

告 读 者

我所即将出版“可控硅变频调速”一书。科技新书目 125 期已向广大读者征订，如未订到者，可逕向重庆市2104信箱发行组联系另售。定价：1.50元。

内容简介：可控硅变频调速近年来有了新的进展。本专辑除介绍国内一种移相变频原理及其应用以外，着重选译了国外有关交流—交流直接变频以及交直交变频装置的文献。包括电气调速传动的动向和发展趋势，变频原理及其应用，各种变频方案的方框图或具体线路组成，变频对电动机有关参数的要求，以及对影响变频器运行特性的若干问题分析研究。

读者对象：从事变频、电气调速传动、电机电器制造、可控硅制造的科研、设计、生产和教学人员。

电 装

(国外引进设备的电气装备)

第一辑

中国科学技术情报研究所重庆分所	编 辑
科学技术文献出版社重庆分社	出 版
重庆市市中区胜利路 91 号	
四川省新华书店重庆发行所	发 行
重 庆 印 制 第 一 厂	印 刷

开本：787×1092 毫米 1/16	印张：6 $\frac{1}{4}$	字数：16 万
1979年12月第一版	1979年12月第一次印刷	
科技新书目：134—59	印数：9400	

书号：15176·375

定价：0.70 元

《电工技术》征稿启事

中国科学技术情报研究所重庆分所主编的《电工技术》，双月刊（每期十四万字），将在1980年二月出版试刊，由新华书店发行。

《电工技术》是综合性科技刊物，主要报导国外有关电工方面的设计、生产、运行、科研成果、发展动向和消息。着重报导电工方面的实际应用科技资料，欢迎广大读者供稿。

一、本刊报导内容

1. 能源的合理利用：生产工艺的改进；提高设备效率和节约能源的措施（节约用电、余热利用、能源综合利用）；能源技术开发政策；
2. 厂矿电气设备、发电输变电设备、农业电气设备、日用电器、照明电气设备等的设计、安装、调试、运转、维修和改进的先进技术；
3. 电气传动和变流技术；
4. 测试技术。

二、资料来源

国外特种文献、近期期刊、专利等。

三、对稿件的要求

1. 来稿力求翻译准确，文字精练，须用钢笔在方格稿纸上书写，字迹务必清楚，加标点符号，每个标点占一格；
2. 文中插图须在描图纸上绘制清楚，照相图务求清晰；公式、外文字母、代号、单位名称（一律采用公制）要统一无误，易混淆的要注文别或加注说明；国外公司名称、地名（除常用地名外）、研究机构名称和人名一律用原文；
3. 来稿一般采用全译，凡摘译和编写时，务请注明所引用的文献；
4. 来稿请写真实姓名，工作单位、职务、通讯地址，以便联系，如以笔名发表，请加注明；
5. 来稿一律不退，请供稿者自留底稿。

来稿请寄：四川重庆市2104信箱《电工技术》编辑部

中国科学技术情报研究所重庆分所

《电工技术》编辑部

七九年九月十日

(日) 亚漂机电控系统简介

吉林工业大学 崔雨田

前 言

亚漂机是亚氯酸钠叠卷式连续漂白机的简称。该机主要用以漂白的确良,是印染厂的重要设备。70年代初我国先后从日本进口了二十多台亚漂机。作者于1975年在长春印染厂参加了亚漂机的安装与调试工作。这台亚漂机是1974年从日本进口的最后一台。该机的电控部分是日本明电舍公司设计与制造的。日方提供了一套电控系统图纸和说明书。图纸分N和G两部分。N部分是主电路和操作电路的安装接线图;G部分是控制单元的方框图和接线图。说明书对控制系统原理做了简要的介绍。虽然这套图纸对安装和接线已够用,但没有给出控制单元的原理线路图,因而给我国各用户在调试和维护上造成一定困难。

亚漂机的电控系统是明电舍公司的系列产品。14台直流电动机的电枢都用可控硅变流器供电,其中有12台电动机由一套THYL-70UNI系列可控硅变流装置供电,

有两台电动机由两套 THYL-70MINI 系列可控硅变流装置供电。系统中的控制单元采用 YP-70 系列。我国74年出版的“可控硅装置与轧钢机电传动自动化”一书中介绍了上述系列。

亚漂机电控系统是日本70年代初期的产品,反映了当时日本在电气传动领域内的水平。对于国外引进设备,搞清它的工作原理是非常必要的。因为只有在了解原理的基础上,才能正确使用和发挥设备的应有性能,才能有选择地吸取外国的先进经验和技术。为此,将亚漂机电控系统做一简介。

一、概 述

未漂白的原料被轧车辊拉入机中,经浸轧槽、喂布辊送至密封的反应室中。反应室内有两个打卷辊。浸液后的布料在反应室内必须停留一段时间进行化学反应。完成化学反应后的布料被拉布轧车拉出反应室,然后进入到6台平洗槽中清洗化学药品,再经过两台干燥辊干燥后送出机台。生产过程是

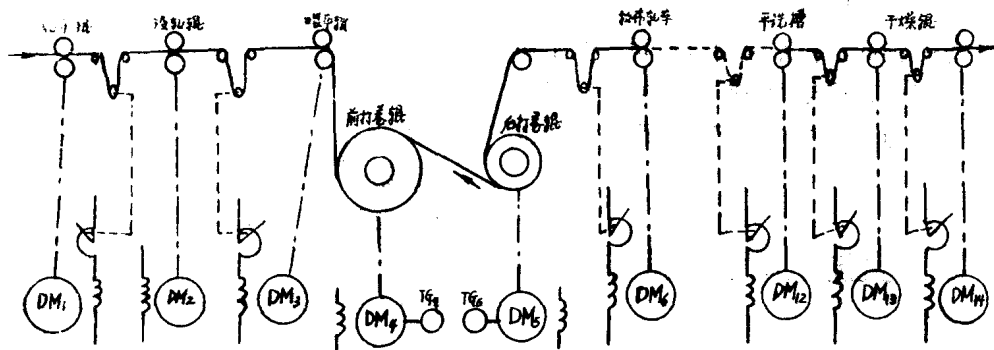


图1 亚漂机设备布置图

连续式的，即连续进布和出布。布料在反应室内先后卷绕在两个打卷辊上，然后再退出反应室。利用这种方法使布料在反应室内停留一段时间，又能保持连续生产。前后两个打卷辊都需要正反转。

这台亚漂机采用分部传动方式，共用14台直流电动机。除两台拖动打卷辊的电动机外，其余12台电动机都是不可逆运转的。这12台电动机的电枢由一套三相全控桥式可控硅变流器供电。车速可在15~60米/分范围内调整。点车速度可以低于15米/分。利用改变电枢电压来调整车速。这12台电动机的同步问题用自动调节激磁电流的方法来解决。例如轧车辊速度降低时，升降辊升高，带动磁场变阻器的动触点，使电动机DM₁的激磁电流减小，速度升高。12台电动机的调磁调速范围为1:2。打卷辊由2.2瓩的直流电动机拖动。每台打卷辊电动机都有两种工作状态：自动速度控制和自动电流（张力）控制。例如图1中DM₄工作于自动速度控制状态，DM₅工作于自动电流控制状态。随着卷径的增加，DM₄和DM₅的磁通成比例增加。这两台电动机的调磁调速范围为1:3。利用单独的可控硅变流器调节DM₄和DM₅的激磁电流。当一个打卷辊上的布料接近放完时，全机自动降到低速。布料放完时，全机自动停车，然后再升至低速。进入反应室的布料自动卷绕到已放完布料的打卷辊上，两个打卷辊的工作状态发生了变化。例如图1中的前打卷辊放布，DM₄将工作于自动电流控制状态；后打卷辊卷布，DM₅将工作于自动电流控制状态。这一换向过程结束后全机再升至工作速度。全机的升速与降速由缓冲起动器控制。打卷辊与全机的同步问题后面将专门叙述。

二、直流电源控制系统

对12台电动机供电的可控硅变流装置及其控制单元组成直流电源控制系统。这部分

设备装在一个单独的控制柜内。控制单元印刷电路板组装在几个抽屉中。图2是本系统的方框图。单独的整流变压器对三相全控桥式可控硅变流器供电。最大整流电压为220伏。系统采用电流电压双闭环控制方式（国内其他厂的本系统采用电流速度双闭环控制）。目前大家对双闭环系统都比较熟悉，所以就不介绍了。下面着重介绍一下本系统的几个控制单元。

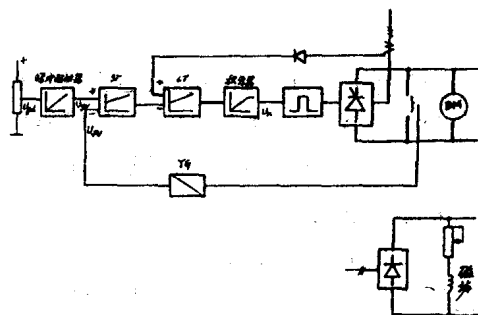


图2 直流电源控制系统方框图

1. 缓冲起动器（YP70-CC10）

缓冲起动器（即给定积分器）在阶跃输入信号作用下能输出一个随时间按直线规律变化的电压。线速度给定 U_{gd} 加到输入端 S_i 。由 S_o 输出电压 U_{gv} 加到电压调节器的输入端。本控制单元共有四个集成电路放大器

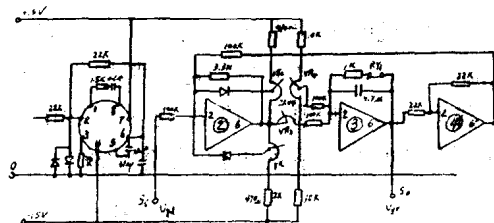


图3 缓冲起动器原理图

$\mu PC55A$ 。亚漂机的 U_{gd} 极性不变，所以没有用第一个放大器。 $\mu PC55A$ 有8个管脚，2是反相输入端，3是同相输入端，6是输出端。+15伏和-15伏电源分别加到7与4。8与1之间外接消振阻容，5与6之间外接消振电容。亚漂机控制系统中的集成电路放大器都是 $\mu PC55A$ 型的，以后为了省事起见

U_{gd} 通过 RY_2 的常闭触点、100千欧电阻加到放大器2的反相输入端。放大器2的输出 U_{s2} 经3.3兆电阻反馈到输入端2。放大器4是反相器, $U_{s4} = -U_{gv}$ 。 U_{s4} 通过100千欧电阻反馈到放大器2的输入端2。放大器2的输入为 $(U_{gd} - U_{gv})$, 输出电压为:

放大器 2 有输出限幅环节。用电位器 $V R_2$ 调整负限幅, $V R_1$ 调整正限幅。限幅值小于 10 伏。设负限幅值等于 -10 伏, 则 $(U_{gd} - U_{gv}) = 0.33$ 伏时, 输出就达到限幅值了。车速 15 米/分时, $U_{gd} = 2.4$ 伏, 因此突加 U_{gd} 时, U_{sc2} 已达到限幅值。设放大器 2 的负限幅为 $-U_m$, 则放大器 3 的输出为:

上式中 $V R_3$ —可调电阻值(千欧), t —时间(秒)。放大器 3 是一个积分器, 故直接写出 (2) 式。由 (2) 式看出, U_{2m} 一定时, U_{gv} 按直线规律变化。调整 U_{2m} 和 $V R_3$ 可改变 U_{gv} 的变化速度。 U_m 可在 1—10 伏之间调整。

幅值。由于有 U_{sc4} 的负反馈作用, 稳态时 $U_{gv} = U_{gd}$ 。当 U_{gd} 由高突然变低 (机器由高速降到低速) 时, U_{gv} 不能突变, 所以放大器 2 的输入 ($U_{gd} - U_{gv}$) 变为负值, U_{sc2} 达到正限幅, 电容 C 放电, U_{gv} 按直线规律下降。打卷辊换向时, 全机由低速制动到停车, 这时 RY_1 的常闭触点闭合, 给电容 C 形成放电回路, U_{gv} 迅速降到零。图 4 画出 U_{gd} 变化时 U_{gv} 的变化曲线。

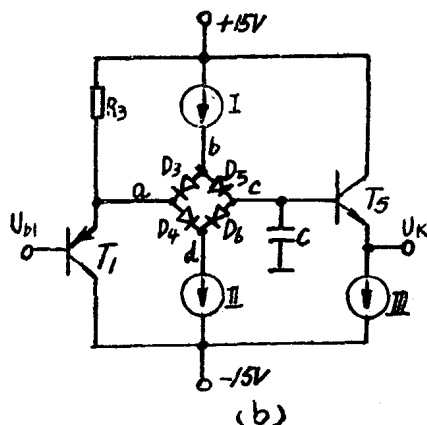


图3中的 VR_4 是调零电位器。在亚漂机控制系统中设置缓冲起动器是非常必要的,它保证全机在升降速过程中各分部协调运转。

积分器连接在电流调节器与触发电路之间,防止因干扰造成可控硅误触发。输入电压突然变化10伏时,输出电压的变化时间约为10毫秒。

电流调节器的输出电压 U_{LT} 加到积分器的输入端子 11 上。输出电压 U_k 是触发电路的控制电压。线路中有三个恒流装置，在图 5-(b) 中用三个恒流源表示。

三极管 T_1 的基极电位 $U_{b1} \approx U_{LT} - \Delta U_w$ ， ΔU_w 是稳压管 WY_1 的稳压值。假设三极管射极-基极间压降为零，则有 $U_a = U_{b1}$ 。先从 $U_{b1} = 0$ 开始分析。假设电路已达稳定状态，则 $U_c = U_a = U_{b1} = 0$ ， $D_3 \sim D_6$ 均处于导通状态。忽略二极管压降，则 $U_a = U_b = U_c = U_d = 0$ 。恒流 I 流向 D_3 和 D_6 ，恒流 II 流过 D_4 和 D_5 。如果 U_{b1} 突然下降至 $-e$ ，则 $U_a = -e$ 。因电容电压不能突变，所以此时 U_c 仍等于零。 D_3 和 D_6 的阳极连在一起， D_3 的阴极电位低，所以 D_3 导通， $U_b = U_a = -e$ ， D_6 承受反向电压关断。 D_4 和 D_5 的阴极连在一起， D_4 的阳极电位低， D_5 的阳极电位高，所以 D_5 导通， $U_d = 0$ ， D_4 关断。四个二极管中， D_3 与 D_5 导通。恒流 I 流向 D_3 。恒流 II 流过 D_5 对电容 C 充电， U_c 由 0 伏开始按直线规律下降。忽略三极管射极-基极间电压， $U_k = U_c$ ，所以 U_k 也下降。当 $U_c = U_a = -e$ 时电路达到新的稳态， $D_3 \sim D_6$ 又均导通，电容 C 不继续充电。稳态时 U_c 一定等于 U_a 。如不然，设 $U_a > U_c$ ，则 D_3 截止， D_5 导通，恒流 I 对电容 C 充电， U_c 逐渐升高，直到 $U_c = U_a$ 为止。另外，即使考虑三极管射极-基极间电压，稳态时， U_k 也近

似等于 U_{b1} 。由于输入回路有稳压管，所以

$$U_k \approx U_{b1} \approx U_{LT} - \Delta U_w \quad (3)$$

系统中的触发电路要求 $U_k = 0 \sim 10$ 伏。 $U_k = 0$ 时，控制角 α 最小，电流调节器输出应最大。设调节器的正限幅为 10 伏， $\Delta U_w = 9$ 伏，

$$U_k \approx U_{LT} - \Delta U_w = 10 - 9 = 1 \text{ 伏}$$

这时 $\alpha \approx 15^\circ$ 。

恒流装置 III 是为了使 T_2 功率降低而采用的。在电流调节器和触发电路之间增加几个毫秒的延迟，对于防止干扰是有效的。在其他国外引进设备中也有类似的环节。

3. 触发电路 (YP-70UG1)

本系统的触发电路如图 6 所示。触发电路采用锯齿波移相，并用双脉冲触发可控硅。触发脉冲移相范围为： $\alpha = 15^\circ \sim 165^\circ$ ，脉冲宽度为 $18^\circ \sim 20^\circ$ 。为便于分析，把同步移相环节单独画出，如图 7 所示。

同步电源 $U-X$ 的 U 端接于端子 12， X 端接于端子 3。同步电源波形如图 8-(a) 所

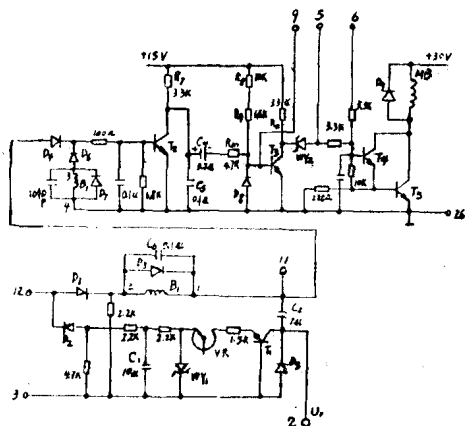


图 6 触发电路原理图

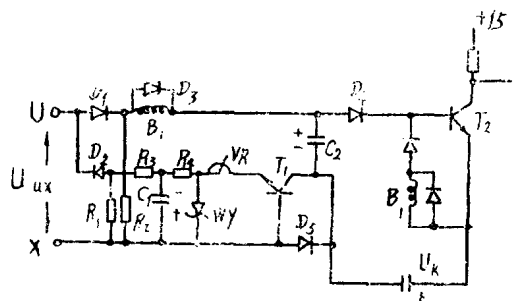


图 7 同步移相环节

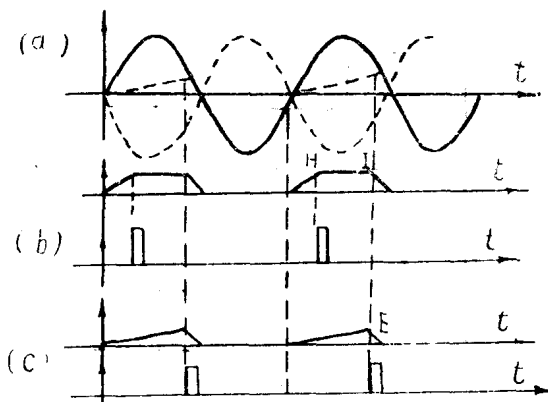


图 8 波形图

框图中没有画出一些有关的继电器触点。

缓冲起动器的输出 U_{gv} 加到反相器 F_1 的输入端。反相器的输出 $-U_{gv}$ 再加入到速度调节器的输入端。前打卷辊处于图1所示状态时,线速度给定为 $-U_{gv}$,是负电位。 DM_4 轴上接一永磁式直流测速机 TG_4 。布的线速度为:

$$V = \frac{\pi Dn}{60}$$

D 是布卷的直径。 D 是变化的,所以在测速机电枢回路接一个可调电阻器 VR_1 。 VR_1 的动触点由贴布辊带动, D 增加时,动触点向上滑动,由动触点引出的反馈电压 U_{FV} 与 Dn 成正比,故与线速度成正比。 U_{FV} 的极性为正,与线速度给定相反,是负反馈。

为使前打卷辊的线速度与反应室前面的布速一致,系统中采用了环位调节器。在喂布辊和浸轧槽之间装有反映张力大小的升降辊。喂布辊只在运转开始阶段拉布。全机升速后喂布辊减压,不起拉布作用,而靠打卷辊将布拉入反应室。因此,升降辊的位置反映了打卷辊和浸轧槽之间的张力。环位调节器由放大器($\mu PC55A$)加阻容反馈回路而构成,是一个近似的比例积分调节器。正的环位给定值 U_{gx} 加到环位调节器的输入端。升降辊带动环位电位器 VR_2 的动触点。由 VR_2 的动触点引出环位反馈值 $-U_{FX}$ 。假设打卷辊速度升高了,则升降辊上升, VR_2 的动触点向上移, U_{FX} 增加。 $U_{FX} > U_{gx}$ 时,环位调节器输出正的 ΔU_{gv} ,加到速度调节器的输入端。 ΔU_{gv} 使速度调节器的输入减少, DM_4 的转速下降,保持布的张力一定。

打卷辊需要可逆旋转。本系统采用接触器触点切换电枢电流方式实现可逆运转。打卷辊几十分钟换一次向,因此采用这种方案是合理的。每次停车时, DM_4 和 DM_5 进行发电制动。打卷辊在卷布和放布过程中,为了保持线速度不变,随卷径变化而自动调节电动机的激磁电流。因此,采用单独的可控硅变流器对 DM_4 和 DM_5 的激磁绕组供电。

下面介绍电枢切换原理和磁场控制方法。

1. 电枢切换逻辑单元 (YP-70MCC)

用速度调节器的输出电压 U_{ST} 做电枢切换指令。 U_{ST} 经1千欧电阻加到 T_1 的基极。 T_1 的基极和地之间接有并联的 RC 电路,目的是消除干扰。先分析 a 点电位等于多少时 T_3 导通和截止。假设 T_3 已截止,这时 T_4 导通,继电器 RY_1 吸合。 T_3 截止时,发射极电位 $U_{e3} \approx -0.6$ 伏,为使 T_3 导通, T_3 基极电位 $V_{b3} \approx 0$ 。 T_3 由截止变为导通时, a 点电位为:

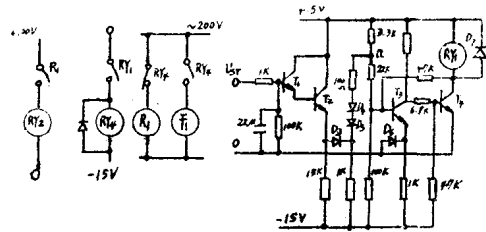


图10 电枢切换电路图

$$U_a = \frac{22 \times 15}{100} = 3.3 \text{ 伏}$$

因为 T_4 导通时,集电极电位近似为零,所以计算 U_a 时没有考虑 T_4 集电极电位的影响。 $U_a = 3.3$ 伏时, T_3 由截止变为导通, T_4 由导通变为截止, RY_1 由吸合变为开断。 $U_a > 3.3$ 伏时 RY_1 也是断开的。当 U_a 由大于3.3伏再降到3.3伏时, T_3 不会由导通变为截止,这是因为 T_4 截止,其集电极通过47千欧电阻反馈到 T_3 基极所致。下面计算 T_3 由导通变为截止时的 U_a , RY_1 线圈电阻甚小于47千欧,计算 U_a 时忽略不计。由下式:

$$\frac{U_a}{22} + \frac{15}{47} - \frac{15}{100} = 0 \quad (4)$$

从而得: $U_a = -3.7$ 伏。这时, T_3 由导通变为截止, T_4 由截止变为导通, RY_1 由开断变为吸合。 RY_1 的动作如图11所示,存在一个回环。回环特性可以防止误切换。二极管 D_4 与 D_5 的管压降约等于 T_1 、 T_2 基极-射极间电压,所以 $U_e \approx U_{ST}$ 。

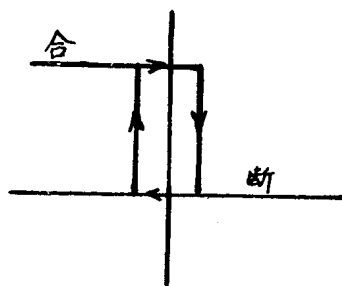


图11 RY_1 动作图

开始起动时, 因线速度给定为 $-U_{g0}$, 所以 U_{ST} 为正的。由于调节器的积分作用, U_{ST} 增加, 大于3.3伏时 RY_1 线圈断电, RY_1 常开触点断开, RY_4 线圈断电, 其常闭触点接通主接触器 R_1 线圈, R_1 的主触点闭合。 R_1 辅助常开触点闭合, 接通 RY_2 线圈。 RY_2 的常开触点闭合, 常闭触点打开, U_{ST} 通过反相器变为负的加到电流调节器的输入。电流反馈信号极性不变, 总是正的。

速度给定值突然变为零时, 由于存在线速度反馈 U_{FV} , 所以 U_{ST} 变为负的。 $U_{ST} < -3.7$ 伏时 RY_1 吸合, 它的常开触点闭合, 接通 RY_4 线圈。 RY_4 常闭触点断开 R_1 线圈, RY_4 常开触点闭合并接通 F_1 线圈。主回路中主触点 R_1 打开, F_1 闭合, 电枢进行了切换。另外, 因 R_1 的常开触点断开, 所以 RY_2 线圈断电, RY_2 的常开触点断开, 常闭触点闭合。 U_{ST} 通过 RY_2 的常闭触点加到电流调节器的输入端, U_{ST} 是负的。电枢切换后, DM_4 进行发电制动, 可控硅变流器处于逆变状态。还应指出, 电枢切换是在主回路电流为零时进行的, 不详细叙述了。对 DM_4 和 DM_6 电枢供电的可控硅变流器的触发电路与前面讲过的触发电路相同。

2. 磁场控制单元

随着卷径的增加, 成比例地增加电动机的磁通 ϕ , 可维持线速度不变。用贴布辊带动可变电阻器的动触点。从动触点引出电压 U_D , U_D 正比于卷径, 是卷径的测量值。因 ϕ 与激磁电流不成正比, 所以不能直接用 U_D

做激磁电流给定值。为使 ϕ 与 D 成正比, U_D 通过曲线发生器产生激磁电流给定值 U_{gi} 。

下面分析曲线发生器的工作原理。

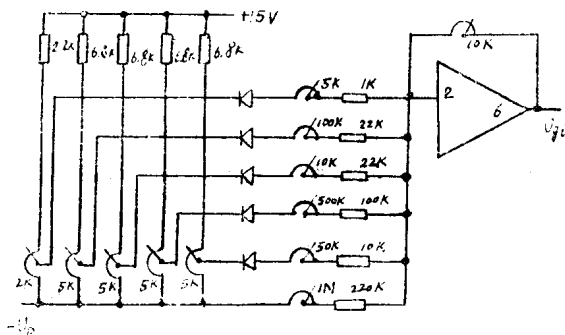


图12 曲线发生器电路图

分析两条输入回路的工作情况便可了解实际线路的原理, 见图13, a。第Ⅱ支路有一个二极管, 如果忽略管压降, 则只有当 $e_i \leq 0$ 时支路中才有电流。

$$e_i = \frac{R_4 \cdot 15}{R_3 + R_4} - \frac{R_3 \cdot U_D}{R_3 + R_4} \quad (5)$$

$$e_i \leq 0 \text{ 时, } U_D \geq \frac{R_4 \cdot 15}{R_3}; \text{ 则 } U_D < \frac{R_4 \cdot 15}{R_3}$$

时, $e_i > 0$, 只有第Ⅰ支路导通, 放大器的输出为:

$$U_{gi} = \frac{R_I}{R_1} U_D. \quad (6)$$

$$U_D \geq \frac{R_4 \cdot 15}{R_3} \text{ 时, 第Ⅱ支路也导通,}$$

$$U_{gi} = \frac{R_I}{R_1} U_D + \frac{R_I}{R_2} \left(-\frac{R_3}{R_3 + R_4} U_D - \frac{R_4 \cdot 15}{R_3 + R_4} \right) \quad (7)$$

U_{gi} 的图形见图13, b。由这种简单情况很容易看出曲线发生器的工作原理。实质上, 曲线发生器是用几条折线逼近一条曲线。输入回路越多, 逼近的精度越高。曲线的形状可用电位器调整。因为曲线发生器的输入回路比较多, 所以接在它前面的放大器有分立元件构成的功放级。

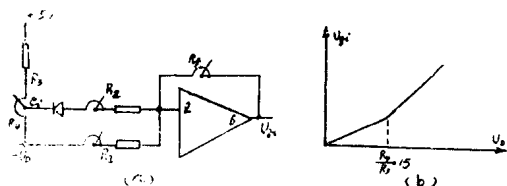


图13 曲线发生器原理图

最后还应说明一下,并非只有卷布时才用自动速度控制系统。当前机台不往反应室送布,反应室内只有一个打卷辊有布并且往后机台退布时,拖动打卷辊的电动机在电动状态下工作,由自动速度控制系统供电和控制。

四、自动电流(张力)控制系统

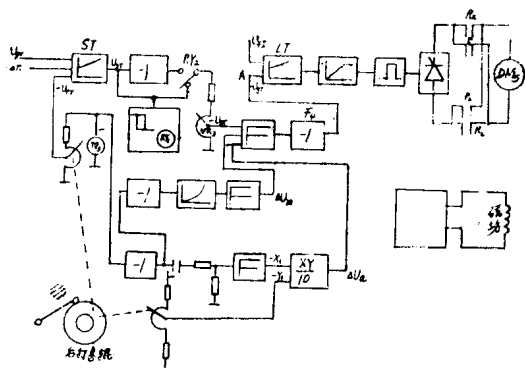


图14 自动电流控制系统方框图

图1中的后打卷辊放布, DM_5 工作于自动电流控制状态。这时,前打卷辊带动后打卷辊。两个打卷辊之间的布要有一定的张力,因此后打卷辊要产生一个与旋转方向相反的转矩。 DM_5 的电磁转矩为:

$$M_D = C_M \phi I \quad (8)$$

折算到打卷辊上为:

$$K C_M \phi I = T_D \cdot \frac{D}{2} \quad (9)$$

由上式求出:

$$T_D = K' \frac{\phi}{D} I \quad (10)$$

T_D 是电磁转矩所产生的张力。由(10)式看出,在 ϕ 与 D 之比不变的条件, T_D 与 I

成正比。因此,同时保持 $\frac{\phi}{D}$ 不变和电枢电

流不变,就等于保持张力不变。保持 $\frac{\phi}{D}$ 不

变的方法与自动速度控制系统相同。下面讨论怎样保持电流不变。

速度调节器有三个输入: U_{gV} 、 $-U_{FV}$ 和 $-\Delta n$ 。后打卷辊是由前打卷辊拖动的,所以 U_{FV} 与 U_{gV} 几乎相等。在 $-\Delta n$ 的作用下,速度调节器的输出达到正限幅。因为 $U_{ST} > 0$, 所以切换单元中的 RY_2 接通, U_{ST} 通过反相器和 RY_2 的常开触点加至张力调定电位器 VR_3 。这时张力给定值是 $-U_{gT}$ 。 $-U_{gT}$ 输入到加法器。加法器后面又接一反相器。反相器的输出接到电流调节器的输入端, $-U_{gI}$ 是电枢电流给定值。在运转过程中 U_{ST} 等于不变的限幅值,所以 $-U_{gT}$ 不变, $-U_{gI}$ 也不变。既然 $-U_{gI}$ 不变,那么在电流调节器的作用下电枢电流也基本不变。张力的大小用电位器 VR_3 调定。 VR_3 装在操作台上。在加法器的输入端还有两个输入:加减速补偿 ΔU_a 和机械损失补偿 ΔU_m 。下面分析一下这两个输入的作用。

1. 加减速补偿

在加减速过程中布料的实际张力为:

$$T = K_1 \frac{GD^2}{D} \frac{dn}{dt} + T_D = T_a + T_D \quad (11)$$

式中 T_a ——打卷辊加减速时产生的张力。如果只维持电枢电流不变,即 T_D 不变,布料中的张力 T 还要因加减速而改变。因此为保持张力 T 不变,必须随 T_a 的变化而相应地改变 T_D 。例如,加速时 $T_a > 0$, 则应减小 T_D 。具体的办法就是在加法器的输入端引入一个与 T_a 成正比的电压 ΔU_a 。线路中采用一个组件式乘法器。乘法器的输入为:

$$-X_1 = -K_1 \frac{dn}{dt} \quad (12)$$

$$-Y_1 = -K_2 D \quad (13)$$

K_1 与 K_2 是系数。乘法器的输出为:

$$\Delta U_o = K \cdot D \frac{dn}{dt} \quad (14)$$

ΔU_o 与 $D \frac{dn}{dt}$ 成正比。如果近似认为 GD^2

与 D^2 成正比, 则 Ta 也与 $D \frac{dn}{dt}$ 成正比, 所

以 ΔU_o 近似正比于 Ta 。有加减速补偿后, 能自动调节电流给定值, 从而保持张力 T 恒定。例如加速时, $\Delta U_o > 0$, 因 $-U_{gr}$ 一定, 所以 $-U_{gl}$ 减小, 电枢电流自动降低。

2. 机械损失补偿

考虑机械损失时布料中的张力为:

$$T = T_o + T_m + T_D$$

T_m 为克服机械损失所需要的张力。 T_m 与电动机转速有关, n 越高, T_m 越大; 但 T_m 与 n 不成正比。因此, 为了准确地反映 T_m 值, 在线路中接入一个曲线发生器。曲线发生器的输出 ΔU_m 反映 T_m 的大小, ΔU_m 也加到加法器的输入端。 T_m 增大时, ΔU_m 增大, U_{gl} 减小, 电枢电流减小, T_D 减小, 从而保持张力 T 不变。

最后简单提一下静止张力控制环节。每次换向后全机起动前, 首先要开动将要放布的打卷辊, 把两个打卷辊之间的布拉紧。这时, 利用触点把电流调节器的输入端与反相器 F_4 断开, 同时给电流调节器输入一个负电压(-2.6伏)。打卷辊电动机工作于电动状态, 布拉紧后处于堵转。给出全机起动信号后, 开断静止张力回路。

结 束 语

这台亚漂机已运行了三年。三年中只出现一次较大的故障, 停产了几天。故障的现象是打卷辊不能协调运转。详细检查后发现: 一台装于打卷辊上的测速机的输出电压减小了。将速度反馈回路中的电位器重新调整了一下, 消除了故障。据维护这台设备的工人同志讲, 检修时曾敲打过这台测速机。可能是由此造成了磁场减弱, 引起测速机电压减小。

几年来的生产实践证明, 亚漂机电控系统的性能是良好的。日本的电子元件(例如可控硅、集成电路等)质量好, 这是系统具有良好性能的重要原因。另外, 控制系统的合理设计也是很重要的。控制系统设计方面, 下面几点是值得学习的。

(1) 从线路设计上提高可靠性, 例如同步电源经过滤波, 触发电路前加积分器等措施。

(2) 尽量减少干扰因素, 例如强电回路的触点不直接连到弱电回路。需要利用强电回路触点通断弱电回路时, 先用强电回路触点控制装在控制单元内的小继电器线圈, 然后再用后者的触点去通断弱电回路。

(3) 合理使用集成电路放大器。系统共用了26个线性组件($\mu PC55A$)。利用线性组件不仅可以做成调节器, 而且还能组成具有某些功能的电路。例如, 用线性组件构成的缓冲起动器, 性能好, 调整特性方便。

(4) 采用控制性能良好的带电流调节环的双闭环控制。

作者虽然参加了调试工作, 但没有维护经验, 对系统理解不深。因此, 欢迎读者特别是维护亚漂机电控系统的同志对本文提出宝贵意见。

S1·6型可控硅触发装置

(锯齿波控制)

武汉钢铁公司冷轧厂 刘道楚 陈正卿

S1·6型可控硅触发装置，是西德 AEG 公司的标准产品。它由三组独立的印刷电路板组成：即电源板(型号为29、2308、6032)、交流滤波器(型号为29、2308、6029)和脉冲发生器(型号为29、2308、7001)。整个电路采用分立元件。所有插件板都属于模拟工作系统。由调节器来的输入信号电压 u_{es1} 为+10伏。

锯齿电压成比例的电流同一个与直流控制电压 u_{es1} (电流调节器的输出电压) 成比例的电流进行比较，当直流控制电压 u_{es1} 所提供的电流大于锯齿电压所确定的电流时就形成脉冲，并在脉冲放大器中整形和放大，经脉冲变压器输出。

为实现六相双脉冲控制，在脉冲发生器里形成的每一相脉冲，都迭加一个滞后 60° 的另一相跟随脉冲。脉冲宽度为0.5毫秒。

1. 控制框图 (图1)

电源板上的电源变压器提供+70伏和-24伏的直流电压，作为触发装置的工作电源。同时还经交流滤波器滤掉高频干扰后，提供同步电压，送给锯齿波发生器。一个与

2. 工作原理

2.1 电源板

电源变压器为三个单相变压器(图2)，

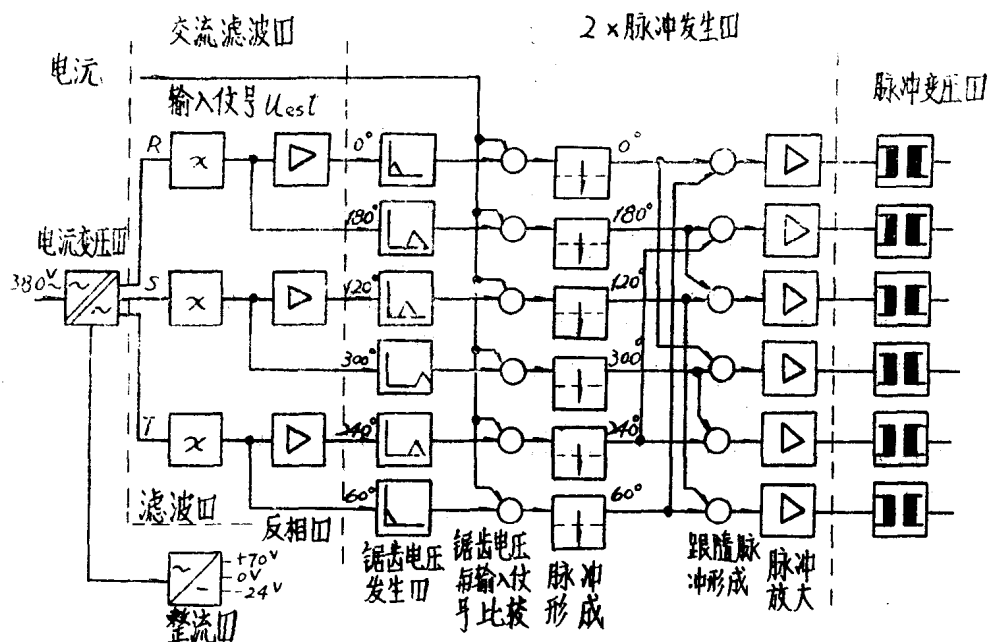


图1 控制框图

毫安电流。

同步电压 (U_{syn}) 向量图如图 3 所示: 相序采用顺时针方向, 对应 R 相的同步电压为 $-r$, 它越前于 R 相 155° , 其它的 U_{syn} 依此类推排列。

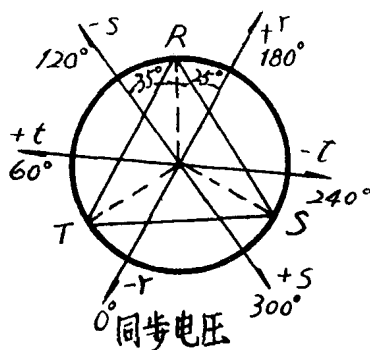


图 3 同步电压向量图

滤波器的任务，就是滤掉同步电压中的高次谐波。由于可控硅整流设备的反馈作用，特别是整流器在换向时所引起的250赫和350赫高次谐波，使电网电压波形发生畸变，不可能准确地通过零点，如图4曲线(1)所示。电压波形畸变的同步电压将会导致可控硅的误触发，造成失控，这是不允许的。经过滤波后的电压波形，基本上保持正弦波的形状，如图4曲线(2)所示。

交流滤波器由三个扼流圈 L_1 、 L_2 、 L_3 、三个电容器 K_1 、 K_2 、 K_3 和三个阻尼电阻 r_1 、 r_2 、 r_3 组成，如图 5 所示。

滤波器的相频特性,如图6所示。从图中可以看出,对于5次和7次谐波来说,被基本消除。对于基波(50赫)来说,输出电压与输入电压几乎相等,即 $U_o/U_i \approx 1$, 输

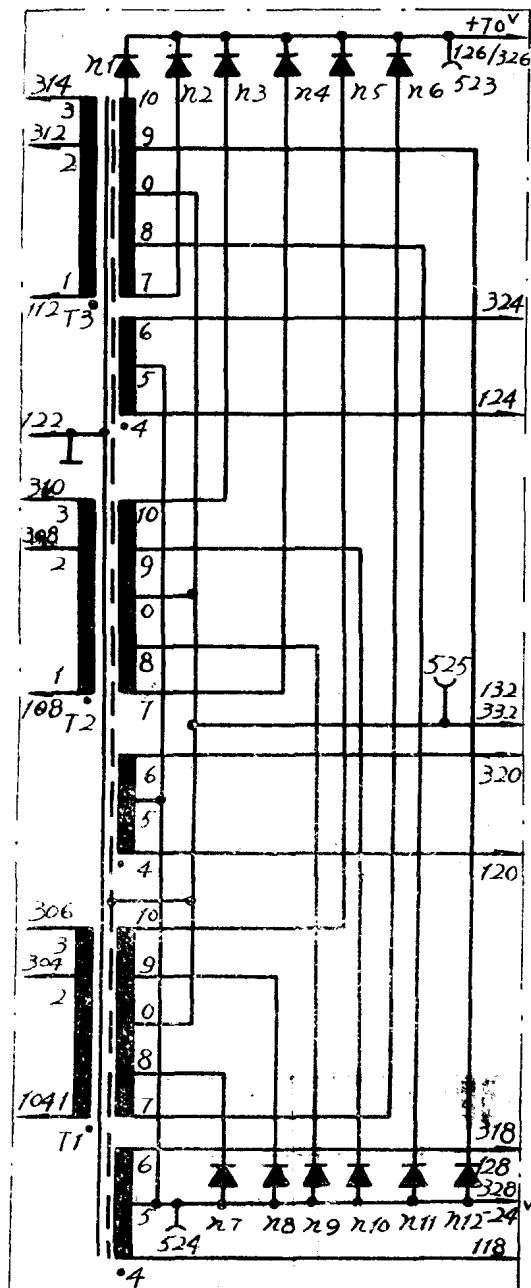


图2 29、2308、6032型电源板

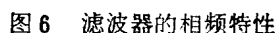
经二极管 $n_1 \cdots n_6$ 整流后得到的+70伏控制电压,可输出160毫安电流。经二极管 $n_7 \cdots n_8$ 整流后引出-24伏控制电压,可输出18

y : 每格 10 伏
 x : 每格 2 毫秒

因为只有三组滤波元件，只能输出三组互差 120° 的同步电压。为了得到六相互差 60° 的同步电压，在滤波器的印刷电路板上设计了三组反相器。由晶体管 P_1 、 P_2 、 P_3 组成。今以其中一相为例，说明其工作原理，如图7所示。

半波移相了 180° ，输出正方波电压。用这种方法，在交流滤波器的输出端就可得到一组相位互差 60° 的同步电压，图9②。此同步电压的参考电压为 -24 伏。

可控硅三相桥式整流电路采用六相双脉



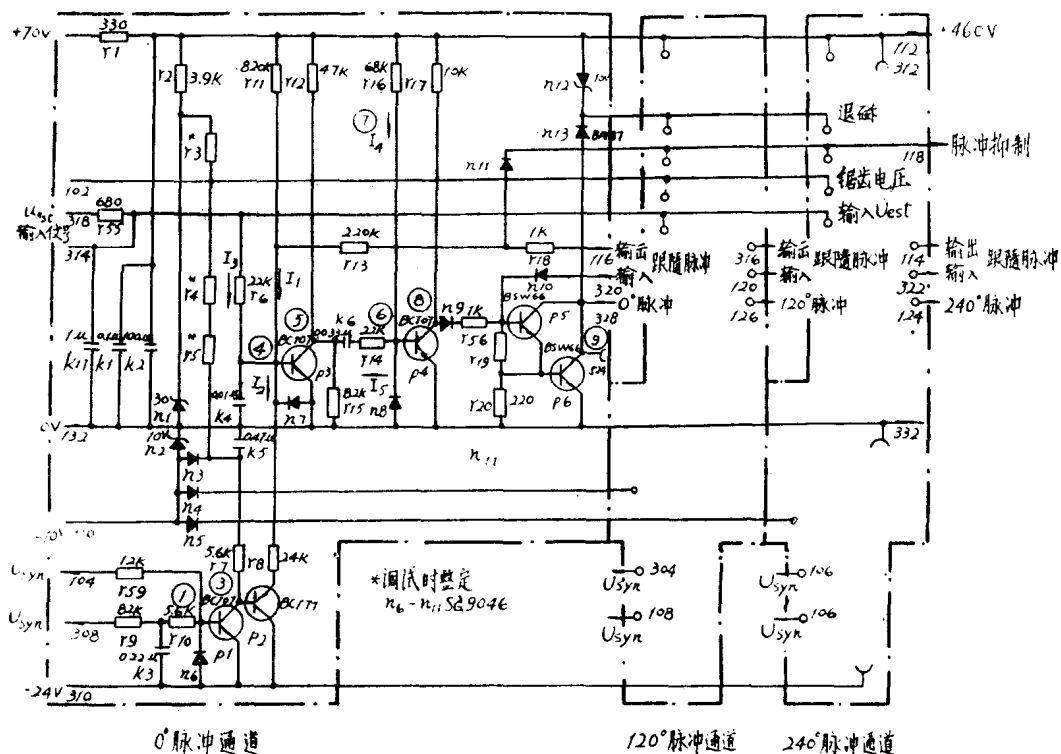


图 8 29, 2308, 6031 型脉冲发生器 y_1 印刷板

冲触发。所用的 29, 2308, 7001 型脉冲发生器，由两块 29, 2803, 6031 型三相脉冲发生器合成。即两块印刷电路板组装成一块插件板。印刷板 y_1 上产生 0° 、 120° 和 240° 触发脉冲，而印刷板 y_2 上产生 180° 、 300° 和 60° 触发脉冲。

下面以产生 0° 触发脉冲的电路部分为例，说明触发装置的工作原理。具体电路见图 8 “ 0° 脉冲通道” 部分，其上各点在脉冲形成过程中的有关波形示于图 9 中。

触发脉冲形成电路，由锯齿波发生器，脉冲形成电路和脉冲放大器等三部分组成，现分述于下。

2.3.1 锯齿波发生器

锯齿波发生器的任务是产生与电网电压同步的锯齿电压。它由三极管 P_1 、 P_2 、电容 K_5 、电阻 r_4 、 r_5 、稳压管 n_1 、 n_2 等元件组成。稳压管 n_1 、 n_2 为所有三个脉冲通道公用，且分别由二极管 n_3 、 n_4 、 n_5 退耦。

锯齿波发生器有两个输入端供选用。当使用了交流滤波器时，同步电压 U_{esyn} 加到 (104) 端，经 r_8 加到开关管 P_1 的基极和发射极之间。在没有使用交流滤波器时，同步电压 U_{esyn} 加到 (308) 端，经 R-C 滤波器 (r_9 、 r_{10} 、 K_5) 加到 P_1 的基极和发射极之间。

本文按有交流滤波器时的情况进行讨论。产生 0° 触发脉冲的同步电压，是滤波器输出的矩形电压；产生 180° 触发脉冲的同步电压是滤波器输出的正弦电压。同样，产生 60° 和 300° 触发脉冲的同步电压是滤波器输出的正弦电压。而 240° 和 120° 触发脉冲的同步电压，则是 60° 和 300° 正弦电压移相 180° 的矩形电压，这可从向量图 (图 3) 和脉冲形成波形图 (图 9) 推出。

同步电压为正时，开关管 P_1 饱和导通，电容 K_5 经电阻 r_7 充电，直到由稳压管 n_2 确定的二极管 n_3 的阴极电位为 -10 伏为止，如图 9 ③所示。

当同步电压为负时，即 $U_{esyn} \leq U_{bep_1}$

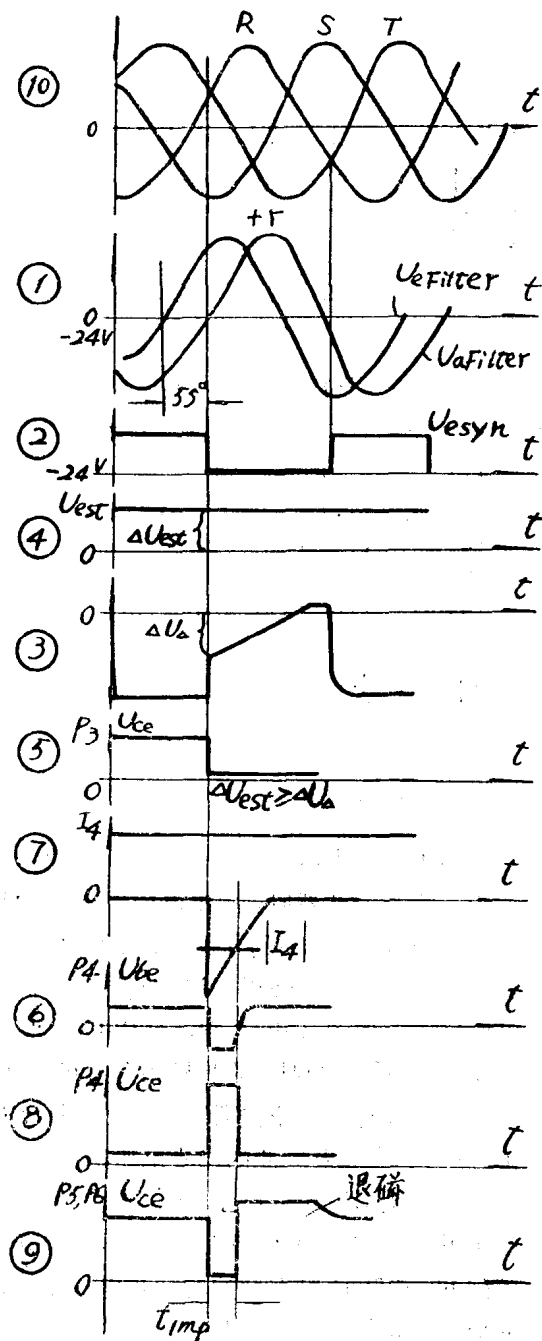


图9 脉冲波形

- ①输入电压 U 和输出电压 U
- ②反相输出方波电压
- ③锯齿波电压
- ④电流调节器输出控制电压
- ⑤ P_3 集电极电位
- ⑥ P_4 基极-发射极电压
- ⑦脉冲宽度形成
- ⑧ P_4 集电极电位
- ⑨输出脉冲
- ⑩可控硅阳极电压

时, P_1 截止, 电容器 K_5 经平衡电阻 r_4 和 r_5 由 -10 伏向零方向反充电。因为反充电的电压, 是经电阻 r_2 和稳压管 n_1 所形成的 $+30$ 伏的稳压电源, 所以 K_5 进行反充电的电压曲线几乎是直线。如图9③所示。

晶体管 P_2 作发射极跟随器用, 它经过电阻 r_8 给脉冲形成电路提供一个与锯齿电压成正比的比较电流 I_2 。

电阻 r_3 、 r_4 、 r_5 在调试时整定。电阻 r_3 用作最小逆变角 β_{min} 的综合整定, 在输入信号电压 $U_{est}=0$ 时, 用电阻 r_3 可调节 β 角 $\pm 15^\circ$ 。

2.3.2 脉冲形成电路

脉冲形成电路是一个由晶体管 P_3 和 P_4 组成的单稳态触发器。在没有输入信号电压($U_{est}=0$)时, 晶体管 P_3 截止, P_4 饱和导通, 为触发器的稳定状态。此时, 电容器 K_6 正向充电到 38 伏左右。晶体管 P_3 是否导通, 取决于电流 I_1 、 I_2 和 I_3 之间的数量关系。当 $I_3 \geq I_2$ 时, P_3 导通, 当 $I_3 < I_2$ 时, P_3 截止。 I_3 流经电阻 r_{55} 和 r_6 , 与输入信号电压 U_{est} 成正比, I_2 流经电阻 r_8 与锯齿电压成正比。

当晶体管 P_3 导通时, 电容器 K_6 经 P_3 、 n_8 和 r_{14} 放电。晶体管 P_4 基极电位(图9⑥)由 K_6 的放电电流 I_5 和流经 r_{16} 的原电流 I_4 确定。当 $I_4 < I_5$ 时, 就意味着有电流通过二极管 n_3 , P_4 基极为负而截止。当 K_6 放电电流减小到 $I_5 = I_4$ 时, P_4 基极电位升高到零, 然后 P_4 再次翻转到导通状态。因此, P_4 的封锁时间就确定了输出脉冲的宽度。 r_{13} 为单稳态触发器的正反馈电阻, 用以加速晶体管 P_3 的导通。

当 P_3 的基极电位比其发射极为负时, 二极管 n_7 导通, 以保护 P_3 的发射结免于击穿。电容器 K_7 用来旁路高频干扰。电阻 r_{55} 和电容 K_{17} 组成对直流控制信号的滤波器。

2.3.3 脉冲放大器

输出脉冲的整形和放大, 由晶体管 P_5 和