

大功率硅可控整流元件及其应用
(译文集)
下集

大功率硅可控整流元件 及其应用

(译文集)

下 集

科学出版社

73.264
109
212

大功率硅可控整流元件
及其应用
(译文集)
下集

科学出版社

1972

内 容 简 介

这本译文集是根据1969年在伦敦召开的“大功率硅可控整流元件及其应用”的会议论文集,结合我国社会主义建设的需要编译的。共分上下两集出版(上集为元件部分共18篇,下集为应用部分共38篇)。上集介绍了4000伏硅可控整流元件的设计,提高电压可达7000伏的双正斜角结构和工艺,以及元件的化学液冷方式等。下集介绍了控制触发的现代技术,硅可控整流器在下列几方面的应用:高频感应加热,电解,开关及各种电源;铁道电机车的运行控制,直流脉冲调速;高压直流输电,交流电机的励磁、调频、调速,遥控中应用硅可控装置改变动力系统波形等方面。

这本译文集可供从事硅可控技术工作的广大工人和科技人员参考。

大功率硅可控整流元件及其应用

(译 文 集)

下 集

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1972年5月第一版

1972年5月第一次印刷

定 价: 0.80 元

前 言

我国自文化大革命以来,特别是“九大”以后,工人阶级和革命群众高举“九大”团结胜利的旗帜,遵照伟大领袖毛主席关于“抓革命、促生产”的方针,开展了革命大批判,以革命带动生产,大搞群众运动,使生产和科研等各条战线均取得很大成绩。

硅可控整流技术,近十年来发展很快。这种元件具有快速、灵敏、体积小、节电等优点,因此在许多行业的自控系统上已被广泛采用。

根据伟大领袖毛主席要“洋为中用”的伟大教导,我们根据1969年在伦敦召开的关于“大功率硅可控整流元件及其应用”的会议论文集编译了这本译文集,分上下两集出版(上集为元件部分共18篇,下集为应用部分共38篇),作为我国从事硅可控技术的广大工人、技术人员在工作中的参考。

这本译文集介绍了元、器件方面的发展趋势为高电压大电流,主要在于改进控制极结构,改变管芯的几何形状以提高元件的正(或反)向阻断电压、额定电流和提高P-N结温升。在提高元件的容量方面,提出采用双面冷却和化学液冷却的方式。在非电动机的应用上强调了四个方面:控制保护与可靠性,交流开关,逆变器与直流开关,大电流的应用。在电动机的应用方面,论述了以可变电源经过硅可控整流装置供电给电动机,以达到调速的目的。此外还介绍了用于直流电机的硅可控变流器,用于直流牵引电机车的硅可控直流开关和用于交流电机的硅可控逆变器三种装置等。

30102

• i •

伟大领袖毛主席教导我们：“对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。”在编译过程中，我们对原论文集中，作者极力吹嘘本国垄断企业的“技术成就”，吹捧他们的厂商和商品，鼓吹金钱和利润挂帅，抹杀劳动人民的功绩等方面问题作了删节，但还可能存在其它缺点和错误，希望读者批评指正。

目 录

触发电路的现代技术	1
变流器的结构控制与可靠性	9
工业设备用硅可控电源	18
11,200 瓩开坯机硅可控整流器传动	24
轧机用大容量硅可控整流设备	30
用于轧机辊道电动机的 200 千伏安调频变换器的 运行经验	38
采用电容器换向的硅可控整流元件的工业变速传 动装置	45
直流电动机传动用的硅可控换流器	53
采用硅可控元件供电的直流起重机传动装置运行 经验	61
五马力以下的三相交流电动机的简单控制系统	70
小功率控制系统的设计及在直流电动机调速系统 中的经验	78
电力机车用的硅可控整流装置	86
用于直流牵引的硅可控直流斩波器和高压逆变器	95
牵引采用的高频斩波器	105
1500 伏直流铁道设备用的大功率直流斩波器的发 展及其运行经验	112
铁道用的直流斩波器	123
用周波选择或相角触发法控制 25 千伏 50 赫牵引 用硅可控装置	132
交流发电机硅可控整流器励磁	140

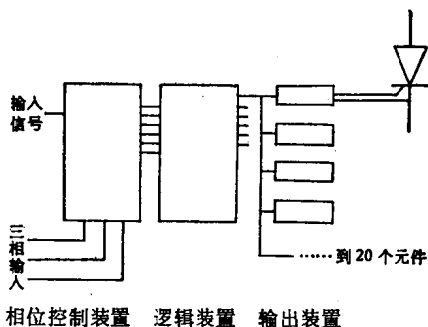
硅可控元件在交流发电机励磁中的应用	147
不断电的交流电源转换装置	154
带限流滤波器三相 250 千伏安不间断电源	162
输出正弦波形的硅可控交流调节器	171
10 万安硅可控变压器	181
桥式接线的交/直流变流器在换流故障后的快速恢 复	189
硅可控变流器在高压直流输电中的应用	195
硅可控阀在高压直流输电方面的发展	207
硅可控元件在直流高压输电中的应用 ——顺序触发	217
硅可控元件串联“链”的强制换向	224
高电压用的硅可控元件链	233
配电系统中采用硅可控元件“链”的发展前景	242
具有高开关可靠性和无限可调通断比的直流斩波 器	255
一种调谐电路的换向逆变器	264
适用于高频电源的改良式循环变频器	271
感应加热和熔炼用交流—交流变频器	279
20 兆瓦感应加热功率控制及保护用的硅可控交流 开关装置	287
采用硅可控元件的机械式带负载分接开关	296
硅可控接触器	305
电解用直流 200 伏 330 千安硅可控整流装置	321

触发电路的现代技术

本文所述控制系统,适用于自然换向的大功率变流器中,作为触发硅可控整流器组。

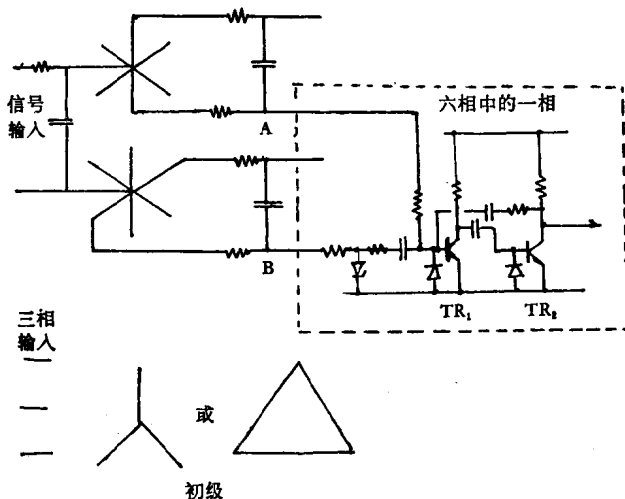
该系统中输入信号,经过小型运算放大器给出 6 组输出,每组输出适于触发大型硅可控整流器的控制极。当用于一般的三相大功率变流器时,输入信号(伏)和变换器输出电压之间为线性关系。

为简化起见,将系统分为以下三个部分:



相位控制装置

此装置用来产生一组间隔为 60° 的六个单独的时间脉冲,这些脉冲来自硅可控整流器的三相电源,改变输入控制信号可使这些脉冲的位置约在 180° 范围内移动。下面示出装置中一相的图形。

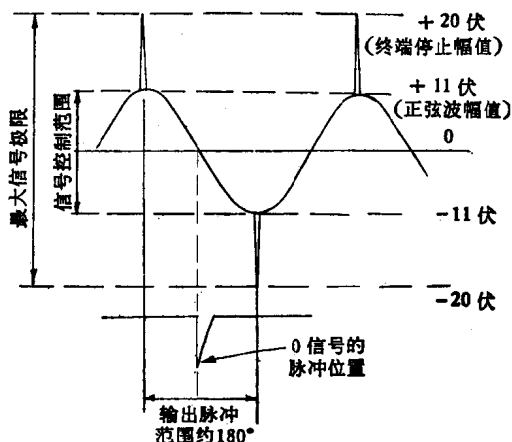


双星形电路经 A 点 (10—0—10 伏) 加到 TR₁ 基极的电位, 产生 30° 相位偏移, 能有效地减少三相电源接入装置而带来的噪音和谐波幅值。双星形电路加到 B 点的电位产生 60° 相位偏移, 结果在 A · B 点之间相位差为 90° 。B 点的波形经稳压管削波以产生矩形波, 经过微分, 产生正负电流尖峰波。这些尖峰波与来自 A 点的波形相符。

当此波形加到晶体管 TR₁ 的基极, 装置在零点上将接通和断开, 于是产生矩形波。TR₁ 的输出经过微分电容加到 TR₂ 的基极, 其输出为负的电压尖峰波, 作为下一步逻辑装置的信号。TR₂ 的集电极到 TR₁ 的基极加上弱的正反馈以改进转换时间。

将直流信号加到输入端即变压器的公用中性点上, 在 A 点加上偏压后, 结果整个偏压经过 A 点加到晶体管 TR₁ 基极, 因而改变零转换点的位置。改变输入信号, 相位控制装置的输出脉冲可在正弦波“终端停止”的尖峰波范围内移动, 其范

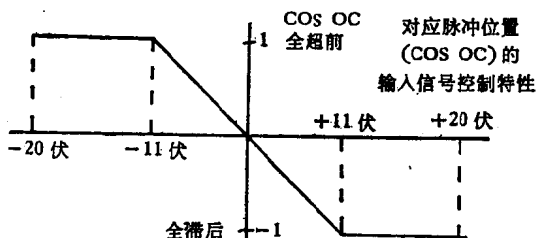
围约 180° 。



“终端停止”尖峰波用来提供合理的输入控制信号，以便当晶体管 TR_1 基极无零点时，也不致失去输出信号。

相位控制装置在控制范围的中心位置(控制信号 $= 90^\circ$)，其性能如下：

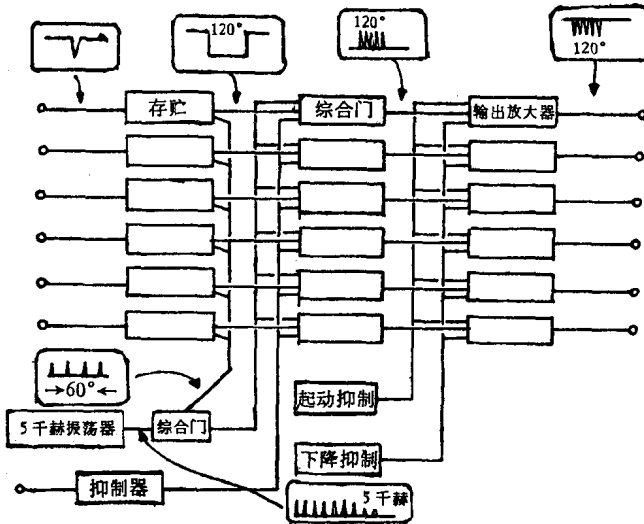
两相间一对脉冲的匹配(如这些脉冲相差 180°)大于 1° ，所有脉冲的匹配大于 4° 。控制范围根据三相电压输入的变化而定，但典型的为 ± 11 伏， -11 伏为全超前状态。



注：这种控制特性给出线性输入信号与变流器电压输出的关系，与三相电源变化无关，在相位控制装置未达到终端停止前保持不变。

邏 輯 装 置

此种装置的作用示于下图:



由相位控制装置产生间隔 60° 的脉冲作为输入信号。这些脉冲依次触发双稳存贮器使之闭合，经 120° 以后再打开。每个存贮器的输出为 120° 负脉冲，其他存贮器输出的脉冲经过微分及整流给出一个 10 微秒正脉冲。10 微秒脉冲与每个存贮器的脉冲加在一起构成一个 10 微秒的脉冲链，以取代彼此相差 60° 的脉冲。由于这些脉冲与存贮器的转换相一致，因此这些接到硅可控整流器控制极上的起始脉冲链称为“换向脉冲”。

“换向脉冲”加到 5 千赫振荡器的输出端。振荡器包括转换频率为 5 千赫的触发器，后面连接脉冲形成电路，给出频率为 5 千赫 10 微秒的正脉冲。

混合脉冲链在综合门相加,送到每个由存贮器产生的 120° 脉冲,以产生 120° 脉冲触发。每个脉冲触发由一个换向脉冲引导,换向脉冲用来防止最大可能达到190微秒(即 3.4°)的等候时间。在存贮器转换后,在输出端产生5千赫脉冲以前,没有换向脉冲将使变流器的触发生产生很大的不平衡。

由综合门送到输出放大器,再依次送到输出线,每个输出线可驱动20个硅可控整流器控制极的输出装置。

装在逻辑装置中的各种抑制系统有:

1. 输入抑制器: 作用于各个综合门,使全部脉冲闭锁,以防止控制极脉冲到达硅可控变换器。

2. 起动抑制器: 由逻辑装置内部电源和完全隔离的外部信号操作,提供1.5秒延迟。此延迟用来当硅可控整流器触发前,使相位控制装置、逻辑装置和变流器主电源于最初接通后稳定下来。接到延迟装置的隔离输入信号通常取自供电给变流器的交流主断路器的辅助接点。

3. 下降抑制器: 检测逻辑装置内部发生故障的电源,使输出放大器全部抑制,直到装置的内部电源不足以形成任何脉冲为止。这是为了防止逻辑装置在电源发生故障时失灵,以致反映到输出端。

使用逻辑电路中的起动和下降抑制器,允许全部触发系统或主变换器独立工作而不产生误触发。

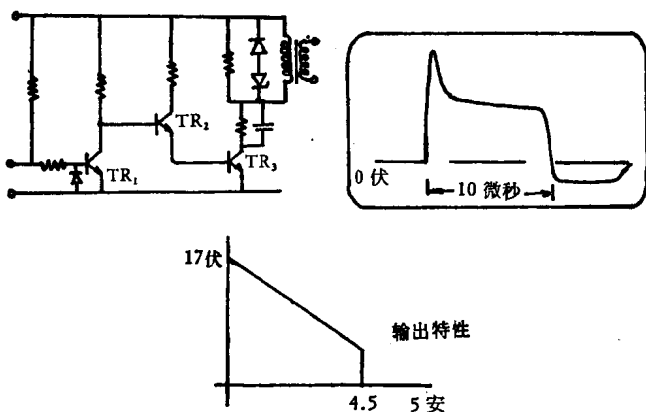
逻辑装置包括内部电源调节器,系从相位控制装置中接受低压带隔离的不平滑直流电源,以产生局部调节电源,还包括两个监控装置。这些监控装置是通过换向脉冲监控存贮器和6个输出端来检查相位控制装置的工作,基本上按脉冲计数工作。监控相位控制装置的脉冲和换向脉冲的装置包括单稳态触发器,作为脉冲延伸装置。在单稳装置的集电极负载上装有阅读计。其他监控装置读出三相二组(如1、3、5与2、

4、6) 逻辑装置的输出脉冲, 并包括一个在脉冲持续时接通的晶体管, 因此便控制了向大型阳极钽电容器充电的速度。其容量适于包括一个电阻和监控仪器时连续放电。

逻辑装置可与另外的逻辑装置和相位控制装置并联工作, 以便用于每相桥臂需要 12 只硅可控整流器间隔 30° 进行工作。设备允许一个逻辑装置上的一台 5 千赫振荡器和一个起动抑制电路在另一个逻辑装置上工作, 以防止由于变流器组间不相符的触发脉冲和不相等的起动抑制时间引起不相等的起动效果。

输出装置

输出装置接受由逻辑装置产生的信号, 并产生足够幅值的控制极脉冲来驱动单个大功率硅可控整流器 (典型为 250 安类型)。线路和脉冲特性示于下图:



当未形成脉冲时, 晶体管 TR_1 一般是接通的。来自逻辑电路的输入信号为 +24 伏, 使 TR_1 断开产生输出脉冲, 输入降为零伏。输入端的工作电平为 +4 伏。为了免除信号线上

的噪音产生不需要的控制极脉冲,特组成 20 伏的防止噪声电平。平常系统中输入线到正端的典型阻抗约为 500 欧。

TR_1 的集电极连到 TR_2 作为发射极跟随器,提供足够的电流到 TR_3 的基极。 TR_3 的集电极负载由脉冲变压器串联 RC 并联电路组成。起始充电电流通过电容器提供高电流前沿到控制极脉冲,而电阻规定其余脉冲的幅值。

在脉冲以后,变压器产生的复位电压,由接在变压器初级的阳极和稳压管限制,其负值低于硅可控整流器的规定数据。装在变压器初级的电阻确定输出装置。当无触发脉冲时,硅可控整流器控制极可看作交流阻抗。

脉冲变压器用铁氧体环形铁芯制成,初级线圈为 20 匝绝缘线连续绕制,次级线圈为 14 匝绝缘线,通过绕组保持匝间电容分布平衡。这种特点使得变压器适用于硅可控整流器电路中需要高 dv/dt 比的地方(在硅可控整流器发射极非短接时超过 200 伏/微秒)。绕组使用绝缘导线(p.v.c 绝缘多股绞线)连续绕制,变压器内部电离作用的起始和消失电平典型地超过 2.5 千伏,平常超过 2 千伏(用 20 千伏电弧试验而没有被击穿的变压器)。

输出脉冲特性示于图中:

1. 脉冲上升时间大于 200 微秒(典型的为 100 微秒);
2. 脉冲长度最短 10 微秒(最长 15 微秒);
3. 由触发装置到控制极典型的最低电阻为 4 欧, a) 脉冲前沿 = 2 安, b) 10 微秒后 = 0.1 安。
4. 输出绝缘电平 2 千伏。

这种特性允许控制极触发具有高电平,在保持较低的平均控制极触发时,主回路得到高的 di/dt 容量。

此种输出装置的另一优点是硅可控整流器控制极与输出装置中任何现有的输入之间无反馈通道,这样可以避免放大

硅可控整流器控制极中由于高 dv/dt 产生的任何信号，这种反馈能使所使用的全部控制极受到影响。这些输出装置的电源与相位控制及逻辑装置无关，主要是因为它的尺寸和减小脉冲的干扰。

上述触发系统已使用了几年，用于各种大型传动装置上，其功率近 5 兆瓦。控制系统的更先进形式在于触发大量大型硅可控整流装置。上述系统对于变流器要求高 di/dt 值、 dv/dt 值和良好匹配精度的地方，证实是成功的，并提供了线性特性，整个控制范围约 180° ，可用于 12 个脉冲工作的设备。

变流器的结构控制与可靠性

近几年来,硅可控变流器的应用范围有所增加,特别在直流传动系统方面。这种变化的原因是由于硅可控元件的可靠性,另一方面对于硅可控元件不断增长的需要促进其发展,并使其操作容量不断提高。

近来 3000 伏 400 安的硅可控元件已经生产出来。包括两年前制成的 750 伏 4500 瓦板坯轧机传动用的大功率硅可控变流器所用的元件在内,总共提供了容量为 250 兆瓦,数量约为 3000 个大功率硅可控元件。

1. FT500A 硅可控元件

FT500A 硅可控元件是大功率的元件,导通状态有效电流额定值为 630 安,额定平均电流为 400 安,关断状态反向电压达 3000 伏。FT500A 硅可控元件的管芯装在圆盘形的组件内,两端有平滑的安装面与散热器连接,从而提供有效的电气连接与散热作用。这种两端散热结构的导热性能为普通螺栓结构的两倍。结与散热器之间的热阻为 $0.06^{\circ}\text{C}/\text{瓦}$,当采用适当的散热器时,结至周围介质的热阻为 $0.11^{\circ}\text{C}/\text{瓦}$ 。由于低热阻与采用压接结构,控制极设在中央的结构和无应力支撑电极等措施,故可获得大功率、高性能指标和高度可靠性。

四年以前,普通螺栓型的 CR250A 大功率硅可控元件已在工业上应用。CR250A 硅可控元件的额定值为 1200 伏,250 安。但三年以前,采用整体散热器结构,管芯的电流容量增加到 300 安。由于采用整体散热器,结和周围介质之间的热阻

下降到 $0.21^{\circ}\text{C}/\text{瓦}$ ，普通螺栓型硅可控元件的热阻降为 $0.3\sim 0.25^{\circ}\text{C}/\text{瓦}$ 。而现在 FT500A 型硅可控元件已取代了 CR300A 型。

2. 硅可控变流装置柜

(1) 抽屉式硅可控组件箱

每个抽屉(硅可控组件箱)装有 6 只连接成三相双回路接法的硅可控元件及其他附件，如散热器、阻容保护网络，限流熔断器，阳极电抗器以及连接在主电路与脉冲变压器之间的阻容网络等。三只硅可控元件用压接法与 6 个散热器组装成

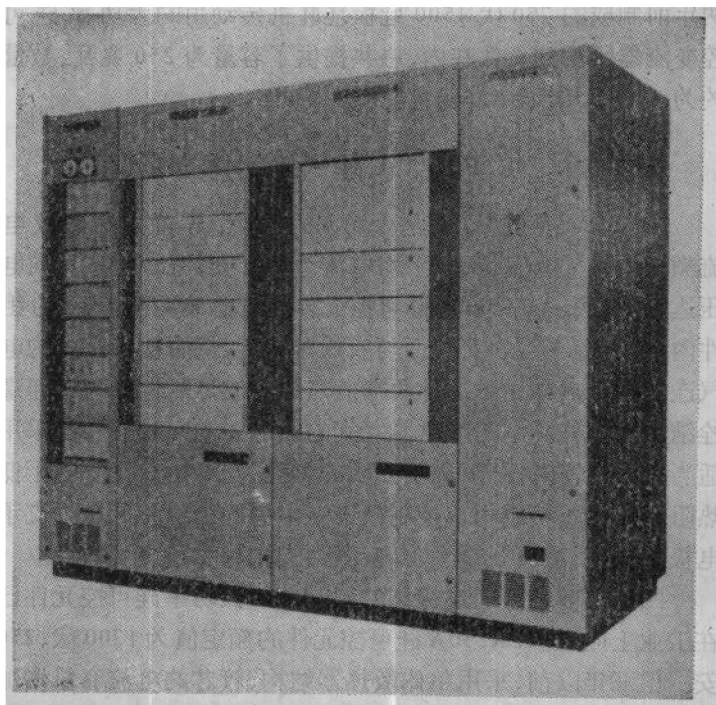


图1 硅可控装置柜