

第15章 高频发生装置的修理

郭守立 马志范



本章所述的高频发生装置系电子管式高频感应加热装置。也就是说,电子管是高频发生装置的核心元件,加热对象为金属工件,加热方式为感应加热。

第1节 高频发生装置的种类与组成

(一) 种类

高频发生装置常按功率大小、频率高低、使用范围及槽路型式等进行分类。

按功率大小,通常分为10、30、60、100、200kW几种。

按频率高低,常分为30~50、80~100、200~250、350~450kHz几种。其中,前两种又称其为超音频装置,后两种称为高频装置。

按用途分类,常分为淬火、焊接、熔炼等,也有一机多用的。

按槽路型式分类,常分为单回路和三回路。淬火用的通用型设备多使用三回路,专用设备多使用单回路,焊接用的设备多用单回路。单回路简单,效率高,但调整困难。三回路调整方便,对负载的适应性较强。

(二) 组成及各部件功能

高频发生装置由整流器、电子管振荡器、输出回路(必要时包括淬火变压器和感应器)以及控制和保护电路等组成。

整流器将工频交流电变成直流电供电子管阳极电压需要。

电子管振荡器中的核心元件是电子管,利用它的振荡与放大作用,将输给它的直流能量,以脉冲

能量的形式传输给振荡槽路,而振荡槽路又以它特有的选择能力形成高频交流能量。

输出回路根据负载需要的不同,有直接线圈输出或经变流、变压后再经线圈的输出。

控制电路包括装置的开通与关断、工作情况的指示及安全防护等部分。

这几部分构成一个完整的系统,共同完成将工频电能转换成高频电能的任务,供工件加热的需要。

了解各部分的结构与功能,对正确使用和维护设备至关重要,现简介如下。

1. 高频发生装置的电源

高频发生装置的电源分电子管阳极直流电源和电子管灯丝供电电源以及控制电路电源。

为了保证电子管工作寿命,电子管的灯丝电压一定要稳定,在外电源变化不超过 $\pm 10\%$ 时,灯丝电压的变化应不超过 $\pm 2\%$ 。因此,大都采用自动稳压技术。而目前多数采用磁饱和稳压器和晶闸管稳压技术。

电子管阳极直流电源是交流电源经整流后获得的。高压整流变压器的高压侧输出经二极管(高压硅堆)或闸流管整流而得到所需要的高压。为保证电子管工作直流电压可以调整的需要,整流必须是可控的。过去多采用可控闸流管,由于它技术落后,使用不便,近几年已不再使用。取而代之的是晶闸管一次侧调压后经高压硅堆整流。这一技术已趋于成熟而被普遍使用。

晶闸管交流调压的主电路可以有多种联结形式,但用于高频加热装置上的只有两种,即晶闸管和负载接成内三角形的电路与三相进线由三组反并联的晶闸管控制的电路,如图15-1-1所示,晶闸管的负载即是高压整流变压器的一次侧线圈。其控制电路是多种多样的。其中多数采用闭环控制构成稳

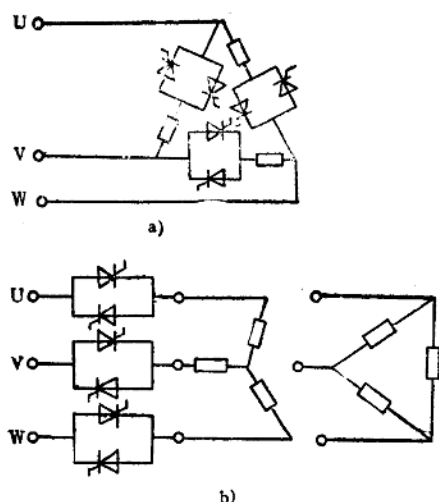


图15-1-1 晶闸管主电路联结型式

压环节，以改善电源的性能。

一次侧调压二次侧整流的线路所得到的直流高压虽然是可调的，但有一定的脉动成分，而且随晶闸管控制角的增大，脉动成分也在增大。在要求直流性能高的使用场合，则需加平滑滤波，或将高压整流变压器由三相全波整流改成6相或12相全波整流。对于一般淬火设备，这种要求是多余的，而对于高精度的焊管，这种要求则是很必要的。

交流调压的主要器件是晶闸管。整流用的KP型晶闸管的最主要的参数是额定通态平均电流和正反向重复峰值电压。这两个参数在实际使用时要留有1.5~2.0倍的裕量。关于KP型晶闸管的其他特

性参数请参阅第4章第1节。

2. 振荡电路

电子管是实现能量转换的核心元件，合理选择电子管，对有效利用电源、提高整机效率是至关重要的。国产电子管的技术参数列于表15-1-1中。

电子管可相互代用的基本条件是功率等级要相同。即使如此，在安装结构、水套、灯丝供电方面也要进行修改，工作状态也要作一定的调整。

高频振荡电路的种类很多，但基本的振荡电路只有几种，其他几种的回路只不过是适应需要在基本回路的基础上加以改进而已。

常用的单回路线路如图15-1-2所示。图a所示为自耦变压器反馈的单回路，又叫哈脱莱电路；图b所示为电容反馈的单回路，又叫考毕兹电路；图c所示为电感反馈的单回路，有人称为梅依斯敦尔电路。用于焊管的设备多使用b所示电路，用于淬火的专用设备多使用图c所示电路，图a所示电路用得不多。

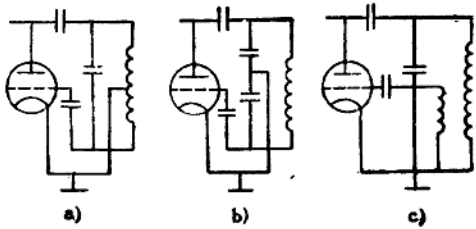


图15-1-2 单回路电路

a) 自耦变压器反馈的单回路
b) 电容反馈的单回路
c) 电感反馈的单回路

表15-1-1 国产电子管技术参数

型 号	灯丝电压 U_f (V)	灯丝电流 I_f (A)	跨 导 S (mA/V)	放 大 系 数 μ	功 率 P_o (kW)	寿 命 (kh)	输 入 电 容 C_{kf} (pF)	输 出 电 容 C_{ok} (pF)	跨 路 电 容 C_{ag} (pF)	允许使用极限值				重 量 (kg)
										板压 U_a (kV)	板耗 P_a (kW)	栅耗 P_g (kW)	频率 f (MHz)	
FU-10S	7	75	20	50	15	1000	40	1.5	34	8	10	0.3	26	3
FU-431S	22	102	12.5	50	30	2000	25	1.5	23	15	20	0.6	25	4.8
FU-307S	8.3	150	35	32	30	1500	50	2	47	12	20	1.0	30	7
FU-308S	8	220	35	30	60	1500	88	10	69	15	60	2.0	40	14
FU-433S	33	210	32	45	100	3000	80	4	72	15	60	2.0	20	10
FD-911S	12	210	51	35	100	1500	90	1.5	75	15	80	2.6	26	16.5
FU-309S	17	610	100	28	200	1500				15	200	0.5	30	28

通用型高频淬火设备使用三回路较多，电路参见图15-1-3。这种三回路电路的优点，主要是调节方便，对负载变化的适应性较强。这种电路实质上也是双电容电路，它的反馈是电感电容混合式的。

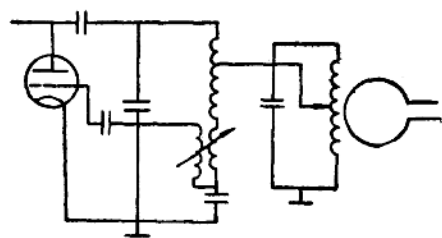


图15-1-3 三回路电路

槽路中的主要元件是电感线圈，包括淬火变压器和瓷介电容器。瓷介电容器的选用主要是耐压和无功功率等指标。常用的电容器性能参数见表15-1-2。

过去广为使用的CCYP型油浸水冷罐形电容现在很少使用，也很少生产。

最近仿国外产品而生产的水冷瓷介电容器也开始推广使用，型号为CCGS，容量为5000pF，无功功率为2000kvar，直流耐压为24kV。

3. 输出电路

用于淬火的高频设备，多用变压器输出，以获得所需要的高电流。这种输出型式，其加热效果与感应器（又叫工作线圈）的设计、制造有关。淬火

变压器的二次侧多为一匝，而当感应器的几何尺寸很长，需提高工作电压时，变压器的二次侧也有两匝乃至多匝。不用变压器而直接用线圈输出的也有，多属于金属熔炼的情况。

感应器的设计是复杂的，它不仅需要高频电磁场方面的知识，而且也需要实际工作的经验，在使用过程中应不断改进，加以完善。

4. 控制和保护电路

控制和保护电路的作用是保证设备正常运行，完成加热工件的任务，并当产生误操作或个别元器件损坏时，应能及时切断高压，避免造成更大损失与危险。

高频设备的控制电路因用途、操作与布局的不同而有所不同，但其中几个主要环节是基本相同的，都是最先接通控制电路电源，接着是接通冷却水路，其次是接通电子管灯丝供电电源（灯丝供电大都经两档达到额定电压），再次是高压电路的接通，最后是接通加热电路。几个环节之间自动联锁，不会因误操作而产生误动作。停闭的过程和开启过程相反，紧急情况时可以急停高压。

保护电路是控制电路的一部分，是控制电路的补充。其中包括工作指示和工作情况监测。故障保护主要是过电流和过电压保护。设备因故障出现过电流或过电压时，应能立即切断高压。此外，还有安全保护，包括门开关和防止高频接地等措施。

表15-1-2 高功率瓷介电容器性能参数

电容器型号	电容器容量 (pF)		额定无功功率 (kvar)	额定工作电压(kV)		工作电流 (A)	曾用型号
	标称量	偏差 (%)		高频有效	直流		
CCG81A-3a	1500	Ⅱ、Ⅲ	90	12	15	17	
CCG81A-4a	1000	Ⅱ、Ⅲ	100	15	21	20	
CCG5-4	3300	± 10 ± 20	70	8	15	40	CCY5
CCG5-6	5600	± 10 ± 20	70	8	15	40	CCY5
CCG5-7	6800	± 10 ± 20	80	10	20	40	CCY5
CCG11-1	1500	± 10 ± 20	10	8	5	10	CCY1-P
CCG11-1	2200	± 10 ± 20	10	8	5	10	CCY1-P

第2节 高频发生装置的 调试与维修

设备的调试是发现问题和解决问题的过程。设备制造厂在设备出厂前要进行设备调试,并按所规定的技术条件进行检验,合格后方能出厂。使用单位在设备安装完毕后也要进行调试,然后方能投入正常运行。

制造厂的调试,可以检验装配中有无差错和遗漏,各部分元器件是否达到质量标准,整机指标是否合格,负载运行设备是否稳定。具体地说,通过调试应该达到如下目的。

- 1) 控制系统能准确动作,且自锁良好。
- 2) 高压调节应平滑稳定,且稳定性能良好。
- 3) 功率和效率等几项主要指标都应达到原规定数值。

设备调试的完善程度应以检验合格证书为准。

使用单位调试的目的是检验运输、储存及安装过程中是否出现损坏和差错,设备出厂的指标是否存在问题。经调试后方能投入正常使用。

(一) 调试的准备工作与调试步骤

设备调试前要做好如下准备工作。

- 1) 调机人员应阅读与设备有关的技术资料,对设备的性能及使用有一定了解。
- 2) 了解供电设施及过载保护是否符合要求。
- 3) 检查供水装置及管路连接是否符合要求。
- 4) 检查设备的接地是否可靠,接地电阻是否符合要求。
- 5) 检查设备的安装情况是否符合技术资料中的规定,各箱间的连线是否正确。

6) 准备好调机工具。

设备的调试必须严格按如下步骤进行:

- 1) 试验附属设备(例如水泵、低压配电盘、通风照明等)是否运行正常。
- 2) 检查各冷却水路是否畅通,有无漏水、渗水现象。
- 3) 检查设备上的风机的转向是否正确,风量是否符合要求。
- 4) 控制电路试验。主要试验动作过程是否正确,各种连锁、信号及保护是否起作用。
- 5) 电子管灯丝电压试验。

6) 高压整流试验。如为晶闸管交流调压,注意观察各相导通是否一致。如为闸流管整流,注意观察各管的起燃情况。

7) 振荡调试。起振后可用假负载测试功率输出情况,可运行一定时间。

8) 用真负载调试设备与负载的匹配情况。详细的调试方法与步骤请参见第3节实例。

在调试当中特别重要的是注意人身与设备的安全,直流高压部分与高频高压部分不能随便触碰。

(二) 故障的检查与维修

高频设备同其他电气设备一样,应正确使用,及时维修,方能保证设备正常运行。

1. 定期维护

维护工作应该做到有计划、有布置、有检查,形成制度。做到每班、每周、每月乃至半年都有确定的维护内容。

(1) 每班维护

1) 接班时查看设备冷却水路出水管的流量有无异常现象。使用蒸发冷却电子管的设备,要检查蒸馏水箱的水位是否合格。

2) 检查电子管玻璃壳和芯柱的冷却风量及其他通风散热设施是否正常。

3) 设备在工作时,应经常查看各种仪表的指示,每隔1h记录一次。设备修理和更换元件,都要详细记录在值班记录本上。

4) 交班前擦净设备外部尘土,保持机房清洁卫生。

(2) 每周维护

1) 检查各交流接触器的触头有无烧蚀,接线有无松动。

2) 测量冷却水的绝缘电阻。水冷管阳极的对地电阻应大于300k Ω ,蒸发冷却管阳极对地电阻应大于600k Ω ,水阻过低泄漏损失大,效率低。

3) 电子管灯丝和栅极的冷却水管多为橡胶管,容易老化,要仔细检查。对于已老化将要破裂的橡胶管要及时更换。换成尼龙增强管更好。

4) 对机箱内部做一次清扫除尘。擦净各高压绝缘子和绝缘支柱上的灰尘,注意对风机进风口上滤尘网的清扫,防止进风不畅。

(3) 每月维护

1) 对中间继电器和过电流继电器的触头和连线进行检查。

2) 清除电子管阳极上的水垢(也可根据冷却水的水质情况确定维护周期)。

3) 对冷却水的流量作计量测定。可用流量计检测,无流量计时,可把冷却后流出的水引入一容器中,记时1min,称容器中水的重量,可得流量数(kg/min),并和以前的记录相比较,如有明显减少,应查找原因并及时解决。

4) 检查插入式熔断器盒里的熔丝有无松动、氧化、熔蚀等现象。

5) 检查各保护设施,如过电压、过电流、门开关、冷却不足、温度过高等保护装置是否有效。

6) 检查断路器触头和刀开关的触刀。

7) 检查各闸流管灯丝接线(或管脚)的接触是否良好,电压是否符合标准。

8) 若有备用电子管,可将备用管和设备上的管子轮换使用,轮换的时间也可以与清除阳极水垢同时进行。

(4) 半年维护

1) 检查低压电控线路绝缘性能是否合格。

2) 用兆欧表检测高压整流变压器、高压电缆、高压硅堆等高压器件的绝缘电阻,其值应符合要求。

3) 检查电子管水套的圆度和定位销凸起的高度,防止管子放偏而引起阳极局部过热。并检查水套内壁及进出水管接头处有无结垢现象,防腐蚀电极是否正常等。

4) 维护闸流管栅控部分的调压器(或三相变压器),擦净接触处的污垢。

5) 校验各过电流继电器的整定电流值。

6) 对在工作时温度较高的连接导体(如灯丝引线、焊接变压器一次线圈的软连线等),如发现氧化接触不良处,应加以处理。

7) 对电机、水泵、配电盘等设施的检修。

8) 对隐蔽处如机箱顶部、电缆沟等作一次彻底的清扫。

以上所述是指一般情况,各厂的设备和使用环境条件各不相同,维护内容和计划安排要根据具体情况有所增减。

2. 电子管的维护

(1) 真空度的确定 可用2500V兆欧表测各极间的绝缘电阻,良好的振荡管,各极间的绝缘电阻应在2000MΩ以上。

如果有条件,可用火花式真空测试仪来检查真

空度。不发光或在表面发生微弱的绿光或蓝光,表示真空度高。管内空间发蓝色的光表示电子管内有“余气”,经老炼后可用。管内空间发生强烈的粉红色的光表示漏气。管内各电极间跳火表示管内充满了气体。

(2) 运输和保存 搬运或拆装水冷屏极电子管时,应拿屏极或屏极法兰盘。

保存时应垂直放在电子管箱内,或放在特制的带槽的架上,并要防止极动冲击。

存放电子管的房间要干燥,且温度不应低于+5℃。在这个房间内禁止存放酸类等能引起金属腐蚀的其他物质。

用卡车运输电子管时,管子必须装入专供装电子管而特制的箱内,用小汽车运输时可用人抱着,但不得过度倾斜。

(3) 安装和冷却 水冷屏极电子管必须垂直地放入水套中,应注意屏极的各个方向均匀地受到水浸。固定屏极法兰盘的螺钉要用手均匀地拧紧,以防法兰盘变形,造成玻璃裂纹而损坏电子管。

在进行灯丝和栅极连线时,一定不要使电子管受到机械损伤。

在屏极水冷的同时,对管脚和外壳经常进行强制风冷。玻璃任何点温度不应超过150℃。

屏极冷却水的压力为 $(20\sim 30)\times 10^4\text{Pa}$,出水温度不得超过60℃。在停止工作15min后,方能关闭冷却水及风机。

电子管一般使用200~300h后,必须清洗屏极,除去水垢及杂质。可用10%的盐酸溶液清洗,直至水垢完全清除为止。然后立即用温水洗涤屏极,再用20%的碱溶液中和清洗,然后用净水洗净。在清洗过程中注意防止将酸液弄到屏极同玻璃的焊接处。

(4) 灯丝加热与老炼 电子管的灯丝加热一般分两级进行。因为电子管的灯丝的冷态电阻是加热到额定温度时电阻的1/10,如全电压直接加上,灯丝电流会大大超过允许值,因此而产生的电动力会使阴极变形和损坏电子管。

在使用纯钨丝阴极电子管时,只要能保证有足够的放射电流的条件下,可降低灯丝电压使用,这样电子管的寿命可延长。如灯丝电压降低5%,寿命可延长一倍。

带钽钨丝阴极电子管的灯丝电压应保持稳定

并等于其额定值。如若降低灯丝电压使用,会引起发射层破坏,使电子管失去发射能力。

存放一段时间后再次使用的电子管,应先进行老炼处理。老炼的目的是利用加热方式吸收管内残余气体。

老炼一般分两步进行:第一步静态老炼;第二步动态老炼。

静态老炼,根据栅极接线及所处的电压不同又分为以下三种老炼方法:第一种是栅极断路进行老炼;第二种是将栅极与阴极连接起来进行老炼;第三种是栅极加负压进行老炼。第一种方法简单适用,在老炼时即使管子的真空度差些,屏流也不会太大,所以这种方法使用很普遍。但是对有的管子,不能使用这种方法,因为这种管子当栅极电压为零时,阳极给上半压,阳流已很大,就会达到或超过最大板耗了。这种管子只能用第三种方法老炼。第二种方法只对少数老式管子较为适用。

静态老炼的一般步骤,先加灯丝半压10~15min,灯丝全压120~180min,然后加直流高压,分段由低到高,每段加热20min,注意板耗不得超过允许值。

动态试验就是使电子管进入加热状态,在低压下运行一定时间,即告老炼结束。

(5) 轮换使用 如有备用电子管,每隔一定时间轮换使用,这样可保持电子管内真空度,不用老炼便可以继续使用。

3. 电容器的维护

瓷介电容器在安装之前,应用2500V兆欧表测量绝缘电阻,阻值应在1000MΩ以上,或作工频耐压试验。

应检查电容器有无闪烙击穿痕迹,特别要仔细检查油、水冷却的罐形电容器,擦去灰尘。

在运行过程中要经常检查冷却电容器的水有无及其流量大小,出水温度高低。出水口的温度应不高于50℃。

电容器的冷却油要采用流动性好的变压器油,并定期检查充油情况。

罐形电容器的电极,应和冷却水管的银层接触良好。

室温不能太高,如果室温太高,电容器的温升相应提高,易产生热击穿。此外,室温与冷却水温的温差也不能太大,否则易造成电容器结露而放电。

(三) 维修中的安全注意事项

在维护工作中,要特别注意人身及设备安全。

因为高频设备中有交流高压、直流高压和高频高压,一时马虎可能造成人身和设备事故,造成重大损失。

在设备运行过程中,发现故障或事故时,应立即停止加热并切断高压及所有电源,然后经放电后,方能进行处理。

每次给高压前,都应观察高频设备及输出变压器处是否有人。确实无人,方能起动机。

在更换感应器、固定大腿、活动大腿及焊接头时,生产与维护人员应联系好,以防误合高压,发生人身事故。

在带电检修灯丝稳压器时,一定要注意有1kV以上的高压,防止触及。

处理故障时,应停电。若必须带电,则一定互相联系好,不得擅自合闸。必要时应挂上警告牌,写上“有人维修,不得合闸”字样。

第3节 GP100-C3A型高频感应加热设备的调试

(一) 设备简介

本设备是振荡频率为200~250kHz的高频感应加热设备。

它由控制电路、冷却系统、可控整流稳压电路、高频电子管振荡器及输出电路等组成,其中包括如下部件:

(1) 晶闸管交流调压、阳极稳压电源柜(以下简称调压电源柜) 本设备的可控整流器由晶闸管交流调压和硅堆整流两部分组成。其中,晶闸管交流调压、阳极稳压电路及其有关的辅助电路均装在此柜内。

(2) 振荡器柜 它内装电子管振荡器、控制电路、监测仪表及灯丝稳压器等。

(3) 整流器柜 装有高压整流变压器(以下简称高整变压器)、压敏电阻及阳极电压表表阻。

(4) 淬火变压器 它装在振荡器柜外的右侧面。

(5) 电源滤波器 此项是否供货由用户决

定。

下面简要地说明各部分的工作原理：

(1) 可控整流器 可控整流器由晶闸管交流调压和硅堆整流组成。其输出电压在 $0 \sim 12.5 \text{ kV}$ 范围内均匀可调。

1) 交流调压 本设备采用三相进线由三组反并联晶闸管控制的线路，由于没有中线，所以每相电流必须同另一相构成回路。因此，在三相中至少要有有一个正向、一个反向的两相晶闸管同时导通，电流才能流通。为了在起动机以及在延迟角 α 较大而电流断续时能保证两相中一个正向、一个反向的晶闸管同时导通，此线路要求采用宽脉冲或双脉冲触发，本设备采用宽脉冲触发。触发电路如图15-3-1所示。该电路是典型的锯齿波同步移相触发电路。该电路的工作原理详见第4章第3节，这里不再重述。

六个晶闸管的触发电路完全相同，触发电路的印制电路板均装在印制电路板小盒中（以下简称小盒），在小盒中六块触发板的编号为5~10。在触发板的面板上为了调试和检修方便，设有监测孔XJ。

2) 硅堆整流 本设备的高压整流变压器是一个升压变压器，型号为ZSJ-180/10，额定容量为180kVA，当一次线电压为380V时，二次线电压为10kV。高压整流变压器二次接硅堆整流，整流电路为三相桥式。整流后直流电压为

$$E_a = 1.35 U_{xx} \quad (15-3-1)$$

式中 U_{xx} ——高压整流变压器二次线电压有效值。

3) 阳极稳压 阳极稳压板原理如图15-3-2上半部分所示。此板在小盒中编号为3，为简便起见，下面的叙述中省略了元件前面的数字3。这块板的核心元件是运算放大器N，它是用来实现信号组合和运算的放大器。“12”是反相输入端，“3”是同相输入端，“7”、“4”是正、负工作电源的输入端，“6”是输出端。整流硅桥U1、U2进行单相桥式整流，整流后的直流电压经稳压块E1和E2稳压后作为运算放大器N的工作电源。反馈电压 U_{FB} 和给定电压 U_g' （图15-3-2中电位器RP上端至中点的电压）及N的负反馈电压分别经输入电阻R2和RP1、R3、R5加到N的输入端“12”。运算放大器的输出 U_g' 经射极输出器（由V1、R6组成）输出，即是触发器的移相控制电压 U_{α} 。运算放大器的输出 U_g' 为 U_{FB} 和 U_g' 的组合，即

$$U_g' = - \left[\frac{R_5}{R_2 + R_{RP1}} |U_{FB}| - \frac{R_5}{R_3} |U_g'| \right] \quad (15-3-2)$$

式中的负号表示输出电压与输入电压极性相反。从 U_g' 的表达式可以看出：当电网电压升高时， U_{FB} 增加， U_g' 减小，从而使晶闸管导通角减小。因此可控整流器整流后的直流高压也随之减小，达到稳压目的。

(2) 电子管振荡器 电子管振荡器如图15-3-3所示。图中VE为FU-433S型电子管，有的用户

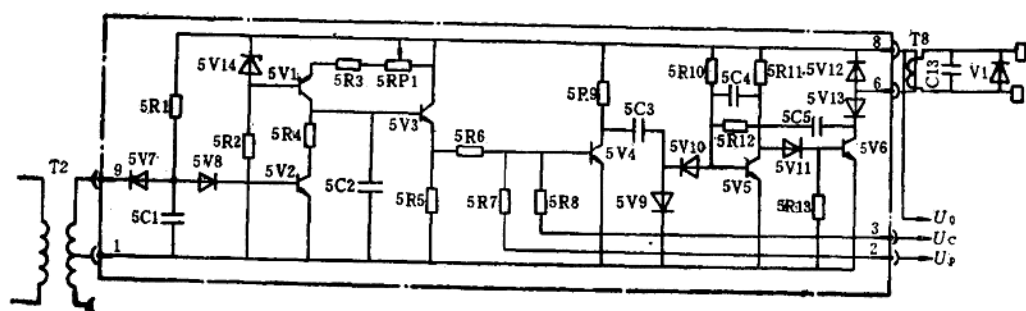


图15-3-1 锯齿波同步触发电路

5R1—10kΩ 5R2—4.7kΩ 5R3—3.3kΩ 5R4—200Ω 5R5—10kΩ 5R6—4.7kΩ 5R7—4.7kΩ
5R8—3.6kΩ 5R9—33kΩ 5R10—27kΩ 5R11—1kΩ 5R12—10kΩ 5R13—390Ω 5RP1—56kΩ
(以上电阻均0.5W) 5C1—1μF 5C2—1μF 5C3—0.056μF 5C4—0.1μF 5C5—0.47μF (以上电
容均160V) V1—3DG21C V2、V3、V5—3DG130C V4—3DG101C V6—DD01
V7—V13—2CZ82C V14—2CW53

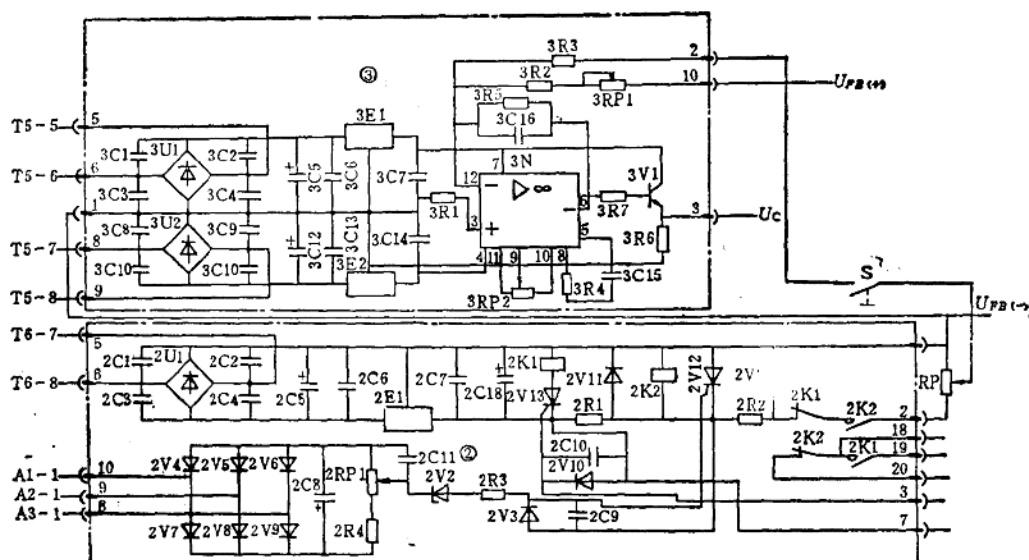


图15-3-2 给定保护板和阳极稳压板电气原理图

2R1—1W, 51Ω 2R2—1W, 250Ω 2R3—0.5W, 20Ω 2R4—0.5W, 20Ω 2RP1—0.5W, 1kΩ 2C1~2C4—160V, 0.047μF 2C5—50V, 330μF 2C6, 2C7—160V, 0.1μF 2C8—50V, 2.2μF 2C9, 2C10—160V, 0.1μF 2C11—160V, 0.47μF 2C12~2C17—160V, 0.033μF 2C18—50V, 330μF 2E1—CW7912C 2V1, 2V2—2DW234 2V3—2CZ82C 2V4~2V9—2CZ84E 2V10, 2V11—2CZ82C 2RP1—0.5W, 1kΩ 2V12, 2V13—品闸管200V, 3A 2U1—100V, 3A硅桥 2K1, 2K2—直流继电器12V 3R1—0.5W, 5.1kΩ 3R2—0.5W, 10kΩ 3R3—0.5W, 7.5kΩ 3R4—0.5W, 100Ω 3R5—0.5W, 200kΩ 3R6—0.5W, 510Ω 3R7—0.5W, 3kΩ 3R8—0.5W, 75kΩ 3RP1—0.5W, 15kΩ 3RP2—0.5W, 47kΩ 3E1—CW7815C 3E2—CW7915C 3N—FC52D 3U1, 3U2—100V, 3A硅桥 3V1—3DG130

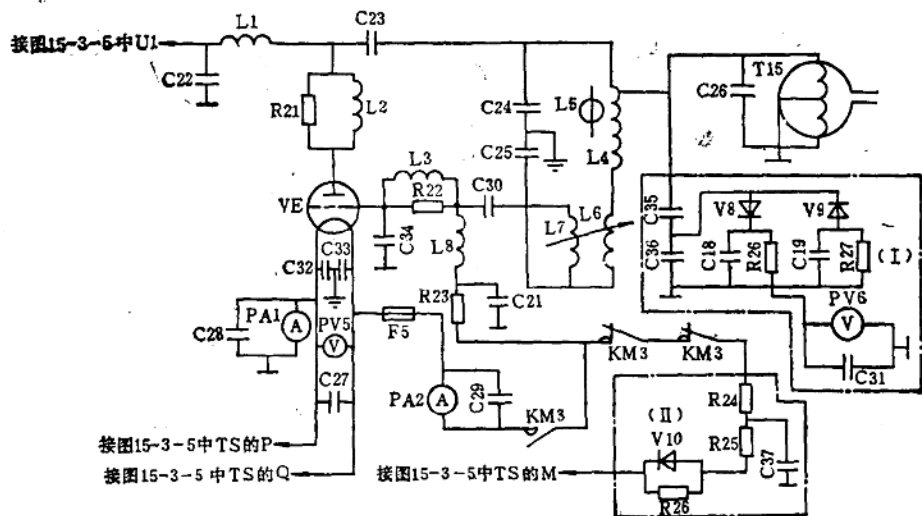


图15-3-3 振荡器原理图

L1—阳极阻流圈 L4—槽路线圈 L5—短路环 L6—反馈一次线圈 L7—反馈二次线圈 L8—栅极阻流圈 T15—淬火变压器 C22—电源旁路电容 C23—阳极隔直电容 C24—槽路电容 C25—反馈分压电容 C30—栅极隔直电容 C34—防寄生振荡电容 C21—栅极旁路电容 C26—二槽路电容 C28, C29—表旁路电容 C32, C33—阴极旁路电容 PA1—阳极电流表 PA2—栅极电流表 F5—熔断器 R23—漏电阻 R21, L2—阳极防寄生振荡装置 L3, R22—栅极防寄生振荡装置

采用FU-911S电子管。关于这两种电子管的参数详见表15-1-1。

由图15-3-3可见,反馈电路是电感、电容合成反馈,反馈的能量主要来源于电容反馈。C24和C25采用固定的比例,所以这部分反馈是固定的正反馈。L7是装在线圈L6中间的一个可旋转的小线圈。将L7沿顺时针方向转到与L6同轴时,L7上取得的反馈电压与电容上的反馈电压同相,总反馈电压是两个电压之和,此时反馈最大。当L7沿逆时针方向旋转180°时,L7上的反馈电压与电容反馈电压反相,此时反馈电压是两个电压的代数和,反馈最小。当L7旋在中间位置时,反馈电压取上述两种情况的中间值。本设备振荡管的阳极和栅极均采用并联供电。对于防寄生振荡装置,在选取元件参数时,要求L3和L2对200~250kHz工作频率的感抗很小,并远远小于R21、R22的阻值,因此对振荡并无影响,而对工作频率的倍频,则L3和L2的感抗远远大于R21、R22的阻值,迫使倍频电流通过R21、R22进行衰减。KM3是控制加热接通和断开的交流接触器,在KM3未吸合时,截止负栅压整流器供给电子管栅极一个很高的负压(约1000V以上),这个电压值远远大于电子管截止偏压,因此阳极电流为零,不能振荡。当KM3吸合后,栅极的负压被切断,栅极电路接通并产生振荡。

(3) 输出功率调节 用于淬火、熔炼的高频感应加热设备,要求高效率下产生最大的振荡功率。为此必须使振荡器工作在丙类状态下的临界状态。丙类状态是靠选择合适的栅偏压,而临界状态是靠改变LC谐振回路的谐振阻抗,并使其等于振荡器所要求的最佳谐振阻抗。在本设备中,是靠改变槽路线圈L4中的短路铜环L5的位置来改变LC谐振回路的谐振阻抗。由于L5的存在,对L4有去磁作用,当L5移到L4上部位置时,L5对L4上部具有很强的去磁作用,相当于L4与二槽路电容C26的连接点向上移,回路的谐振阻抗减小,阳极电流增加。当L5移到L4的下部位置时,L5对L4的下部具有很强的去磁作用,相当于连接点向下移,回路的谐振阻抗增加,阳极电流减少。由此可见,通过改变L5的位置可实现无接触地移动抽头。这种调节方式的优点是变化平滑。当负载变化较大时,能迅速地调节输出功率,保持良好的工作状态。其缺点是短路环要损耗一部分功率,并引起发

热,所以对短路环要进行水冷。

(4) 槽路电压表 图15-3-3虚线框(I)内为槽路电压表装置。二槽路(由C26和T15组成)电压由C35、C36分压,取C35和C36的容量相等,因此C36上的高频电压是二槽路电压的一半。C36上的电压经V8整流使电压表PV6有指示,调整电阻R26,使PV6的指示为二槽路电压的峰值。C19、C18是滤波电容,C31是表旁路电容,V9、R27组成分压电容的充放电回路,如果没有这一部分PV6将无指示。

(5) 截止栅负压整流器 从稳压器TS的M端取得的交流电压,经高压硅堆V10半波整流后,输出的直流电压作为振荡管的截止负栅压,电路如图15-3-3中虚线框(II)所示。C37是滤波电容,通过它提高直流输出电压。

(6) 电源滤波器 本设备采用LB-300型电源滤波器,其作用是防止振荡器的基波或谐波传到电源而造成无线电干扰,其电气原理图如图15-3-4所示。

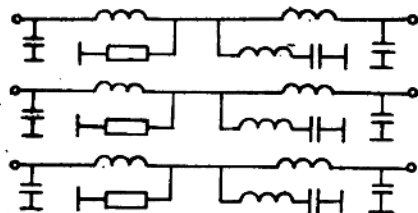


图15-3-4 LB-300型电源滤波器

(二) 设备的安装与调试

1. 设备的安装

- 1) 仔细阅读各随机文件,了解设备的性能。
- 2) 为了调试顺利进行,应准备好相应的仪表及工具。

- ① SR8型或性能高于SR8型的双踪示波器一台。
- ② MF500型或性能高于MF500型万用表一块。
- ③ 放电棒一根。
- ④ ZC-7型或性能高于ZC-7型兆欧表一块。
- ⑤ 220V、60W灯泡两个。
- ⑥ CZJ48-250V-(2-4μF)电容器一个。
- ⑦ 常用电工工具一套。
- ⑧ 20W内热式电烙铁一把。

3) 开箱检查设备在运输中有无损坏, 各元器件安装螺钉和接线螺钉有无松脱, 设备有无受潮现象。如有不正常现象, 应立即处理。

4) 将调压电源柜、振荡器柜、整流器柜及电源滤波器安装在适当位置(可参考技术说明书中所提供的平面布置图)。

5) 装好稳压器、淬火变压器、高压整流变压器、高压硅堆及时间继电器等, 并按图连线。

6) 接好各柜间的箱间连线和机箱顶上的高压馈线, 并注意高压馈线离地应不低于2.5m。

7) 用ZC-7型兆欧表检查电子管FU-433的阳极与阴极间、栅极和阴极间、阳极与栅极间是否短路。然后将电子管安装到阳极水套上, 灯丝和栅极的连接线暂不接。并注意各线不得相碰, 也不应和机箱壁相碰。

8) 对整个设备进行清洁除尘处理。

9) 测量电路对地的绝缘电阻:

① 交流控制电路的绝缘电阻不低于0.5MΩ。

② 振荡管阳极电路的绝缘电阻不低于100MΩ(测试断开电阻R5和R4)。

③ 振荡管栅极电路的绝缘电阻应不低于20MΩ(测试断开R24)。

10) 对于晶闸管交流调压必须按相序将三相电源线分别接到晶闸管输入端的U11、V11、W11端子上, 因此必须先确定三根电源线的相序。注意晶闸管输出的u11、v11、w11到高压整流变压器低压侧的U1、V1、W1三根电源线暂不接。

2. 调试及故障排除

(1) 控制电路的调试 控制部分电气原理电路见图15-3-5。试验前应先检查各熔断器是否已装上规定的熔体, 并检查每相与地和各相间是否短路。将小盒的11块板全部拔出, 将调压电源柜面板上的“给定通断”开关S置于“断”, 将“电压调节”电位器RP旋至左端(S、RP均示于图15-3-7中)。

1) 将“灯丝预热”开关SA置于“断”的位置, 接通三相电源, 此时三相电源指示灯H1、H2、H3亮。

2) 调整水压继电器KP1的触点, 使其压力为 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。接通水路后水压继电器动作, “冷却指示”灯H4亮。否则水压不足, 应加大水压, 但不能超过 $3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

3) 将灯丝选择开关SA置于“1”, 交流接触

器KM1吸合, 振荡管“灯丝电压”表PV5指示约25V。

4) 按下“第二档灯丝”按钮SB1, 交流接触器KM2吸合, “灯丝指示”H5亮。此时做停水试验, 逐渐关小振荡管阳极水路阀门到一定程度时, 水压继电器触点断开, KM1、KM2释放, “冷却指示”和“灯丝指示”灯H4、H5灭。说明保护电路正常, 恢复供水, 接通“第二档灯丝”。

5) 调整水压继电器KP2的触点, 并关好设备上各机门。按下“高压接通”按钮SB2, “高压指示”灯H6亮, 同时指示灯H8、H9、H10也亮。此时打开任一装有门开关的机门, 或用绝缘棒拨开过电流继电器KA1、KA2、KA3触头, 则KM4应立即跳开。按下“高压断开”按钮SB3, 则KM4也应立即断开, 指示灯H6、H8、H9、H10全灭。上述结果说明各种保护装置动作正常。

6) 将“自动-手动”开关S5置于“手动”位置, 按下“加热接通”按钮SB4, 交流接触器KM3动作, “加热指示”灯H7亮。按下“加热断开”按钮SB5, KM3释放, H7灭。将时间继电器KT1调整到某一时间, 再将S5置于“自动”位置, 按下“加热接通”按钮SB4。加热到一定时间后, 时间继电器延时断开的常闭触头断开, 加热停止, 指示灯H7灭。至此控制电路试验完毕, 然后按断电程序断开电源。

(2) 灯丝电压的测试和调整 接好振荡管的灯丝连线和栅极连线, 按操作程序分两档接通灯丝电源, 此时“灯丝电压”表PV5指示应为 $33 \pm 0.5 \text{ V}$ 。稳压器在制造厂都经过调整, 灯丝电压应能够稳压在上述范围内。但有时因输入电源电压超过稳压范围, 或因电网频率稍有不同, 所以使灯丝电压与上述值不符。此时应重新调整稳压器的抽头, 通过改变两个谐振线圈(P2和P3)的抽头, 调整振荡管的灯丝电压, 一直调整到符合上述值为止。

(3) 栅极截止负压的测量 在振荡管栅极防振电容C34两端并联一只0~2500V的直流电压表(正端接地), 按顺序分两档接通灯丝电源, 此时表的指示约为1000V。然后, 依次按下“高压接通”按钮SB2和“加热接通”按钮SB4, 此时表的指示为零。再按下“加热断开”按钮SB5, 直流电压表又恢复到原来的指示, 然后按照断电程序断开电源。

(4) 交流调压电源的调试 小盒的调试是本项调试的核心,其原理电路见图15-3-6。小盒后面有一个12位端子板和一个20位端子板。编号为1~10的10块板分别与10个插座连接。10块板对应插座的编号为XS1~XS10。原理图中每块板两端的数字为对应插座上的端子号。小盒中编号为“0”的小板是测试延伸板,供小盒调试用。

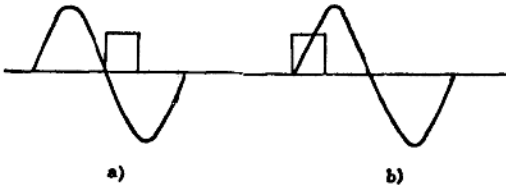


图15-3-6 脉冲与主电路电压波形

调试小盒前先进行下面的检查和测量:

1) 按原理图认真检查接线是否正确,各板上的元器件(如三极管、稳压管、二极管等)极性安装是否正确,元器件有无损坏、脱落或虚焊等。

2) 检查各相与地及各相间是否短路。

3) 将0~10号板全部拔出,然后按操作程序按下“高压接通”按钮SB2,并进行如下测量:

① 测量T2~T7变压器的一次、二次电压应与图15-8-6中标注的数字一致。

② 将“0”号板(测试延伸板)分别插入1~10号板的位置,分别测试T2~T7的电压,其值应符合下列数值:

XS1 (1号板对应的插座)	$U_{7-8} = 20\text{ V}$ (U_{7-8} 即插座上7号与8号端子间电压,以下相同)
XS2	$U_{4-5} = 20\text{ V}$
XS3	$U_{6-9} = 20\text{ V}$
	$U_{8-9} = 20\text{ V}$
XS4	$U_{2-3} = 20\text{ V}$ $U_{7-8} = 18\text{ V}$
XS5~XS10	$U_{1-9} = 13\text{ V}$

小盒的调试顺序和方法如下:

1) 过电压保护板(1号板)的调试

① 运算放大器1N直流工作电源调试 插好过电压保护板,用电压表测量该面板上三个测试插孔1XJ2与1XJ3间及1XJ1与1XJ2间的电压应与1N

的工作电源电压相符,并且正、负工作电压应大致相等。如果两电压相差太大,则应检查1E1和1E2的输入或1U1和1U2的输入。如果输入均满足要求,则应更换1E1或1E2。如果1XJ1与1XJ2间或1XJ2与1XJ3间电压为零,则应检查1E1或1E2的输出或1U1与1U2的输出。

② 射极输出器集电极电压测量 借助“0”号板检查1V1集电极电压是否正常,如果不正常,则应检查1V1是否接反或损坏。

③ 运算放大器零点调试 借助“0”号板用万用表直流电压档的最低档测1N第6脚与1XJ2间电压。当调整1RP2电位器时,表的指示应有变化,认真调整1RP2使表的指示为零。上述三项调试达到要求后,按下1号板备用。

2) 给定保护板(2号板)的调试

① 将给定保护板插入相应位置,检查该面板上2XJ1与2XJ2间电压是否正常。如果电压过高或过低则首先应检查与2XJ1和2XJ2连接的元件是否短路或开路,然后再借助“0”号板检查2E1的输入电压。如果输入正常,则应更换2E1;如果输入电压不符合要求,则应从2U1的输入电压查起。

② 测面板上的2XJ3与2XJ1间的电压应为6~6.5V。如与此值不符,则应检查2V12与2V13是否短路,2V11是否焊反,或2V1是否击穿,管脚是否焊错、开路等。经上述检查使该电压达到6~6.5V。此板暂不拔下。

3) 阳极稳压板(3号板)的调试

① 运算放大器工作电源调试 将阳极稳压板插入相应位置,以后的调试与项1)中①相同。

② 运算放大器零点调试 将该板拔出,并将3R5(原200kΩ)改为10~12kΩ(即在3R5两端并联一个阻值为10~12kΩ的电阻)。将电源柜面板上的“给定通断”开关S置于“通”,将此板插好,以后的调试与项1)中③相同。

③ 射极输出器调试 测量3V1的集电极电压是否正常,如果不正常,则应检查3V1是否击穿或开路。射极输出器调试完毕后,用万用表测3N第6脚与3XJ2间电压。当“电压调节”电位器RP由左端逐渐旋至右端时,表的指示也应逐渐上升。如果表的指示无明显变化,或变化不均匀,则应更换3N。调试完毕后将电源柜面板上“电压调节”电位器RP旋至左端,将“给定通断”开关S置于“断”。按下2号板和3号板备用。

4) 电源偏置板(4号板)的调试

① 将此板插入相应位置,用万用表测该面板上的4XJ1与4XJ3间的电压是否正常。

② 用万用表测4XJ1与4XJ2间电压,调节4RP1使电压约为-5V,然后将电位器锁紧,拔下4号板备用。

5) 各触发板(5~10号板)的调试

① 准备工作 将调试好的1~4号板均插入相应位置,将5号板也插入相应位置,用万用表测该面板上5XJ1与5XJ2间的电压是否正常。

② 脉冲产生的调试 用双踪示波器的A探头观察脉冲变压器T8的二次电压波形,调节5号板面板上的“同步调节”电位器5RP1,使脉冲变压器二次侧有矩形脉冲输出。当调节“同步调节”电位器5RP1时,脉冲应有30°左右的调节范围,如调节范围不足,则应检查5R3与5RP1的数值是否与规定值相符。如果无脉冲输出,可按第4章第3节所述进行检查处理。然后将6~10号板分别插入相应位置,用与上述相同方法进行调试,使脉冲变压器二次侧均有矩形脉冲输出。

③ 脉冲宽度调试 脉冲宽度应为60°~90°,并且六个脉冲宽度应基本一致,如果脉冲宽度小于60°时,则应检查5C5和5R12两个元件参数是否正确。

④ 脉冲幅度调试 用示波器分别观察六个脉冲的幅度,其幅度应大于8V,并且幅度应基本一致。如个别脉冲幅度过低,则应检查相应的5V6的放大倍数是否符合要求,脉冲变压器一次、二次是否接反,以及对应晶闸管的门极与阴极间参数是否正常。

⑤ 脉冲与主电路同步调试 用双踪示波器同时观察各相脉冲和对应的晶闸管主电路的电压波形(此电压可用同步变压器T2、T3、T4的二次电压代替)。现以U相为例说明,用A(或B)探头接T2二次侧的1、9(公共端接1),用B(或A)探头接T8的二次(公共端接K)。此时示波器上应同时显示出主电路的正弦电压波形和相应的触发脉冲波形。调节A、B探头的衰减,使正弦波与脉冲比例合适。调节触发板面板上“同步调节”电位器5RP1,使脉冲与主电路电压波形的位置如图15-3-6a所示。将“同步调节”电位器5RP1锁紧。

⑥ 脉冲移相调试 将调压电源柜面板上的“给定通断”开关S置于“通”,然后顺时针旋转

调压电源柜面板上“电压调节”电位器RP,这时脉冲应有180°的移相范围(见图15-3-6b),且在此移相范围内脉冲不允许有消失、抖动、突跳现象。如有上述现象将1号板拔下,如现象消失,说明1号板调零不当;如果现象仍然存在,说明3号板调零不当,应重新调试直至现象消除为止。其余五个触发脉冲板用相同的方法进行调试。六个脉冲全部调完后将“电压调节”电位器RP旋至左端。将各板插好、插牢。然后将“电压调节”电位器RP沿顺时针旋转。此时,调压电源柜上的三块电压表PV1、PV2、PV3逐渐由零升至380V,三块表的指示基本一致。如果三块表指示不一致,则应重复进行触发脉冲与主电路同步的调试。将“电压调节”电位器RP旋至左端,将“给定通断”开关S置于“断”,按断电操作程序断开电源。

6) 过电流保护及过电压保护的模拟试验 产品在出厂前均已进行了此项试验,用户一般不必作此项试验。但有时因产品在运输过程中,由于电位器松动等原因,小盒经过上述调试后调压电源柜仍不能正常运行,这时可进行此项试验。

① 过电流保护的模拟试验 用380/15V的三相降压变压器一台,将接到小盒XS2插座8、9、10号端子上的线拆掉,将该变压器二次侧分别接到小盒XS2的8、9、10号端子上,一次侧分别接电源三相L1、L2、L3(该变压器一次和二次绕组分别为Y形联结)。如果没有变压器也可在2号板的2C8两端加20V直流电压。接通电源,按操作程序按下“高压接通”按钮SB2,用示波器观察任一触发脉冲和对应的晶闸管主电路电压波形,将“给定通断”开关S置于“通”,沿顺时针方向旋转“电压调节”电位器RP,使触发脉冲移相180°。然后调2号板面板上的“过电流调节”电位器2RP1,使2V12导通。这时脉冲迅速向右移,同时调压电源柜面板上的“过电流指示”灯H12亮。按下恢复按钮SB,反复试验应可靠动作。然后将“过电流调节”电位器2RP1向相反方向略微旋转某一角度,最后锁紧电位器。将“电压调节”电位器RP旋至左端,将“给定通断”开关S置于“断”,按断电程序断开电源。

② 过电压保护模拟试验 用10V直流电源接到小盒插座XS1的2、3号端子上(注意要拆掉小盒插座XS1上原来的连线),3号端子接电源负端,2号端子接电源正端。接通电源,按操作程序按下

“高压接通”按钮SB2,用示波器观察触发脉冲和对应的晶闸管主电路电压波形。将调压电源柜面板上“给定通断”开关S置于“通”,沿顺时针旋转“电压调节”电位器RP,使触发脉冲移相 180° 。调节1号板面板上“过电压调节”电位器1RP1,使2号板的2V13导通,这时触发脉冲迅速向右移,同时“过电压指示”灯H11亮。按下“恢复”按钮SB0这样反复试验几次,都应可靠动作。然后,将电位器1RP1向相反方向略微旋转某一角度锁紧。将“电压调节”电位器RP旋至左端,将“给定通断”开关S置于“断”,按断电操作程序断开电源。将插座XS1和XS2的接线恢复到原来状态。

(5) 硅堆整流的调试 将3号板中并联于3R5的 $10\sim 12k\Omega$ 的电阻取下,然后将3号板插入相应位置,同时检查其余9块板是否插好、插牢。将晶闸管输出的u11、v11、w11到高压整流变压器低压侧U1、V1、W1三根线接好,接通电源,按操作程序按下“高压接通”按钮SB2,将“给定通断”开关S置于“通”。沿顺时针方向旋转“电压调节”电位器RP。这时,“阳极电压”表PV4的指示由零逐渐升至 $12.5kV$ 。同时调压电源柜上三块电压表PV1、PV2、PV3的指示也由零逐渐升至 $380V$,三块电压表指示最好一致。如果不一致,最大允许相差约 $20V$ 。调试中经常出现下列现象:

1) 阳极电压突变。可能相序不对,应按电气原理图查线。

2) 电压能平滑上升,但不能达到 $12.5kV$ 。可能是反馈太强(R6阻值不当),或相序不对。

3) 当略微沿顺时针旋转“电压调节”电位器RP时,“阳极电压”表PV4指示突然上升很大幅度,或沿顺时针方向旋转“电压调节”电位器RP时,“阳极电压”表PV4指示为零。此时很可能是电阻R6的反馈电压极性接反。

4) 在电压上升过程中,过电流继电器KA1、KA2动作。很可能是各触发脉冲的延迟角不一致。排除上述故障后,将“电压调节”电位器RP旋至左端,将“给定通断”开关S置于“断”,按断电操作程序断开电源。

(6) 高频振荡试验

1) 在淬火变压器二次侧接好感应器,并在感应器中放入淬火工件作为负载(无负载不允许接通加热,否则会因槽路电压过高而导致槽路元件打火击穿)。

2) 检查各水冷元件的通水情况,不能有渗漏现象。

3) 将耦合手轮置于槽路线圈中部。

4) 将反馈线圈L7调节在中间位置。

5) 接通电源,按操作程序按下“加热接通”按钮SB4,将“给定通断”开关S置于“通”,沿顺时针方向旋转“电压调节”电位器RP。这时,“槽路电压”表PV6、“阳极电压”表PV4、“阳极电流”表PA1、“栅极电流”表PA2均有指示,说明振荡器已工作。

6) 旋转“电压调节”电位器使阳极电压上升至约 $5kV$ (对于新工件尤其需要这样做),然后调节耦合手轮和反馈手轮,使阳极电流和栅极电流有一定的比例关系(其具体数值根据工件而定)。如果阳极电流比例适中,并且槽路无打火现象,然后将阳极电压逐渐升至所需要的数值。调节的一般规律是当阳极电压升高时,阳极电流、栅极电流同时上升。当然,两个电流上升速度并不等。加大反馈时,栅极电流上升,阳极电流略微下降;加大耦合时,阳极电流上升,栅极电流变化不大,最大阳极电流不超过 $12A$,栅极电流不超过 $2.5A$ 。

调试及使用中应注意的事项:

① 实际淬火过程中,振荡器的负载有一定的变化。开始时,工件处于冷态,负载较重。当工件温度升高后,涡流和磁滞损耗小,负载变小。此时,阳极电流开始下降,而栅极电流上升。此时应减小反馈,加大耦合,使阳极、栅极电流保持适当的比例(当然,如果在工件加热过程中阳极、栅极电流变化不显著,也可以不必调节反馈和耦合,视具体情况而定)。

② 高频设备的特点是电压高,功率大。当负载匹配不好时,槽路元件易打火击穿,所以在调试时应当用负载变化较慢的工件,或者用通水的铁罐代替工件进行调试。调试时,槽路电压表PV6的指示一般在 $7\sim 10kV$ 之间。

③ 实际工作时,使用全电压(即 $12.5kV$),可以得到较高的效率。但处理小工件时,因负载太小,电压过高,槽路元件易打火、击穿。因此处理小工件时阳极电压不宜太高。

④ 实际淬火时,如果阳极电流过小,说明LC回路的谐振阻抗较大。为了减小谐振阻抗,可以采用以下措施:

a. 加大耦合。相当于在图15-3-3中向上移动

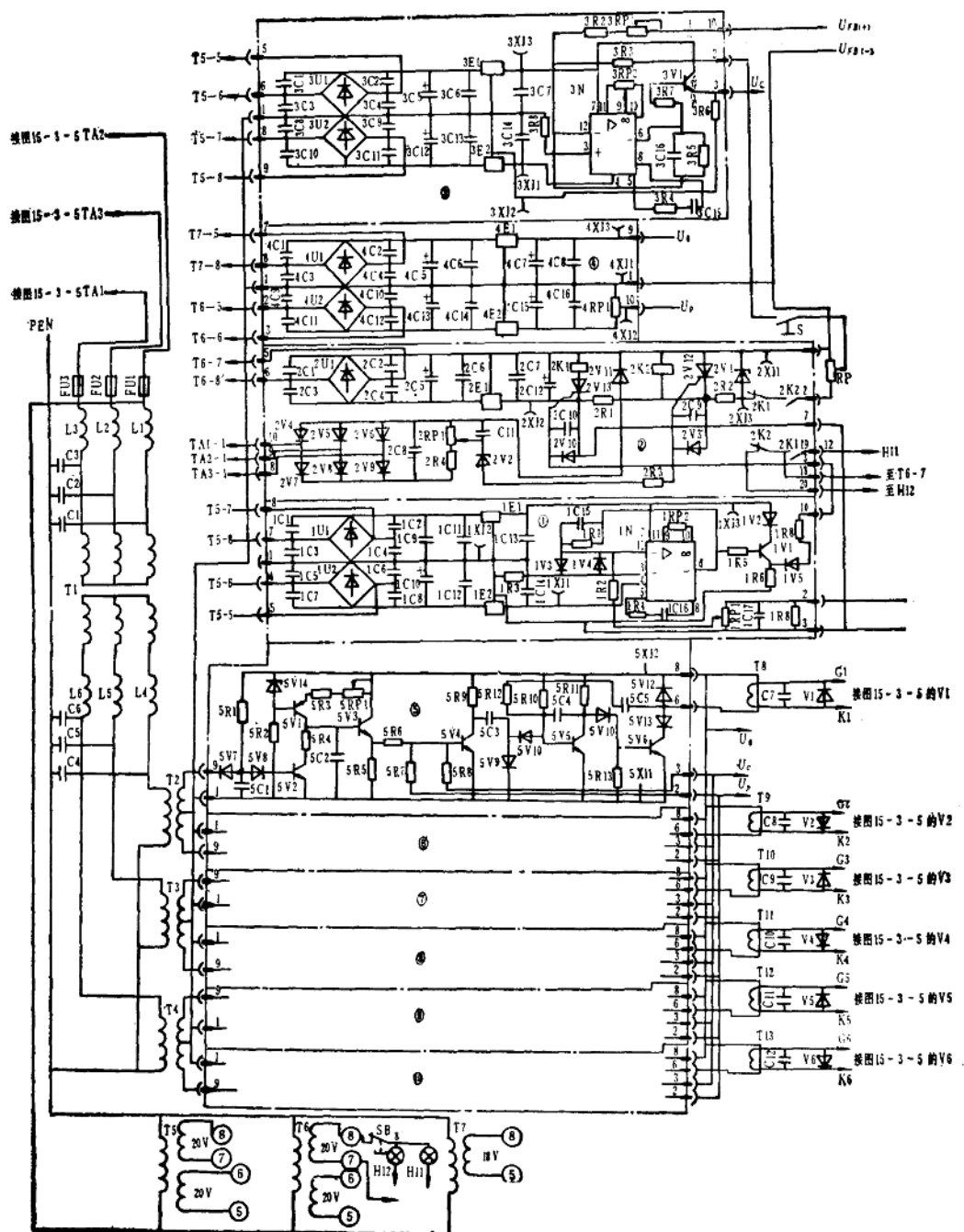


图15-3-7 印制电路板小盒电气原理图

①—过电压保护板 ②—给定保护板 ③—阳极稳压板 ④—电源偏置板 ⑤~⑩—整流板
 RP—5W, 33k Ω C1~C3—4kV, 1000pF C4~C6—500V, 2 μ F C7~C12—160V, 0.1 μ F V1~V6—
 2CZ82F L1~L6—滤波电感 FU1~FU3—熔断器BLX1 T1—隔离变压器 T2~T4—同步变压器
 T5~T7—电源变压器 T8~T13—脉冲变压器 H11, H12—指示灯 SB—按钮

短路环。

b. 将 L4 至 T15 的连接点向上移 (100kW 高频感应加热设备 L4 备有抽头)。

c. 增大二槽路电容 C26 的容量。如果阳极电流过大, 说明 LC 的谐振阻抗过小, 应增加谐振阻抗。为了增加谐振阻抗, 轻易不要减少二槽路电容 C26 的容量, 因为对槽路电容除考虑容量、耐压外, 还要考虑无功功率。如果二槽路电容减少过多, 可能因无功功率不足而损坏。

⑤ 当旋转“电压调节”电位器 RP 使阳极电压升高时, 如果过电流继电器 KA1 动作, 并且过电流指示灯 H12 亮 (见图 15-3-7), 这时可按下恢复按钮 SB, 并且调 2 号板面板上的“过电流调节”电位器 2RP1 (见图 15-3-7)。如果过电压指示灯 H11 亮, 可调 1 号板面板上的“过电压调节”电位器 1RP1 (见图 15-3-6)。如果过电流指示灯和过电压

指示灯均不亮, 则很可能因各脉冲延迟角不一致, 使过电流继电器 KA1、KA2 动作。有时因触发脉冲延迟角不一致, 也会导致总电源跳闸。

⑥ 在通常情况下, 阳极电流上升, 槽路电压也随之上升。如加大耦合时, 阳极电流上升, 而槽路电压却下降, 这说明耦合太紧, 应减小耦合。

⑦ 遇到设备有打火放电情况, 应立即切断全部电源, 检查放电原因。常见的原因有以下几种:

- a. 负载匹配不好;
- b. 放电处有潮气或灰尘;
- c. 放电处距离机箱过近;
- d. 尖端放电;
- e. 元件击穿引起过电流;
- f. 电路中有寄生振荡。

应针对放电原因进行处理后, 再进行试验或使用。