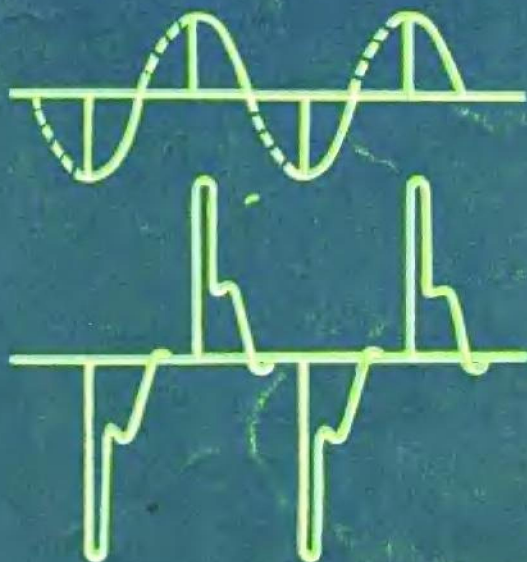


〔日〕桥本 健 著

可控硅整流器 应用技巧



上海科学技术文献出版社

可控硅整流器应用技巧

[日] 桥本 健 著

应诗文 译 梁 华 校

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行

上海市印刷十二厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 6.75 字数 163,000

1986年5月第1版 1986年5月第1次印刷

印数: 1—6,200

书号: 15192·428 定价: 1.25元

《科技新书目》110—238

内 容 提 要

本书是一本深入浅出、实用性强的通俗技术读物。

本书讲述了可控硅整流器的种类、结构、工作原理、性能参数、选用方法、电路设计要点与使用注意事项,并列举了大量在家用电器方面调光、显示、控制等实际应用电路。可供电路设计人员及广大业余电子爱好者阅读,也可供中专技校师生及有关家用电器行业人员参考。

译校说明

可控硅整流器以其小巧轻便、控制功率大(小功率的可控制数瓦,大功率的可控制数千瓦)、可控性好、适用范围广、效率高等突出优点,广泛应用于各工业、民用电器部门。正因为如此,国外除了有一般的可控硅整流器之外,又有许多新型可控硅器件不断涌现出来。它们各具特点,应用于不同的场合。

本书作者不仅重视成功的经验,尤其重视自己曾经亲自经历过的失败的教训。以他长期从事设计可控硅整流器实用电路的经验,在总结正反两个方面经验的基础上编写成本书。书中还介绍了作者本人以及日本一些公司应用可控硅整流器取得专利的电路。

我国生产的可控硅整流器,品种也不断增多,应用也日益广泛。可控硅整流器除了工业应用以外,随着人民生活水平的提高,家用电器不断发展,在调光、显示、控制等各个方面可开拓出许多新的应用领域。

可控硅整流器(简称可控硅)及其派生器件,已由国家定名其总称为半导体闸流管(Thyristor, サイリスタ),或称晶闸管。一般所说的可控硅整流器(SCR)实际上是指反向阻断型晶闸管,它是晶闸管中最早、最主要、应用最广的一种器件。原书中对可控硅整流器(SCR)和晶闸管(サイリスタ)两词往往混用,一般未作明确区别,所以除了个别特殊情况加以区分外,本文根据习惯通译成可控硅整流器。

在翻译过程中,对原著中的某些错误作了改正。由于水平有限,不足之处,恳请读者批评指正。

一九八五年二月

前 言

晶体管的出现已有三十年,可控硅整流器的出现也已有二十年了。

其间,晶体管迅速向集成电路发展,用分立晶体管组成电路的情况已逐渐减少,现在已经可以用运算放大器、主放大器或数字集成电路组成所需要的电路,不必再为使用分立的晶体管而费心了。

但是,可控硅整流器是控制大功率的,所以不能在小小的芯片上做成再容纳许多元件的集成电路。充其量将触发电路组装在一起的也只有一些小容量可控硅整流器。因此,即使将来不再出版晶体管使用方法之类的书籍,看来可控硅整流器使用方法方面的书籍也还是需要的。

七年前,笔者曾通过日本广播出版协会出版了拙作《可控硅整流器及其应用》(サイリスタとその应用)一书,时过七年,其中大部分技术也有了进步。可控硅整流器刚开始出现时,当然还没有可控硅整流器使用方法方面的书籍,所以,只是在尚未充分理解的情况下,边实验边制作了一个装置。在制成一个装置时,其中包含了几次、几十次的失败与努力。笔者也曾损坏过很多可控硅整流器。

世界上有“这样做会成功”的书,“这样做会失败”的书却不多。

笔者在一次成功之中所包含的甚至是几十次的失败,对于接触这一新器件的人来说是否能起到一些作用呢?

因此,本书与其说重视成功的事例,不如说重视失败的事例,因而以初学者容易引起的失败和故障为重点,不是从表面现象,而是从其本质来说明可控硅整流器的应用技巧。如果能对需要应用可控硅整流器的读者有所帮助,将使笔者感到荣幸。

桥本 健

目 录

第一章 误用可控硅整流器的教训

- 1.1 调光荧光灯只亮一夜就坏了1
- 1.2 枝形吊灯的灯光明暗闪烁怎么办2
- 1.3 消除巨型显示屏上的光斑3

第二章 可控硅整流器基本知识

- 2.1 可控硅整流器的主要功用13
 - (1) 可控硅整流器与晶体管14
 - (2) 电子开关15
 - (3) 调光17
 - (4) 可控硅整流器的应用18
- 2.2 可控硅整流器的工作原理20
 - (1) 可控硅整流器的结构和工作原理20
 - (2) 各种导通方法22
- 2.3 特殊可控硅整流器23
 - (1) 硅对称开关23
 - (2) 双向可控硅26
 - (3) 双向二极管28
 - (4) 控制极可关断可控硅29
 - (5) 光控可控硅35
 - (6) 硅双向开关36
 - (7) 可调单结晶体管38

第三章 可控硅整流器的参数及其选择方法要点

- 3.1 必须了解各项参数的意义45
 - (1) 最大电流45
 - (2) 电压参数47

(3) 其他的电流参数	48
(4) 有关控制极的参数	50
(5) 动态特性	52
(6) 温度参数	56
(7) 机械方面参数	58
3.2 可控硅整流器的选用方法	58
(1) 产生浪涌电压的原因	60
(2) 浪涌电压的抑制	61
(3) 可控硅整流器的耐压	62
(4) 电流参数的选择方法	63
(5) 并联接法	64
(6) 判别可控硅整流器好坏的方法	67
第四章 实际控制极电路及其设计要点	
4.1 控制极特性	70
(1) 触发信号电压及其内阻	72
(2) 触发脉冲信号的宽度与前沿	73
(3) 阳极反向偏置时的控制极直流驱动	74
(4) 控制极反向偏置	74
4.2 各种实际的控制极电路	74
(1) 控制相位用的控制极电路	74
(2) 单结晶体管脉冲电路的工作原理	78
(3) 大功率可控硅整流器的触发电路	81
4.3 可控硅整流器电路设计要点	84
(1) 关于 dV/dt	84
(2) 关于 di/dt	86
(3) 反向恢复电压和反向恢复电流	87
(4) 有关关断时间方面的问题	88
(5) 要注意漏电流	89
(6) 延迟时间 t_d 和上升时间 t_r	90
(7) 控制极电流的拖尾	91
(8) 掣住电流和维持电流	92

第五章 可控硅整流器的实际应用电路

5.1 白炽灯的调光	97
(1) 双向可控硅的调光电路	97
(2) 使用可控硅整流器的交流控制电路	100
(3) 利用光电耦合器的自动调整器	102
(4) 彩色音乐	104
(5) 白炽灯调光电路的制作技巧	107
5.2 荧光灯和霓虹管的调光	110
(1) 荧光灯的调光	110
(2) 霓虹管的调光	117
(3) 控制亮度顺序的可控硅自动控制器	124
(4) 控制色调顺序的调色电路	129
(5) 光学滚筒	133
5.3 电光显示装置的制作技巧	136
(1) 固定文字的显示	138
(2) 磁芯矩阵电路方式	145
(3) 移位寄存器方式	146
(4) 电视扫描方式	148
(5) 行扫描与可控硅整流器的控制极脉冲宽度	150
(6) 可产生中间色调的巨型电视屏	151
5.4 电动机的速度控制	158
(1) 有关可控硅整流器调速的注意事项	159
(2) 感应电动机的速度控制	159
(3) 整流子串激电动机的速度控制	167
5.5 零伏开关	170
(1) 电热毯的零伏开关	172
(2) 控制加热器用的双向可控硅零伏开关	173
(3) 集成化的零伏开关	173
5.6 可调单晶体管的用法	176
(1) 振荡电路	176
(2) 定时器	178

(3) 电饭锅附加器	178
(4) 尿湿报警器	181
5.7 光敏可控硅耦合器及其使用方法	183
第六章 其他的各种应用电路	
6.1 闪光器	188
(1) 双稳态多谐振荡电路	188
(2) N进环形计数器	191
(3) 用可控硅整流器制成的闪光器	192
6.2 闪光放电管闪光灯	195
6.3 漏电断路器	197
6.4 煤气点火电路	198
6.5 电子炉的调节电路	199
6.6 用双向可控硅的三相交流功率控制电路	200

第一章 误用可控硅整流器的教训

1.1 调光荧光灯只亮一夜就坏了

荧光灯这种灯具真是奇妙，日本东京新宿西口地下街曾装过会逐渐改变颜色的荧光照明灯。这项会逐渐改变颜色并命名为“曙光女神”的照明设施，虽然设计者曾引以为自豪，但是，其结果却是悲惨的。

在刚开灯时，其颜色会红、黄、绿、青、蓝、紫、红慢慢变化，非常好看。但是，一夜之间就动弹不了啦！仔细检查后，全部约 30 个左右的荧光灯中，有二、三个点不亮，再仔细观察这二、三个点不亮的荧光灯，其两端已经发黑！

荧光灯应该有几千到一万小时的寿命，但是，只亮 24 小时就不能使用了！

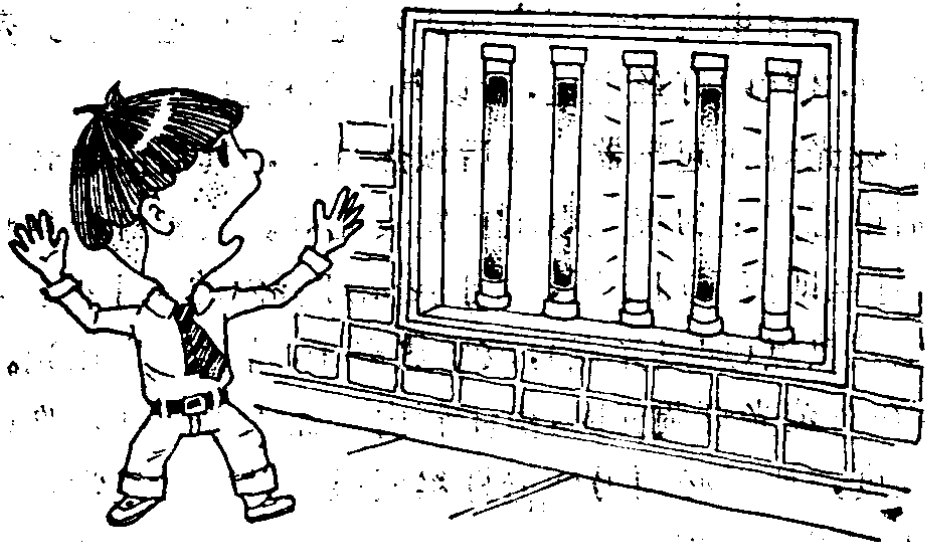


图 1.1 寿命一万小时的荧光灯，怎么只亮一夜就坏了

由于寿命只有 24 小时,就使人陷入每天要更换这些坏荧光灯的困境。荧光灯调光时,用灯丝变压器不断地加热灯丝,而且,荧光灯是用调光的波形工作的,所以如图 1.2 所示,由可控硅整流器产生的快速上升波形经微分形成脉冲,再用变压器形成高压后加到荧光灯上,使荧光灯容易起辉。

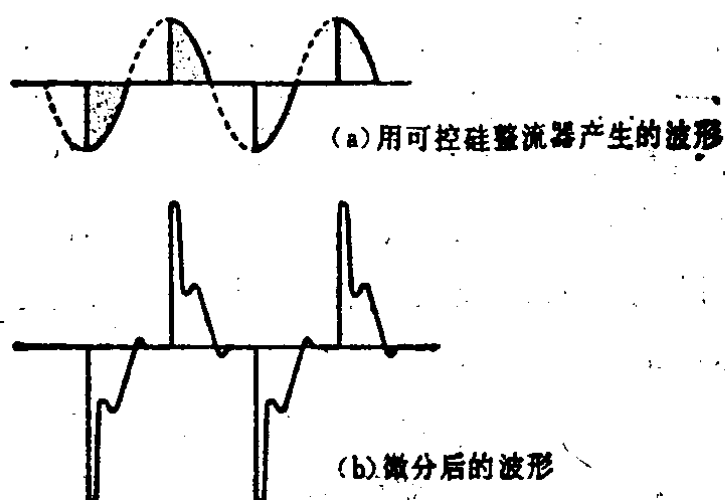


图 1.2 改善荧光灯触发状态的触发脉冲

荧光灯损坏的原因是,实验时所使用的荧光灯与实际施工时所用的不同,灯丝电压不适当。

荧光灯有两种,即通常的氩泡起辉器式荧光灯和用变压器在灯丝上经常通有电流的快速启动式荧光灯。快速启动式荧光灯因加有约 4.2 伏的灯丝电压,所以其灯丝较粗。

通常的荧光灯在起辉器短路后预热灯丝,其后由起辉器断开时镇流器电感产生的跳变电压触发荧光灯。荧光灯一旦触发起辉后,其灯丝即使不加电压,由于荧光灯管内的离子冲击,灯丝也会产生发热点(加热光点),放出热电子,持续产生弧光。

但是,在对荧光灯调光时,由于管内电流大大下降,难以维持其发热温度,所以必须另外用灯丝变压器对灯丝经常通电加热,使其放射热电子。如果灯丝加热不足,高速离子直接冲击灯丝会使涂在灯丝表面的氧化物飞溅到管壁,灯丝两端就很快发黑。

因此，所加灯丝电压比额定值低时反而要比高时情况更坏。

本来，对于不是快速启动型的普通荧光灯，用灯丝变压器点灯并调光的方法不是常规的法，所以荧光灯生产厂也不规定应该加几伏，也无法决定灯丝适用的电压是几伏，或者不同生产厂不同批号的灯丝适用的电压参差不一，使用者也无可指责。因此，作为使用者来说，必须对每一批荧光灯加上灯丝电压并逐一改变，看加上几伏电压最为适当。这可以从荧光灯两端未涂荧

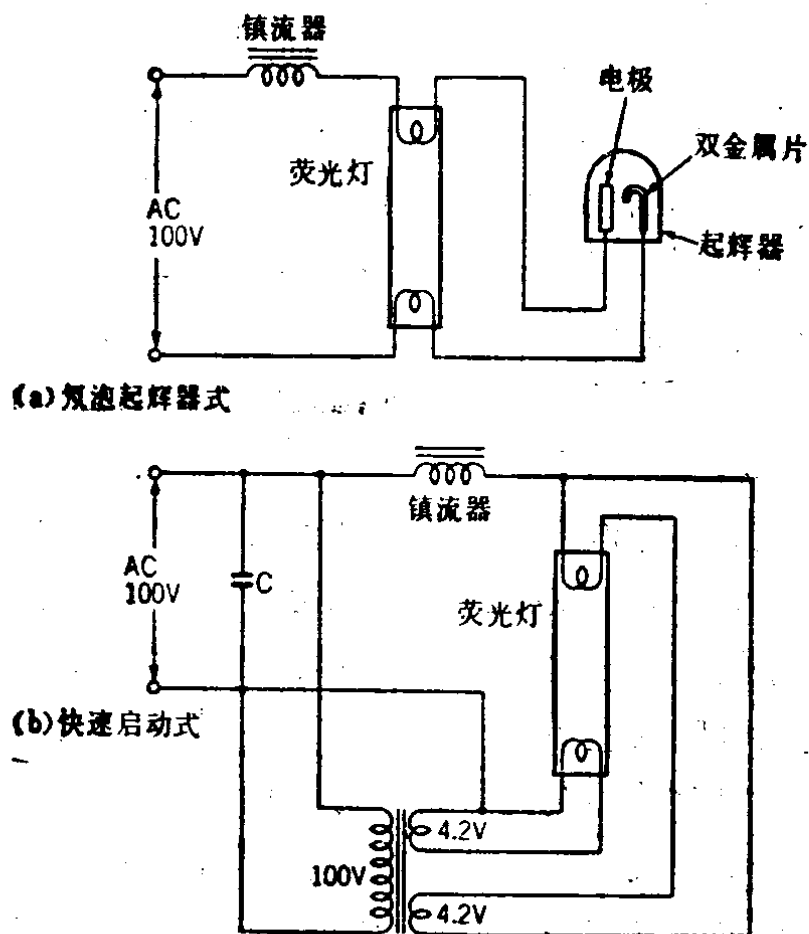


图 1.3 荧光灯的点亮方式

光涂料的地方进行观察，如果灯丝为淡红色时，则灯丝电压大体是适当了。但是，也有涂满荧光涂料而没有透明部分的荧光灯，就有点束手无策了。

无论从哪方面来说,使用快速启动型荧光灯的灯丝较粗,似乎更适宜用于调光或闪光。

即使灯丝电压适当,如果荧光灯的管座接触不良,灯丝得不到适当的电压,一夜过后,灯管仍可能发黑。

在使用一般的氙泡起辉器时,管座即使有些接触不良,由于100伏~200伏的高电压与镇流器、荧光灯的灯丝和起辉器相串联,所以完全可以使用。但在使用6伏左右的低电压点亮灯丝时,管座的接触电阻就有很大的影响了。当管座接触不良时,这里会产生1伏左右的电压降,这对于通常起辉器在启动时,100伏的电源电压与镇流器、起辉器的短路点、荧光灯的灯丝电阻、管座接线电阻相串联,其中大部分电压由镇流器承担,1伏左右的压降几乎不成问题,但是在用6伏左右的低电压连续加热灯丝时,1伏的压降竟占20%之多,灯丝电压已低于适用值,无怪乎要降低荧光灯的寿命。因此,在荧光灯用于调光或闪光等连续加热灯丝的情况下,必须使用比通常使用的管座接触更好的上品管座。

在使用氙泡起辉器的荧光灯进行调光时,其灯丝电压约在6~8伏之间,必须经试验后决定该荧光灯的最佳电压。在可以直接看到灯丝时,灯丝为淡红色即可,如果无法看到灯丝,则电压高些比电压低些更安全。

使用快速启动型荧光灯时,灯丝电压约为4.2~5伏即可,这种方式适宜于长时间点灯的场所。但是,快速启动型荧光灯的内壁涂有透明导电膜,即在灯管内作了导电性处理,这与将导电涂料涂在外部并对其加以脉冲的方法不同,不能作为闪光使用,这点必须清楚。笔者在这一点上也曾有过失败的教训,有一次为M电机公司特制快速启动型的彩色荧光灯,做成内部涂层形式,全部不能使用,只好重做。

1.2 枝形吊灯的灯光明暗闪烁怎么办

位于东京西银座有名的超级大饭店开张营业已是10多年以前的事了。

该超级大饭店菜价高昂,非一般居民涉足之地。其高级饭店的气氛极浓,照明采用可控硅调光器控制的白炽灯。但是,正当要用该调光器为形成照明气氛而使灯光暗下来时,却不断地产生灯光忽明忽暗的故障。虽说可控硅调光器在调光时电流是断续的,但因其频率为100赫,眼睛不应有时亮时暗的感觉。可是,在调光时或在傍晚6时左右灯光乱闪,其闪烁频率在10赫左右。

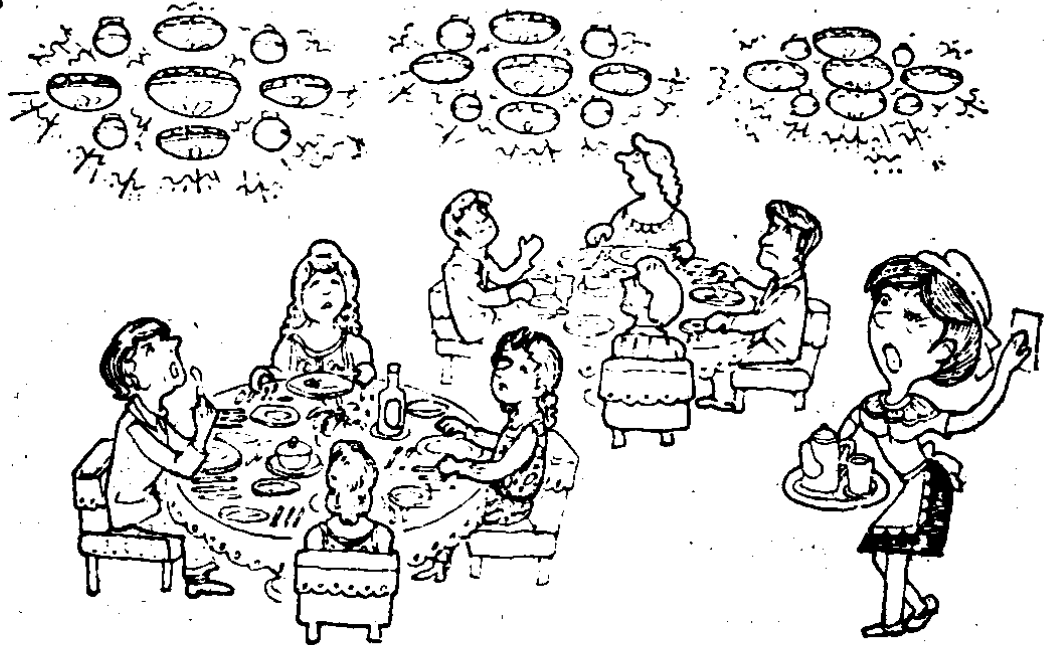


图 1.4 灯光不断闪烁,破坏了照明气氛

为了使超级大饭店室内光线柔和,也有使用蜡烛照明的。虽然蜡烛火焰的摇晃不太舒服,却增加了气氛。但是,室内电灯都按同一周期忽明忽暗时,极其有损气氛,并会带来不愉快的感觉。

如果观察此时电源电压的波形,如图1.5(a)所示,电压峰值变化不大,但其波形在左右摆动。因此,用电压表测量时几乎

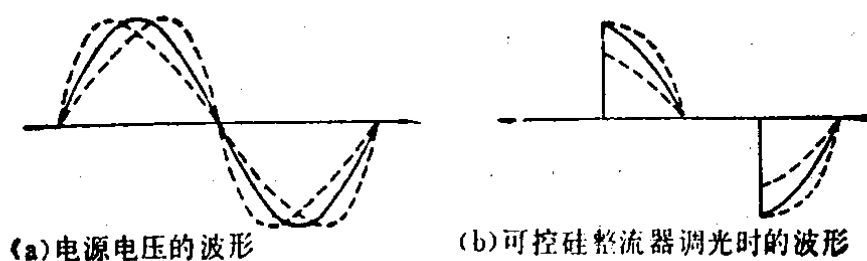


图 1.5 电压波形

看不到有什么变化,不调光时电灯亮度并不闪烁。

但是,如果用可控硅整流器调光,由于上下半波的前半部分被切去,只有后半部分波形,所以,如图1.5(b)所示,这时的有效电压大幅度变化,电压值也在变动,白炽灯的亮度就闪烁了。显然,可控硅调光器把电源波形的摆动变成为电源电压幅度的变动,起到了助长和增强闪烁的作用,这在没有可控硅调光器的时候是不会注意到的。

近年来,在工厂中如果使用有大型电动机的可逆轧钢机和电弧炉,将大幅度地影响电源的无功功率,其电源电压波形也会同上述情况一样,可以说,这是影响工厂电源的一种公害。

怎样才能防止这种现象呢?方法之一就是不用可控硅调光器,而用滑线电阻调压器这种流过完整波形的调光器。如果用滑线电阻调压器,就不会扩大和助长波形左右变动变为电压变化的作用。但是,既然好不容易有了可控硅调光装置,为什么又要用滑线电阻调压器来逆时代而行呢?而且滑线电阻调压器又大又重,也不节省材料。

难道就不能设法仍采用原来的可控硅调光方式而使灯光不闪烁吗?因此,试制了一个自动稳定电路,将通过可控硅整流调

光器供电的白炽灯灯光照射 CdS (硫化镉) 光导管, 并将 CdS 的电阻变化反馈到调光装置, 这样一来效果很好。其电路如图 1.6 所示。该调光电路用可变电阻器改变直流电压, 按不同的直流电压改变触发电路内的触发相位来进行调光。在直流电源与触发电路之间新增加了一个如图 1.6 虚线所示的电路。控制触发

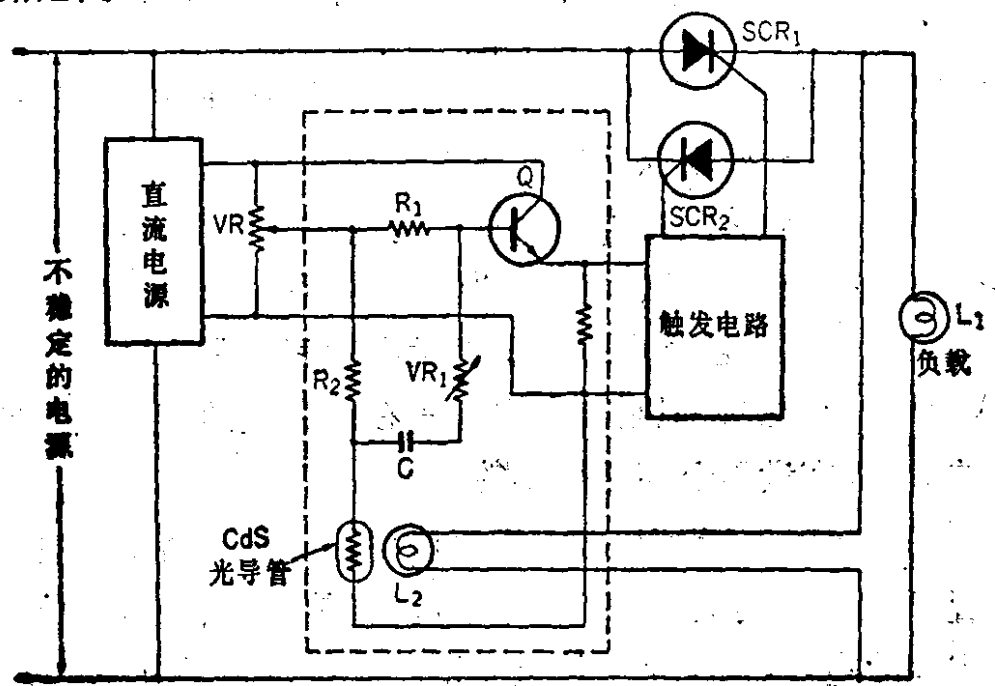


图 1.6 改进后的调光电路

相位的电压由调整亮度的电位器 VR 选定, 通过 R_1 及由晶体管 Q 组成的射极跟随器加到触发电路。

在射极跟随器的晶体管 Q 上, 除了直流电压外, 还加有补偿闪烁的交流成分。用带闪烁成分电源供电的白炽灯 L_2 对准 CdS 光导管, 灯 L_2 越亮, CdS 的电阻越小, L_2 暗时则 CdS 的电阻增大。由于 CdS 与电阻 R_2 串联后与直流电源相接, 所以 R_2 与 CdS 连接点的电压随着灯光的明暗下降或上升。这一电压变化通过电容器 C 和灵敏度调整用的电位器 VR_1 加到射极跟随器晶体管 Q 的基极上, 因而把电源电压的变化改变成白炽灯亮度和 CdS 电阻的变化, 再使触发电路的控制电压向补偿电源电压

变动的方向变化,所以,只要增加一个这样的简单电路就可以几乎完全消除灯光的闪烁。由于灵敏度调整电阻太小时灵敏度提高,会自激振荡,所以应将其调在适当的位置。

1.3 消除巨型显示屏上的光斑

1970年,笔者所在的公司首次为日本K棒球场制作记分牌电光显示装置,开始用汉字电光显示棒球的得分、运动员和裁判员的姓名等,以后又制作了以电灯点亮或熄灭的形式,用电视信号控制显示的鼓动图案、商业广告、活动图象等巨型电视屏幕。这一世界上最早的巨型电视屏虽然没有中间色调,只有灯亮与灯灭两种显示形式,但是用电视信号在超大型的显示屏上显示图象的装置,在世界上还是最早的。

但是,当时由于是初次大量使用可控硅整流器制作电光显示装置,所以遇到了不少困难。困难之一是,虽然未送信号,不应该点亮的电灯,却一个个地点亮了。应该是全黑的大显示屏,在夜间却零零星星地点起了盏盏电灯,就象星星一样,我们都称它为“巨人身上的星星”。“消灭巨人身上的星星!”这就是我们当时的口号。其原理可参见第5章电光显示装置的制作技巧一节,无论如何要消除约8000个电灯组成的巨型显示屏上的光斑。

这些电灯在白天是流过全电流点亮的,但是在晚上流过这样大的电流的电灯却太亮了,会使站在击球位置上的击球手感到耀眼,使其看不清投球手投过来的球。为此,控制电源部分的可控硅整流器,对所有的电灯进行调光。可是到晚上当控制这个电源部分的可控硅整流器对所有电灯进行调光时,巨型显示屏上就出现了零零落落的光斑。

为什么呢?最初认为是不是可控硅整流器陡削上升的波形