——DC控制……	(323)
五、	光耦合器与可控硅的接口电路 ……………	(323)
第十八章	一般控制电路 ……………	(327)
一、	可控硅触发器 ……………	(327)
二、	数码管驱动器 ……………	(328)
三、	采用 SCR 作开关元件的步进器……………	(328)
四、	采用 SCR 的环形计数器……………	(330)
五、	自动相位控制电路 ……………	(331)
六、	采用 MCIP 的相位控制电路 ……………	(332)
七、	相序指示器 ……………	(333)
八、	间歇式引路灯电路 ……………	(334)
九、	同时适应 110V 和 220V 的电源电路……………	(335)
十、	消除开关瞬态效应的控制电路 ……………	(336)
十一、	单稳多谐振荡式点焊机 ……………	(337)
十二、	计数式点焊机 ……………	(338)
十三、	由 CMOS 构成时间调节器的点焊机 ……………	(339)
十四、	汽车前灯催关器 ……………	(343)
十五、	有数据输入才能打开电传打字机的电路 …	(344)
十六、	用斯密特触发电路控制可控硅的导通角 …	(345)
第十九章	用微处理器控制的电路 ……………	(347)
一、	用微机进行交流控制的固态继电器 ……………	(347)
二、	一种带微处理器的交流电动机节电器 ……………	(348)
三、	用 Z80 微机控制可控硅触发信号 ……………	(350)
四、	用 TMC-80 微机控制可控硅……………	(352)
五、	微机控制三相有源逆变器 ……………	(354)
六、	用 8022 单片机控制异步电动机……………	(356)

附录 部分国外可控硅型号及参数表	(360)
附表1 部分国外高灵敏度可控硅型号及参数表 ...	(361)
附表2 部分国外普通可控硅型号及参数表	(363)
附表3 部分国外双向可控硅型号及参数表	(374)

第一章 普通可控硅^①

一、概 述

可控硅简称 SCR, 即 Silicon Controlled Rectifier 的缩写, 但是称之为晶闸管 (Thyristor) 或许更确切一些, 由于国内翻译成可控硅较早, SCR 已为多数人所熟悉, 所以本书还是使用这一名词。国外目前把 SCR 指普通可控硅, 而对名目繁多的这类器件统称为 Thyristor。

可控硅是一种四层三端半导体器件, 过去都是大功率器件, 近年来国内外已生产额定电流为几百 mA 的小管子。可控硅既具有整流作用, 又可作为开关来使用。它可以用 mA 甚至 μA 级的电流、几 V 甚至数百 mV 的电压控制几百乃至几 kA 的电流、几百乃至几 kV 的电压, 而且它体积小、重量轻, 今天, 它完全取代了真空闸流管, 在交流调压、可控整流、逆变、变频、开关及自动控制等方面获得非常广泛的应用。现在业已形成横跨电力、电子和控制之间的边缘学科——电力电子技术。

可控硅就其外形结构来分有平板水冷式、平板风冷式、螺栓式和塑封式, 如图 1-1 所示。

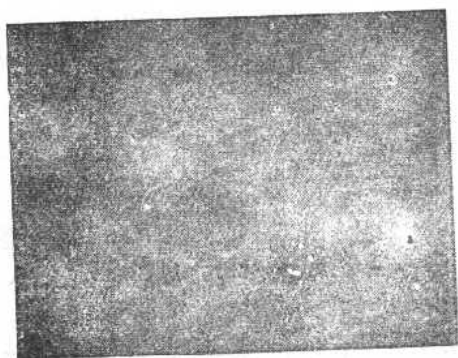
零点几 A 至十几 A 为塑封式, 5~400A 为螺栓式, 200~500A 为平板风冷式 (200A、400A 的既有平板的, 又有螺栓的), 500A 及以上的为平板水冷式。

普通可控硅的符号如图 1-2 所示。

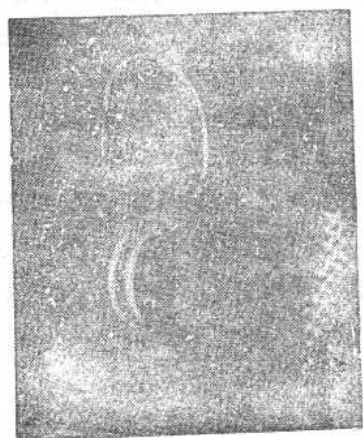
^① 普通可控, 即反向阻断型可控硅, 凡未加说明的, 都是指这种可控硅; 若是其他可控硅, 则冠以一定的定语, 如“双向”可控硅, “快速”可控硅, ……以示区别。



a)



b)



c)