

可控硅电镀电源设备

上海市轻工业局电子技术训练班

上海人民出版社



可控硅电镀电源设备

上海市轻工业局电子技术训练班

上海人民出版社

可控硅电镀电源设备

上海市轻工业局电子技术训练班

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.75 插页 1 字数 79,000

1972年12月第1版 1972年12月第1次印刷

印数 1—45,000

书号: 15·4·304 定价: 0.22 元

前 言

“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。”我们上海轻工业局电子技术训练班依靠广大工人和技术人员,经过了一年多的实践,在编写《硅可控整流器及其应用》一书的基础上,为了推广可控硅技术在工业中的应用,又编写了这本《可控硅电镀电源设备》。由于我们政治思想和技术业务水平有限,书中不免有错误,望广大工农兵读者批评指正。

上海市轻工业局电子技术训练班

目 录

第一章 主电路	1
一、概述	1
二、原边电路	3
三、副边电路	4
四、硅元件保护	8
第二章 触发电路	11
一、正弦波同步讯号的触发电路	11
二、电源	13
三、移相控制	15
四、锯齿波同步讯号的触发电路	18
第三章 继接电路与电路总图	22
一、继接电路	22
二、电路总图	22
第四章 主变压器的计算	30
一、电磁计算	30
二、电磁计算示例	34
三、一些主变压器电磁计算的结果	36
四、结构计算	38
五、结构计算示例	43
第五章 平衡电抗器的计算	53
一、计算要点	53

二、计算示例	55
三、一些平衡电抗器的计算结果	57
第六章 主电路元件的计算	58
一、可控硅的计算	58
二、硅整流元件的计算	59
三、快速熔断器的计算	60
四、硒堆的计算	61
五、换向保护电容、电阻的计算	62
六、主电路元件的计算结果	62
第七章 其他自制元件	63
一、同步变压器	63
二、脉冲变压器	66
三、硅整流元件的散热器与水箱	67
四、触发电路板	68
第八章 调试步骤	73
一、对相位	73
二、对极性	74
三、看波形	76
四、调对称与平衡	78
五、对相序	79
六、接整流变压器	79
七、接负载	80
第九章 调试的点滴经验	81
一、单相电镀电源设备的调试	81
二、故障分析	85
三、点滴经验	88
四、几点结论	93

第十章 附加电路.....	96
一、使电压、电流逐渐上升	96
二、自动调整	98
三、过流保护	102
第十一章 应用双向可控硅	105
一、双向可控硅	105
二、应用的注意点	107
三、电路示例	109

第一章 主 电 路

一、概 述

很多工业部门需要低电压、大电流的直流电源，电镀就是其中之一。过去，长期使用专用的直流发电机。直流发电机要用交流电动机来拖动：耗电多，噪声大，维修量大；而且设备占地大，要用大量的铜材和硅钢片，制造工艺复杂。因此，这种直流电源已趋于淘汰。

近年来，逐渐采用了可控硅电镀电源设备，它的优点是：

- (1) 造价低，制造方便，电镀厂有条件自己制造设备。
- (2) 占地少，小容量的可直接放在镀槽旁边。
- (3) 操作轻便，维修省力，无噪声，不散布导电粉末，有利于改善电镀工人和电气工人的劳动强度与工作环境。
- (4) 供应的电镀电流有一定的脉动成分，有利于提高电镀质量，加快电镀时间。
- (5) 节约电能。

在改革电镀电源设备过程中，经历了不断实践、认识和提高的过程。开始，随着硅整流元件在工业上的广泛使用，电镀电源设备采用了硅整流。它的安排是：用变压器将电源电压变低，电流变大；在变压器的副边用硅整流元件将低电压、大电流的交流电源整流为直流；在变压器的原边用调压器来调节送给变压器原边绕组的电压，从而调节变压器副边绕组送出的电压，以达到调节直流电镀电流的目的。

接触式调压器容量较小，操作费力，用于电镀环境、不够

安全,又需经常维修;感应式调压器价格较贵,占地较大。所以各厂自己动手制造的设备,常用饱和电抗器来代替调压器。饱和电抗器有安在变压器原边的,称为原边调压;也有安在变压器副边的,称为副边调压。这类硅整流电镀电源设备已具有操作轻便,可实现在镀槽旁调节的优点,但铜材与优质硅钢片仍用得较多,饱和电抗器体积庞大、制造不便。

可控硅普遍生产后,就成了理想的调压器。在变压器副边使用可控硅,构成了可控整流电路。这种电镀电源设备因可控硅完全按常例工作,所以比较简单,容易成功。但是在变压器原边进行可控硅原边调压,可以大大减小可控硅的电流等级与使用数量,并使触发与保护也有相应的简化,因此具有明显的优点。容量愈大,这种方案优越性愈显著。

可控硅原边调压的电镀电源设备,以单相电路为例,其方框图与主电路各处的电压波形用图1表示。

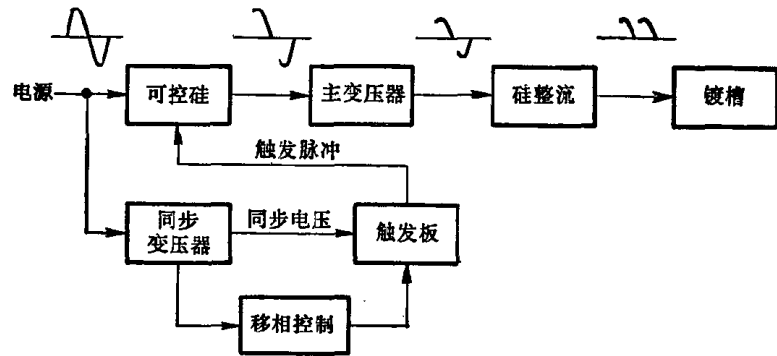


图1 可控硅原边调压电镀电源设备的方框图

本书介绍上海市轻工业局“节约电能、更新电镀电源设备”的会战中,试制的小自300安、大到12000安的整个系列(共有八种规格)的十二台样机,及以后推广过程中的点滴经验。

八种样机的具体规格(表 1):

表 1

直 流 电 流(安)	12000	5000	2500	2000	1500	1000	500	300
直 流 电 压(伏)	10	6	10	8	10	6	8	6
镀 槽 功 率(瓩)	120	30	25	16	15	6	4	1.8

根据镀槽的工艺,除 12000 安、10 伏一种规格外,其余电路均未考虑反馈,是一开环系统,但可方便添入稳压或恒流环节。

二、原边电路

考虑到尽量采用先进技术与不给三相电源带来严重不平衡,基本上采用了三相原边调压的电路。

表 2

直流电流 (安)	12000	5000	2500	2000	1500	1500	1000	500	300
直流电压 (伏)	10	6	10	8	10	10	6	8	6
原边电路	三 相 原 边 调 压 电 路						单 相 原 边 调 压 电 路	—	—
	Y ₀ 接	Y ₀ 接	Y ₀ 接	Y ₀ 接	Y ₀ 接	△接			

由表 2 可见绝大部分三相电路都采用 Y₀接法,其接线方法如图 2。我们最早采用三相原边调压的可控硅电镀电源设备是内三角接法,把可控硅放在三角形回路内部,其接线方法如图 3。内三角接法,可控硅只通过相电流,可进一步降低所用可控硅的电流等级,但因承受线电压而必须选

用耐压 900 伏的可控硅，而 γ_0 接法只须耐压 500 伏的元件。经核算， γ_0 接法可使整台设备的成本有较大降低，所以宜于推广。

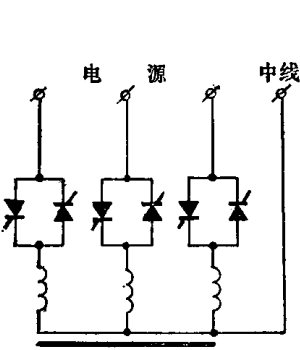


图 2 变压器原边绕组接成 γ_0 形

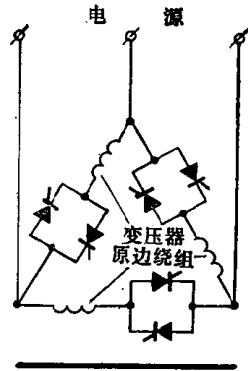


图 3 变压器原边绕组接成内三角形

γ_0 接法在运行时，必须注意中线不能断开。否则可控硅受到的反向电压将由相电压上升为线电压，使可控硅击穿损坏。另外必须有中线，才能保证应有的移相控制范围。

直流电流为 1000 安、直流电压为 6 伏的这—种规格，因容量较小，所以采用单相的原边调压电路。容量更小的规格，我们原来未采用原边调压，但随着用作冷却硅整流元件的水箱的工艺改进，目前看来：500 安、8 伏和 300 安、6 伏这些规格都宜采用原边调压电路。

三、副边电路

大部分规格副边采用双反星形*接法，其接线方法如表 3 和图 4。

* 六相半波整流电路其实也是双反星形电路，但习惯上不作这样称呼，严格说，这里应称为带平衡电抗器的六相双反星形电路。

表 3

直 流 电 流 (安)	12000	5000	2500	2000	1500	1000	500	300
直 流 电 压 (伏)	10	6	10	8	10	6	8	6
副 边 电 路	六相双反星形整流电路					单相全波 整流电路	单相全波可 控整流电路	

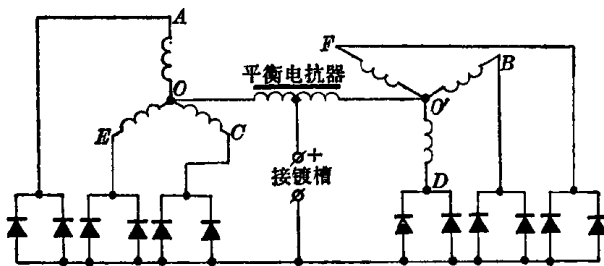


图 4 变压器副边绕组接成双反星形

双反星形接法, 变压器副边绕组包括两个彼此倒相(相位相差 180°) 的三相星形绕组, 在星形的中点间接平衡电抗器。平衡电抗器的中点接往镀槽, 在水冷的场合, 其中点就是直流电源的正极, 固装硅整流元件的水箱面板就是直流电源的负极。

如不用平衡电抗器(将平衡电抗器短路), 变压器副边就由两组倒相的三相半波整流电路构成了普通的六相半波整流电路。这样, 只有一组硅整流元件同时工作, 相应的导电时间为 $1/6$ 周期, 整流变压器的利用也很差。其整流电压波形如图 5 (甲)、(乙)、(丙)。有了平衡电抗器, 因它承受了二组星形中点之间的电位差, 而使两组三相半波整流电路有可能同时导电, 每一组硅整流元件按三相半波的导电规律轮流导电 $1/3$

周期,于是发挥了双反星形接法的优点。

用了平衡电抗器后,由于它的平衡作用,每一瞬间,整流

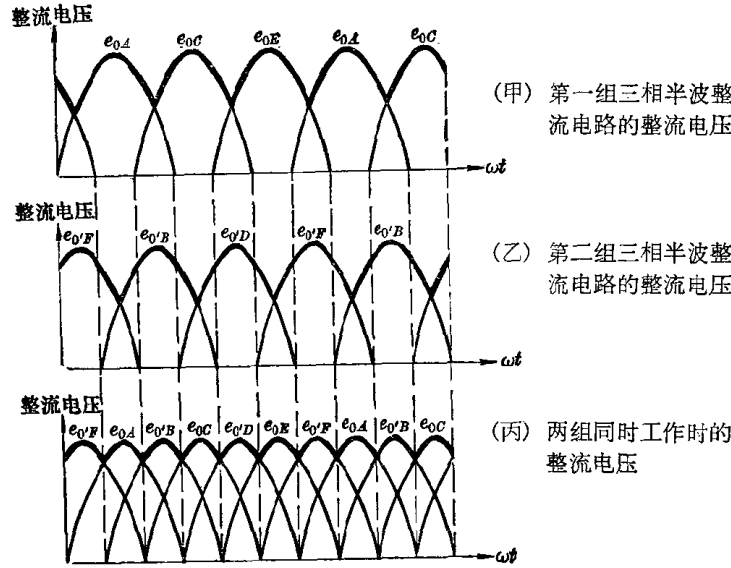


图5 不用平衡电抗器的整流电压波形

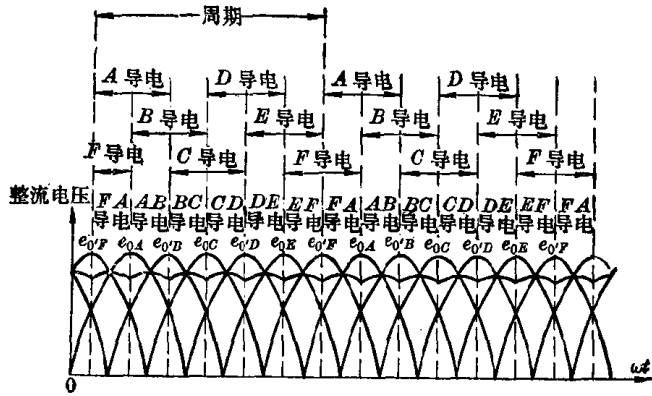


图6 用平衡电抗器后的整流电压波形

电压的数值是两组三相半波整流电路中同时导电的两绕组的瞬时电压的平均值。这时整流电压的波形如图 6。

当负载工作时,变压器的副边与三相半波电路相当,变压器的原边与三相桥式电路相当。与其他副边电路比较,这一接法的主要优点在于:

- (1) 各硅管可共阳极,适宜用同一冷却槽水冷。
- (2) 两组硅元件同时工作,可供给较大电流,所以特别适用于大电流的电镀电源设备。
- (3) 硅管的工作时间较长,因此承载比较均衡,利用比较充分。
- (4) 低电压的电镀电源特别适用。如改用桥式电路,元件数、电压降落和电能损耗都将显著增加。
- (5) 变压器的利用较好,仅次于三相桥式电路,且不致使变压器出现强制磁化的磁通。

当空载时,平衡电抗器不起作用,变压器的副边与六相半波线路相当。所以由空载到承载,直流电压有大达 15% 的降落。但负载电流继续增加,电压降落并不显著。其外特性曲线如图 7。

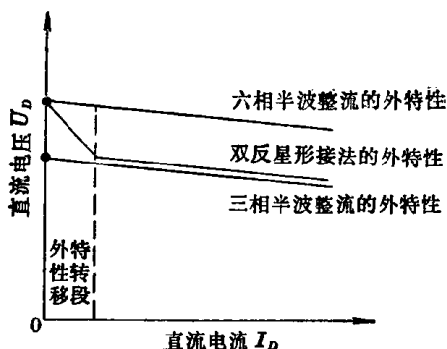


图 7 双反星形接法的外特性曲线

1000 安、6 伏规格，因容量较小，原边为单相电路，所以副边应相应采用单相全波整流电路。容量更小的规格，副边采用单相全波可控整流电路，即单相副边调压电路。

四、硅元件保护

可控硅与硅整流元件虽然有许多优点，但它承受过电流和过电压能力较差。为了使设备可靠工作，在主电路中，必须考虑对硅元件采取各种有效的保护措施。

1. 硒堆保护

在交流电源输入端用硒堆保护(图 8)，当过电压进入时，硒堆先被击穿，从而抑制过电压的幅值。

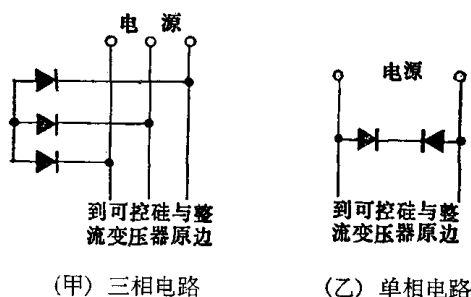


图 8 硒堆保护

2. 变压器侧保护

对原边调压的电路，在变压器每一原边绕组侧要并接电阻电容(图 9)；副边单相可控整流的电路，在副边绕组侧要并接电阻电容(图 10)，防止变压器通断时产生过电压危及可控硅。

3. 换向保护

为了防止可控硅在换向时产生过电压而遭到损坏，在每一可控硅的阳极与阴极间也要并接电阻、电容加以保护，如图 11。

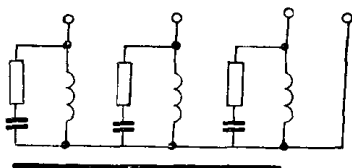


图 9 原边调压电路的
变压器侧保护

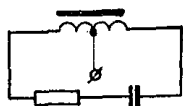


图 10 副边单相可控整流电
路的变压器侧保护

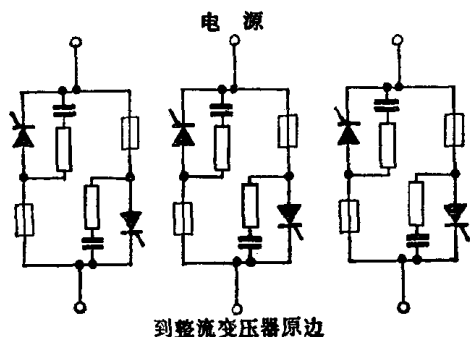


图 11 可控硅的换向保护与过电流保护

4. 过电流保护

可控硅的热容量很小,所以过电流的能力很差,必须采用快速动作的保护电器。目前较多按每一可控硅串联一只快速熔断器的方式连接,因此三相原边调压电路大多如图 11 的连接方式。也有不用快速熔断器,而以小型盒式空气断路器作电源开关,借空气断路器的过流保护(经改装)来断开过流而保护可控硅,据试用后反映,快速特性尚理想。

所谓快速熔断器,常用的为 RLS 型螺旋式熔断器。其瓷座与 RL1-60 型普通螺旋式熔断器的通用;但熔芯多一“S”的标志(见图 12),使用时注意不要用错,否则可控硅在过电流时过载电流不能迅速被切除而造成损坏。

如既无快速熔芯,又没有上述经改装能快速动作的电源



(甲) 快速熔芯

(乙) 普通熔芯

图 12 快速熔芯与普通熔芯标志上的区别

开关, 可以用较小容量的 RL1 型普通熔芯代用, 不过保护的可靠性降低。

图 11 中, 同一相的二只快速熔断器在事故时一般是同时熔断的。如改为每一相用一只快速熔断器, 电路可以简化, 且在整台设备未稳定运行时, 可减少快速熔芯的熔断消耗数。但合用的电路, 保护的可靠性降低。

对于副边可控整流电路, 因电流较大, 要用 RS3 型快速熔断器。每一 200 安的可控硅串联一只 RS3 型熔断器进行保护。

5. 硅整流元件的保护

因电镀电源直流电压很低, 而采用的 2CZ 硅整流元件, 耐压都在 50 伏以上, 因此没有必要添加过压保护。

2CZ 的过载能力比可控硅要强些; 如整流变压器副边短路, 反应到原边, 可借原边的快速熔断器切断电源, 所以硅整流元件亦可不加专用的过流保护环节。

为保证硅整流元件可靠地水冷, 应设有水压保护, 当冷却水不足时, 电源将能自动切断, 使设备停止运行。

为使各硅整流元件承受的电流比较均衡, 设备安装时, 应选用正向压降值相同(或同级)的硅元件编组并联使用。