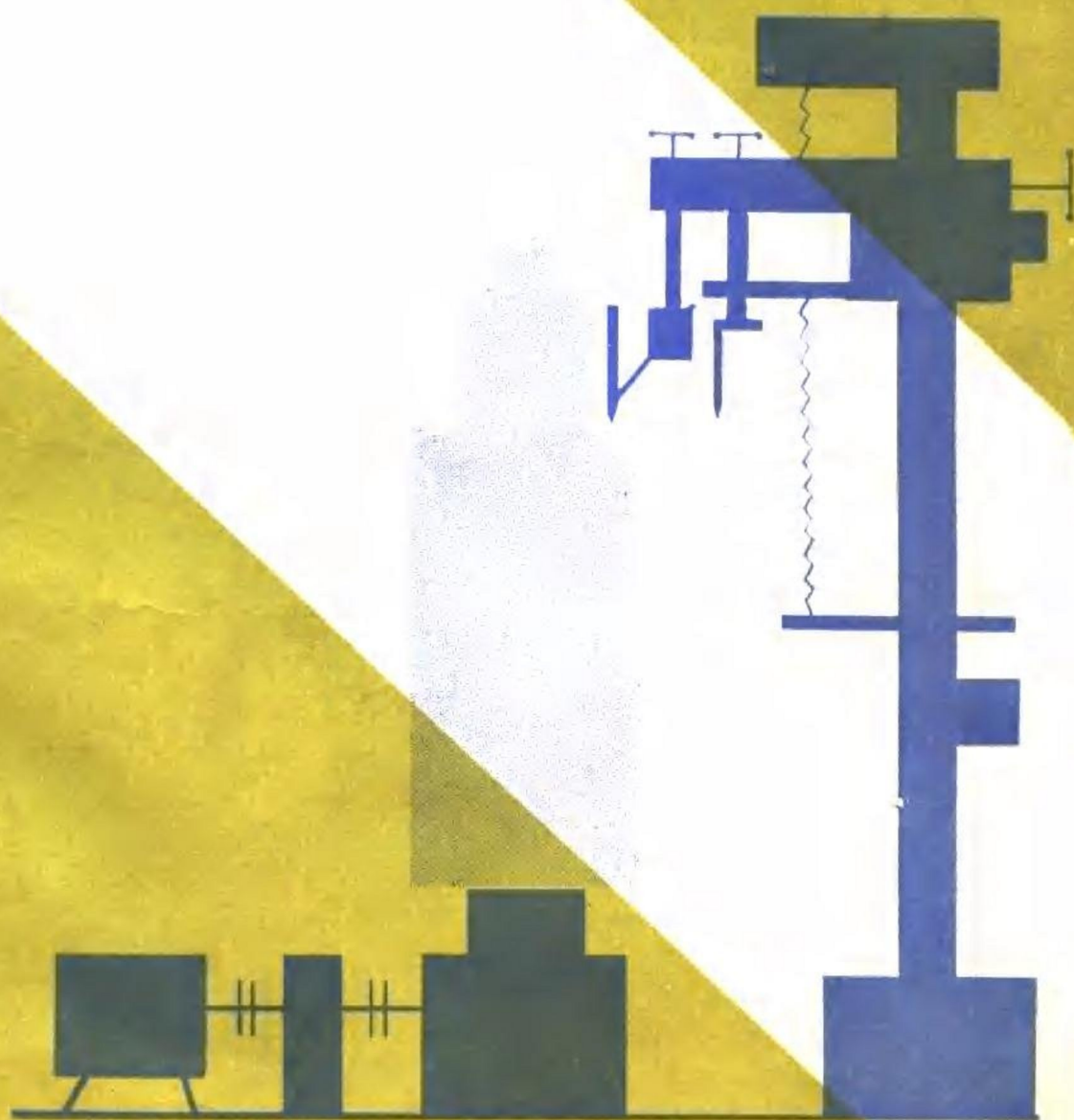


# 全自动钨极氩弧焊机

黄宅舒 刘湘云 编



中国铁道出版社

### 内 容 简 介

本书详细介绍了钨极氩弧焊机及其焊接工艺，并对三相桥式半控整流电路、变压器、电抗器、脉冲变压器、移相触发电路、延时电路、自动控制系统、稳压电源等的原理和设计计算进行了介绍。

本书适合于从事自动控制电子线路的设计人员，以及从事制造、使用这种焊机的工程技术人员和工人参考。

### 全自动钨极氩弧焊机

黄宅舒 编  
刘湘云

中国铁道出版社出版

责任编辑 张贵珍 封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$  印张：19 字数：458 千

1983年6月第1版 1983年6月第1次印刷

印数：0001—3,000册 定价：1.95元

## 作者的话

直流电机换向器与电枢线圈的焊接采用钨极氩弧焊接是一项新的工艺，世界各国都在采用。株洲电力机车研究所于1973年开始研究这项新技术，1975年制成第一台全自动钨极氩弧焊机。此后在电机的有关制造及运用单位推广使用，解决了电机开焊问题，取代了传统的锡焊工艺，也解决了近年进口国外电机的焊接问题。本书是这项设计工作的技术说明。先后参加这项研制工作的人员较多，都作了有益的贡献，作者受托进行总结。

在推广本焊机和焊接工艺的过程中，常常遇到电子元件材料的代用和如何调试控制电路等问题。这些问题的解决，牵涉到电路的原理和设计时的考虑方法。所以在写本书时，我们尽可能详细地对电路原理和必要的设计计算作出说明，以求为使用和维护本焊机的工人和技术人员提供方便。在这样做的时候，我们力求能深入浅出地阐明电子线路的各组成部分，有些公式作了推导并举出算例。我们希望能帮助有兴趣于电子线路设计、制造的入门者，在读完本书之后，即能自己动手设计和制作一般工业用的小容量变压器、电抗器、脉冲变压器、移相触发电路、三相半控桥式电路、延时电路、稳压电源、计数电路、译码电路等，而且能对自动调整原理有一些基本了解。

由于我们水平有限，错误之处，恐难尽免，热忱希望读者指正。

1981年11月

# 目 录

第一章 概 述	1
第二章 焊机主电路	17
第一节 概 述	17
第二节 三相桥式半控整流原理及基本电量间的关系	17
第三节 维弧电路的构成及其元件参数的选择	36
第四节 焊接电流电路各元件参数的选择	37
第五节 高频引弧电路的原理和各元件的参数	47
第六节 关于焊接变压器 $B101$ 的若干说明及其简单计算	54
第七节 滤波电抗器 $PK101$ 的计算	71
第八节 主电路各元件的保护	77
第三章 焊机控制电路	85
第一节 焊接电流的控制——可控硅调节系统	85
第二节 点焊程序控制和引弧, 维弧的控制	141
第三节 自动焊接和停机的控制	149
第四节 控制电源	171
第五节 控制回路干扰问题	192
第四章 焊机的机械部分和附属设备	203
第一节 焊机的机械部分	203
第二节 附属设备	213
第五章 焊机的组装、调试与使用	219
第一节 焊机的组装	219
第二节 焊机的系统调试	221
第三节 焊机的使用与维护	235
第四节 焊接工艺试验	240
附录一 焊机配件表	246
附录二 常用电子器件的基本性能和参数	252
第一节 电阻器	252
第二节 电容器	256
第三节 半导体二极管	261
第四节 稳压管	267
第五节 晶体三极管	270
第六节 可控硅元件 (又称晶闸管)	280
第七节 单结晶体管	285
第八节 集成运算放大器	288
第九节 集成 $JK$ 触发器	293

# 第一章 概 述

## 第一节 TIG焊接的特点

钨极氩弧焊是惰性气体保护焊的一种形式,它的特点是电极不熔化,国外简称TIG焊接。它是Tungsten (钨) inert (惰性的) gas (气体) 的缩写。而熔化极的惰性气体保护焊则称为MIG焊接。

TIG焊接一般采用铈钨或钍钨作为电极,依靠从喷嘴中喷出的惰性气体,在电弧及焊接熔池周围形成连续封闭的气幕,以保护钨极和焊接熔池不被氧化,因此可以获得良好的焊接效果。

### 一、焊接电源

TIG焊接电流有直流和交流两种,可以根据工件的性质、焊接要求以及焊接方式等,选用适宜的焊接电源。

#### (一) 直流点焊焊接电源

获得换向器焊接所需的直流点焊电流可以有以下几种方式:

1. 利用现有的旋转式交一直流发电机组,和可控硅开关相配合进行电流调节和获得点焊所要求的电流波形;
2. 采用三相饱和电抗器式整流电路,同接触器相配合,进行电流调节和得到点焊电流波形;
3. 采用可控硅整流的直流电源,利用可控硅来调节电流和获得点焊电流波形。

以上三种方式中以采用三相饱和电抗器式整流电源的居多,旋转式机组已很少采用,而可控硅整流的焊接电源则发展很快。可控硅整流焊接电源与其它两种焊接电源进行比较具有以下优点:

#### 1. 结构简单

可控硅整流电路易于进行直流输出电压、电流的调节,可省去线路接触器和饱和电抗器等,使焊机结构简化;直流回路无触点,消除了噪音和减少了维护。

#### 2. 易获得陡降的静特性

可控硅的控制性能易与电流反馈等各种控制回路相配合,而得到理想的电源外特性,且能弥补电网电压的波动以及周围温度的影响,从而使电弧稳定。

#### 3. 动特性好,反应速度快

因可控硅整流电路的内部电抗比饱和电抗器式电路小得多,所以动态过渡过程很快,且易于实现焊接电源的恒流控制,使电弧稳定和减少飞溅。

#### 4. 空载电压低,输入功率可减小

饱和电抗器式电路的空载电压高,而可控硅电源易获得陡降特性,因此空载电压可降低。

如手工弧焊时,空载电压可以从90伏降到60伏。TIG焊时电弧电压仅为10~20伏,此时空载电压可降至40伏,因此电源输入功率显著减小。可控硅式与饱和电抗器式电源的输入功率如表1—1所示。

表1—1 电源输入功率比较

电源输入功率 (千伏安)	电源形式	可控硅式		饱和电抗器式
		TIG焊接用	手工弧焊用	
300		12	18	21.5
500		23	32	40

5. 电流电压调节范围大

为了适应各种不同焊接规范的需要,便于调整和控制,因此要求焊接电源的电流电压调节范围要足够大,从表1—2可见可控硅式电源比饱和电抗器式电源的调节范围大。

表1—2 电流电压调节范围比较

调节范围 特性	电源形式	可控硅式	饱和电抗器式
		陡降特性	15~500安
平特性		15~42伏	• 28~45伏 14~31伏

• 因调整范围窄采用H(高)、L(低)

(二) 直流焊接时的极性选择

采用直流焊接电源时,可根据不同工件和不同的焊接要求,将焊接电流的回路接成正极性或负极性,这样就能获得不同的焊接效果。在直流焊接中,电子和阳离子的流动方向如图1—1所示。

直流正极性时,钨极接负极,焊件接正极如图1—1(a)所示。此时金属蒸汽和惰性气体的阳离子以低速向电极移动,所以电极直径小且能通过较大的许用电流,消耗也小。同时,由于电子高速向焊件冲击,电弧向电极下的工件集中,工件被剧烈加热,所以焊件熔区窄而深。

直流负极性时,钨极接正极,焊件接负极,如图1—1(b)所示。此时与以上情况恰

相反,阳离子以低速移向焊件,电弧集中性差,而且电弧的阴极点漂动。电子却以高速冲击电极,电极被剧烈加热。流过相同的电流时,负极性电极直径比正极性直径大四倍,并且电极消耗快,所以电弧稳定性差。但是这种负极性能使焊件表面氧化膜冲破而产生“阴极破碎”现象,有利于其氧化物为高熔点的铝、镁及其合金的MIG焊接。对于TIG焊接,为避免钨极消耗量过大,很少采用负极性。从直流电机换向器TIG焊接的情况看,因为换向器铜片很窄,为了尽量避免片间云母板被烧坏,必须使电弧集中。同时铜的焊接无须用负极性接

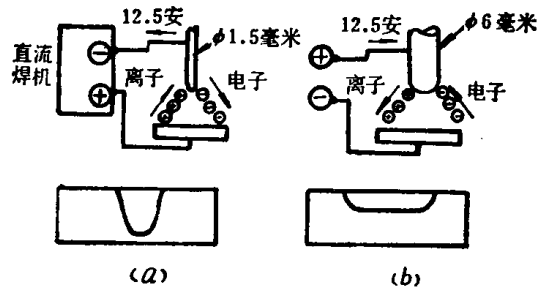


图1—1 直流TIG焊接中极性影响  
(a) 直流正极性; (b) 直流负极性。

法去除工件表面氧化膜的“阴极破碎”作用，所以换向器的TIG焊接以采用正极性为宜。

### (三) 交流焊接电源

采用交流电源可弥补直流正极性无“阴极破碎”作用和直流负极性钨极损耗快的严重缺点。钨极的许用电流比直流负极性大，同时能消除表面的氧化膜，即有阴极破碎作用。但电弧的稳定性不如直流好，而且必须采取特殊措施，保证交流电压过零时电弧的稳定性和消除焊接中的直流分量。这是因为在交流电弧中，电弧的极性是不断变化的，由于钨极与焊件的热物理性能（电子发射率）以及钨极与焊件的尺寸相差悬殊，使电弧电流发生畸变。当电源电压一定时，正负半周的电流是不相等的，因此交流电弧中就存在着直流分量，如图 1—2 (a)、(b) 所示。这些直流分量会降低“阴极破碎作用”，并对焊接变压器有害，因此必须设法消除直流分量。一般是在焊接回路中串联直流电源，电阻和电容等。



图 1—2 交流钨极氩弧焊电流波形图  
(a) 交流电流波形；(b) 交流电流及其直流分量。

## 二、焊接方式

在TIG焊接中，可根据不同工件和不同的焊接要求，以及各单位的工艺条件，采用不同的焊接方式。这里只对直流电机换向器升高片TIG焊接的各种焊接方式作一简单介绍。换向器升高片与电枢绕组连接的焊接情况见图 1—3 (a) 和 (b)。

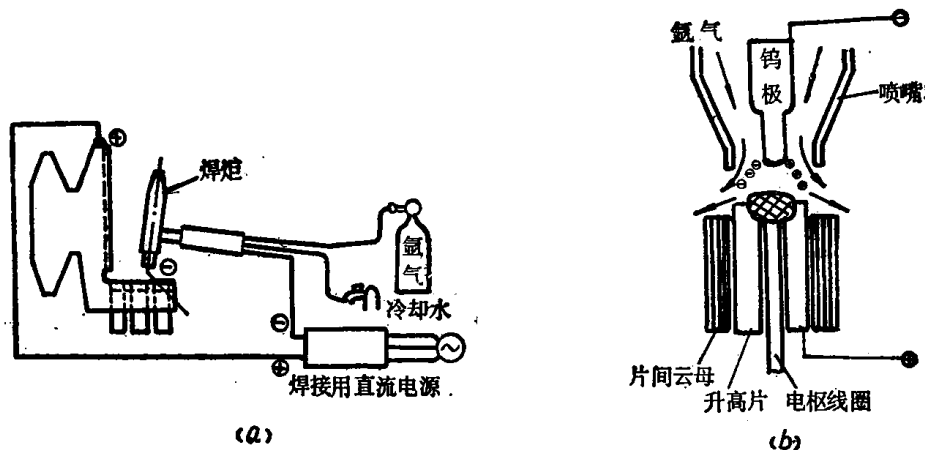


图 1—3 换向器升高片的TIG焊接  
(a) 焊接系统示意图；(b) 焊点成型示意图。

### (一) 熔焊和硬焊

熔焊是在惰性气体保护下，电弧将换向器升高片焊接处的铜熔化，使升高片和电枢绕组的线头直接熔焊在一起。而硬焊则是在与熔焊相同的情况下，使用硬焊料（如磷铜焊条）将

升高片和电枢线头熔焊在一起。

熔焊和硬焊相比较，两者都能得到比较满意的焊接效果。熔焊不使用焊料，可省去焊料送给装置，故设备比较简单，可以简化工艺，降低成本。

### (二) 连续焊和点焊

点焊加热时间短，且热量集中于一点，所以热影响区小，它既能保证焊接处的机械电气性能，又能保证换向器在焊接时不变形，表面硬度不降低。连续焊加热时间长，热影响区大，对片间绝缘、换向器的变形以及表面硬度都是不利的。从国外情况看，这两种焊接方式都在生产中采用。

### (三) 立焊和卧焊

立焊是将被焊电机的转子竖放，换向器朝上，使升高片的焊接面处于水平位置，焊点容易成型。

卧焊即被焊电机的转子水平放置，升高片的焊接面处于垂直位置。焊接时，在电弧作用下，熔池内熔化的金属由于自身的重量，有往下滴流的趋势，焊点成型难于控制，因此焊接工艺要求较严。

## 三、焊接保护

直流电机换向器的TIG焊接必须在良好的保护条件下进行，其保护气体一般都采用氩气或氦气，也有氩气和氦气同时使用的情况。为了保证良好的保护作用和提提高电弧的稳定性，保护气体必须具有较高的纯度，其纯度要求一般为99.99%。几种保护气体的性能列如表1—3。

表1—3 保护气体比较

气 体	成 份	电压梯度	电 弧 稳定性	化 学 反应性能	5000°K 分解程度	0 °C 热传导	0 °C 比热容	最 小 电离势	0 °C 容积热容	焊道熔 深与形状
氩气	99.995%	低	良好	无	不分解	$0.378 \times 10^{-4}$	0.125	15.7	0.223	指 状
氦气	99.99 %	高	最好	无	不分解	$3.32 \times 10^{-4}$	1.250	24.5	0.223	扁 平 状
氩+氦	75%氩 25%氦	中等	良好	无	不分解	—	—	—	—	深扁平状

热传导单位：卡/厘米·秒·度；比热容单位：卡/克·度；容积热容单位：卡/厘米<sup>3</sup>·度。

#### 不同气体保护的优缺点：

1. 氩气的电离势比氦气的电离势低，因此氩气能使电弧容易形成；
2. 用氦气作保护时，电弧稳定性比氩气好，并易于得到质量好的扁平焊点；
3. 氩气在空气中的含量为 0.935%，而氦气在空气中的含量为 0.0005%，所以氦气比氩气昂贵得多；
4. 氦气比氩气轻10倍，易于在气体喷嘴周围产生紊流，因此用作焊接保护时需要较大的流量。

## 第二节 换向器焊接的基本要求

直流牵引电动机换向器和电枢线圈之间的焊接应满足下列基本要求：



1. 具有良好的导电性能，并始终保持稳定；
2. 焊接处在运行中应有足够的机械强度；
3. 焊接过程中的热影响要尽量小，不应损坏换向器铜片间的绝缘以及与之连接的电枢线圈的绝缘，同时不致引起换向器工作表面硬度的降低；
4. 应允许电枢绕组可进行几次拆卸修理；
5. 电机的换向器片数较多，要求实现焊接过程的自动化，以提高工效，适应大批量生产的要求。

实践证明，传统的锡钎焊已不能适应现代牵引电机的工艺条件和运行条件。因此，国外牵引电机换向器已普遍采用了TIG焊接，电机换向器焊接专用的各种TIG焊接设备应运而生。TIG焊接是一种比较理想的焊接方式，它可以满足换向器焊接的各项要求，与锡钎焊相比较，它具有以下优点：

1. 提高了焊接处的导电性能

采用锡焊时，导线线头与升高片槽都要预先搪锡，然后通过钎锡使导线与升高片槽之间形成铜—锡—铜的连接。而锡的导电性能较铜为差，如锡（Sn—3）的导电性为铜导电性的13.9%；锡—铅焊料（H1SnPn58—2）导电性为铜导电性的10.2%。采用TIG焊接时，导线与升高片通过熔接形成铜—铜连接，因此其导电性能较锡焊为好。

2. 提高了焊接的质量

采用锡焊时，升高片槽和电枢线圈线头搪锡后若放置过久，表面易形成氧化层或被沾污，以致造成焊接不良的现象。同时这种焊接在运行中易受温度的影响而使焊接状态逐渐变坏，进而形成甩锡的故障。采用TIG焊接时，则可保证焊接处的稳定连接，且不受温度变化的影响，可彻底消除运行中的开焊现象。

3. 提高了焊接处的机械强度

图1—4所示为锡焊和TIG焊接的抗张强度曲线。从图中可知，虽然在常温下锡焊的抗张强度比TIG为大（因锡焊的焊接面积大），但随着温度的提高，TIG焊接接头的强度则比锡焊接头的强度大得多。因而根除了电机运行中升高片甩锡和缩头的现象。

4. 彻底消除焊锡流出升高片进入电枢绕组内造成的匝间短路故障。

5. 焊接时间短，热影响区小，对换向器工作表面硬度没有影响。

6. 采用自动焊时可改善劳动条件。

7. 可以适应耐高温绝缘材料在牵引电动机上应用的工艺条件和运行条件。

8. 线头端部焊接深度小（1~1.5毫米），修理电机时，电枢线圈取出比较容易，工艺简单，可避免换向器升高片的损坏。

9. 可省去搪锡工序，节省焊料，且比锡焊消耗的能源少。

TIG焊接能够满足换向器焊接的基本要求，但也带来了一些新的问题。如：TIG焊接要有较复杂的专用焊接设备，同时要用价格较贵的氩气和氮气作保护，增加了成本；电机修理时，必须将换向器升高片上的焊点（或焊缝）车掉，以便将电枢线圈取出来，这样每车削一

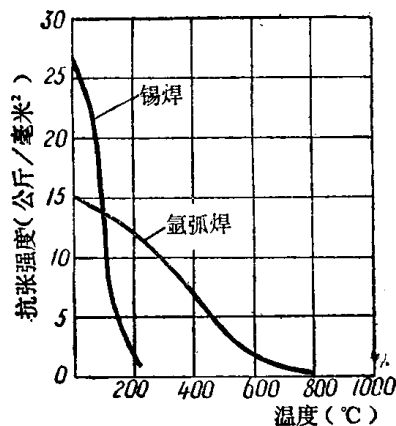


图1—4 升高片焊接的机械特性

次，升高片宽度就要减少 2 ~ 3 毫米，因而会影响电机的使用寿命；焊接时片间云母板会被电弧烧损，所以焊后必须进行云母下刻，将烧损的表层清理干净。采用 TIG 焊接虽然有这些新的问题，但由于焊接质量的提高，从根本上消除了锡焊的开焊、缩头、甩锡和造成电枢绕组匝间短路等故障，大大提高了电机的运行可靠性，相应延长了电机的使用寿命和降低了电机修理费用，且为 F、H 级绝缘的电机所必需的焊接设备，所以获得了广泛的应用。

### 第三节 NQAD-500型焊机的特点

#### 一、焊机外形

牵引电机换向器焊接用的 NQAD-500 型可控硅整流氩弧点焊机为立式焊机，采用了可控硅直流电源，氩气保护，可以全自动点焊或手动点焊。这种全自动焊机包括：可控硅直流电源、全自动焊接控制、自动检测、机械和传动、气路和水路系统等部分。整个焊机由主电路电器柜、控制柜（桌）和焊机的机械传动装置三部分组成。焊机外形见图 1—5，焊机各部分的结构示意图见图 1—6。

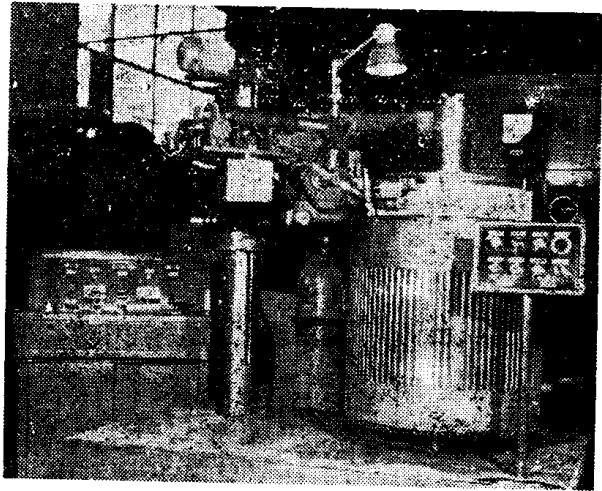


图 1—5 焊机外形图

#### 二、主要技术数据

1. 输入电源：三相交流，50 赫，380 伏。
2. 主焊接变压器容量：持续制 21 千伏安，暂载率 50%。

3. 输出直流空载电压 55 伏。
4. 最大焊接电流 500 安。
5. 网压波动  $\pm 10\%$  时，焊接电流平均值的波动  $< 1\%$ 。
6. 焊接时间调节范围：100 ~ 2000 毫秒。
7. 维弧电源空载电压直流 135 伏，维弧电流 15 安。
8. 焊接电流在脉动率  $< 20\%$  条件下的调节范围 160 ~ 500 安。

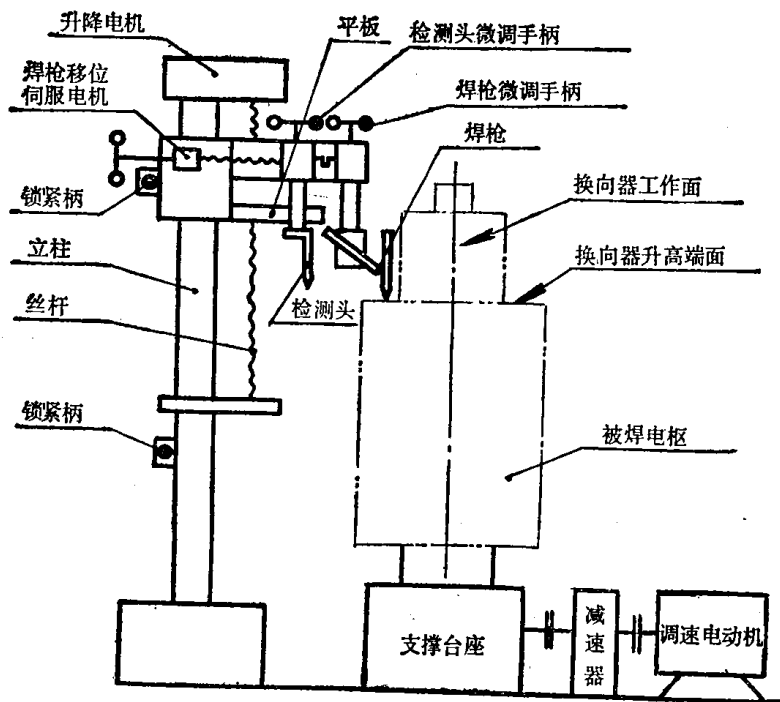


图 1—6 焊机示意图

#### 三、焊机特性

1. 静特性：由于采用了负反馈及运算放大器组成的电流调

节器，实现了恒流调节。焊机具有较好的陡降特性，稳定电流和短路电流之比为 1（见图 1—7）。

2. 动特性：焊接电流调节在 500 安时，典型的点焊电流波形如图 1—8 所示。其动特性如下

$$\text{超调量} = \frac{\text{最大电流} - \text{稳定电流}}{\text{稳定电流}} = \frac{535 - 500}{500} = 0.07 = 7\%$$

$$\text{上升时间 (起调时间 } t_0) = 40 \text{ 毫秒}$$

$$\text{下降时间} = 35 \text{ 毫秒}$$

$$\text{电流上升率} = \frac{\text{稳定电流}}{\text{上升时间}} = \frac{500}{40} = 12.5 \text{ 安/毫秒}$$

$$\text{电流下降率} = \frac{\text{稳定电流}}{\text{下降时间}} = \frac{500}{35} = 14.3 \text{ 安/毫秒}$$

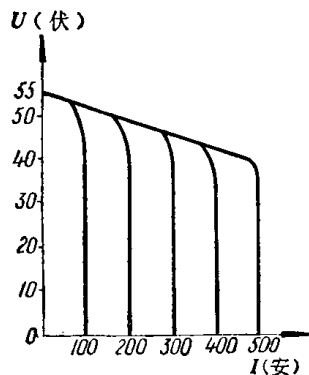


图 1—7 焊机静特性

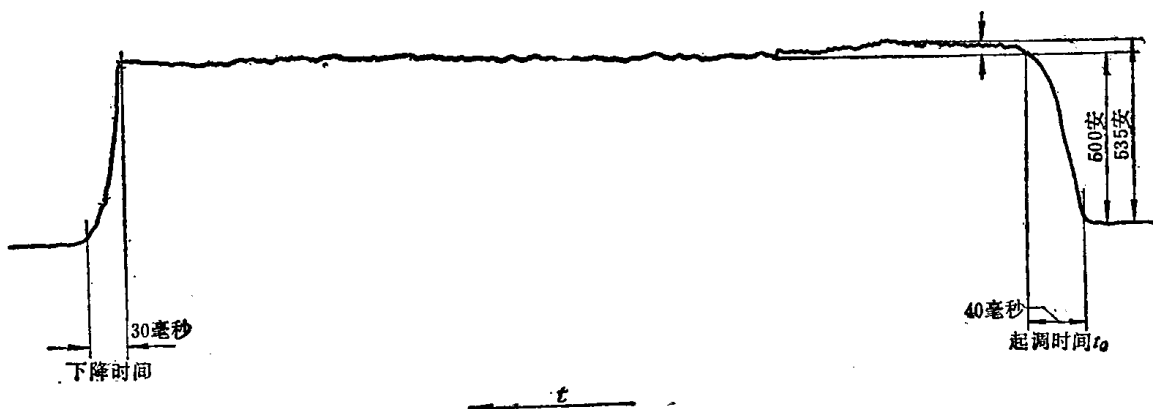


图 1—8 500安时的点焊电流波形

### 四、线路结构

NQAD-500型焊机的线路结构方框图如图 1—9 所示。在此方框图中省略了控制电源及其它辅助电源。焊机的电气原理线路图见图 1—10。

#### (一) 主回路结构

主变压器采用  $\Delta/Y-11$  接法，整流电路用可控硅组成三相半控桥。为了减少脉动和改善焊机的工作性能，采用了直流回路串联电抗器和电阻，可进行有级调节以及叠加小维弧电流的电源。同时还采用了串联式高频引弧电路。

#### (二) 控制回路结构

焊接电流控制线路为有电流反馈和串有电流调节器的闭环调节系统。因此无论电网电压或负载电弧如何变化，焊接电流总能稳定在给定值附近。

为了实现焊接过程中每一焊点过程的自动化，采用了可控硅时间继电器所组成的简易程序控制。点焊的程序由 5 个可控硅时间继电器组成。

采用二—十进制计数器的简单程序控制系统，以实现整台电机连续焊接与焊完停机的自动化。

控制电源采用了晶体管串联式稳压电源。

由于焊机本身包含了强电和弱电部分，特别还有高频引弧装置，因此焊机本身就是一个

强干扰源，为此焊机的控制系统考虑了必要的防干扰措施。

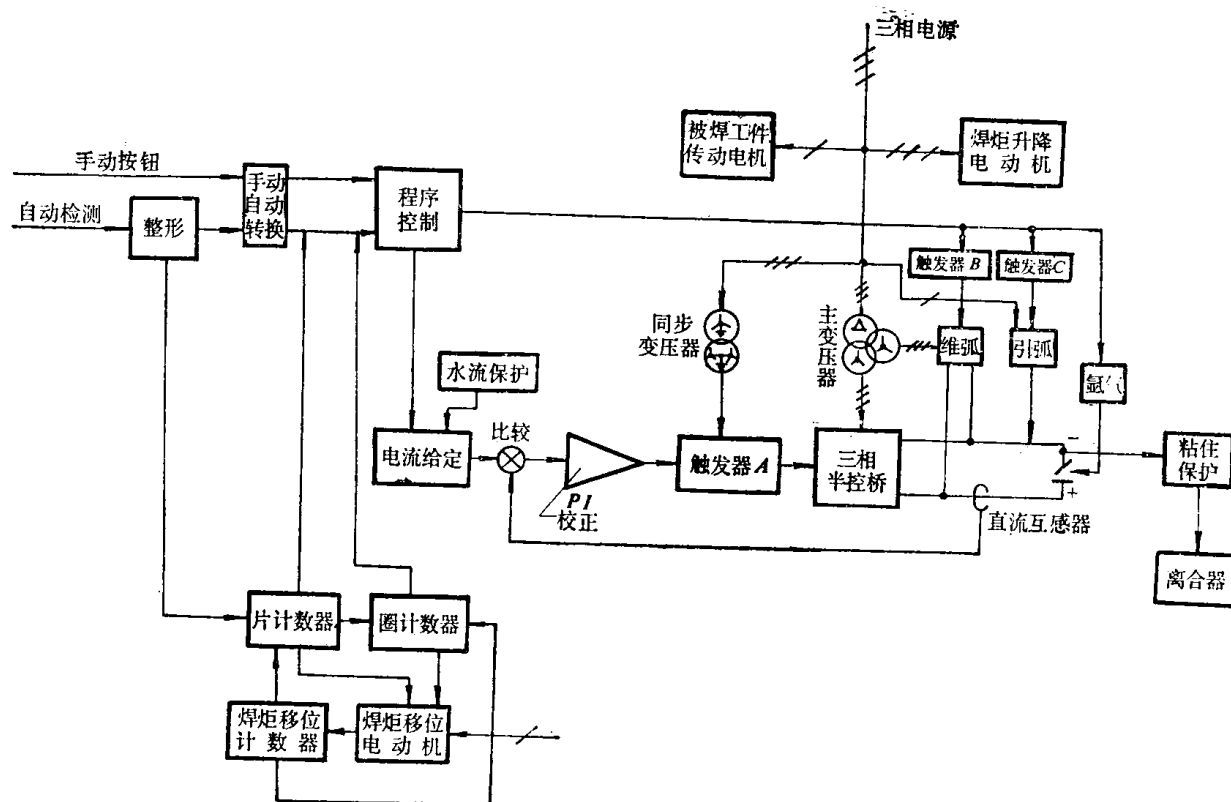


图 1-9 主要线路结构方框图

### (三) 电气原理线路图的编制说明

电气原理线路图共 7 张，分别为图 1-10 (1) 至图 1-10 (7)。

每张图上的元件单独编号。编号的文字部分是元件的类别；数字部分的第一位数字表示该元件在哪一张图上，第二和第三位数字则表示元件的序号。例如：RD101 表示熔断器 (RD)，它是第 1 张图上的第 1 个熔断器；JK708 表示第 7 张图上的第 8 个 JK 触发器；R215 表示第 2 张图上的第 15 个电阻。以后当文中提到某个元件时，就可以根据它的编号识别元件的类别并能立刻找到它所在的图号和位置。

联接导线的编号原则是：凡元件不集中装在同一块印刷电路板上而需彼此联接的导线均有编号，以利于安装和检查故障。第一张图 1-10 (1) 上的元件大部分是主电路的，而且集中装在主电源柜内，所以它的联接导线编号的第一个字母为 Q。联接导线编号的数字部分的含义与上述元件编号的数字部分的意义相同。例如：Q101 表示该联接导线是主电路的联接线，出现在第 1 张图上，它的序号表示是第 1 根联接线。N223 表示第二张图上的第 23 根联接导线。

根据上述的规定，可以很方便地找出原理图之间的相互联系。

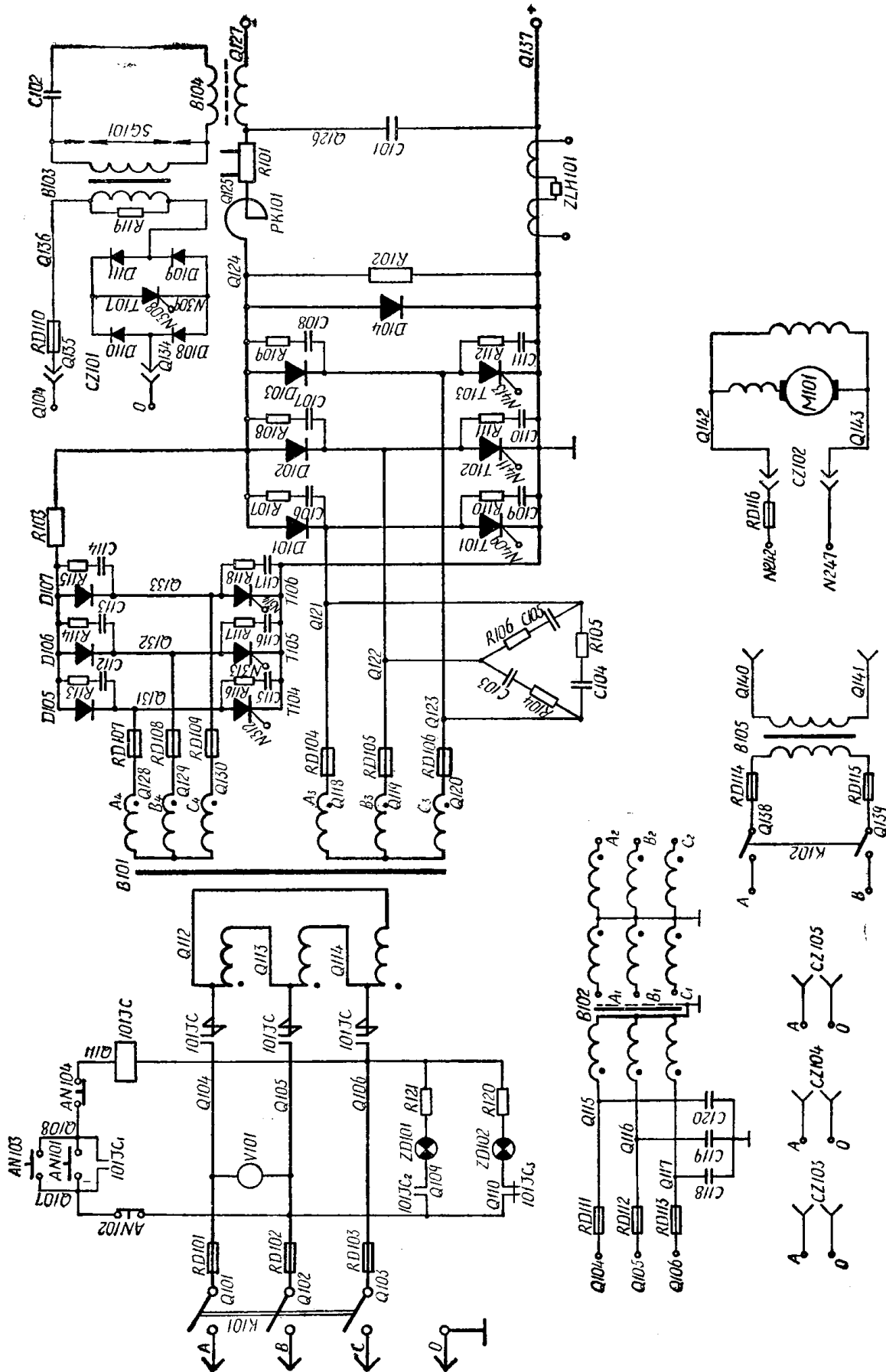


图 1-10 (1) 焊机电气原理线路图

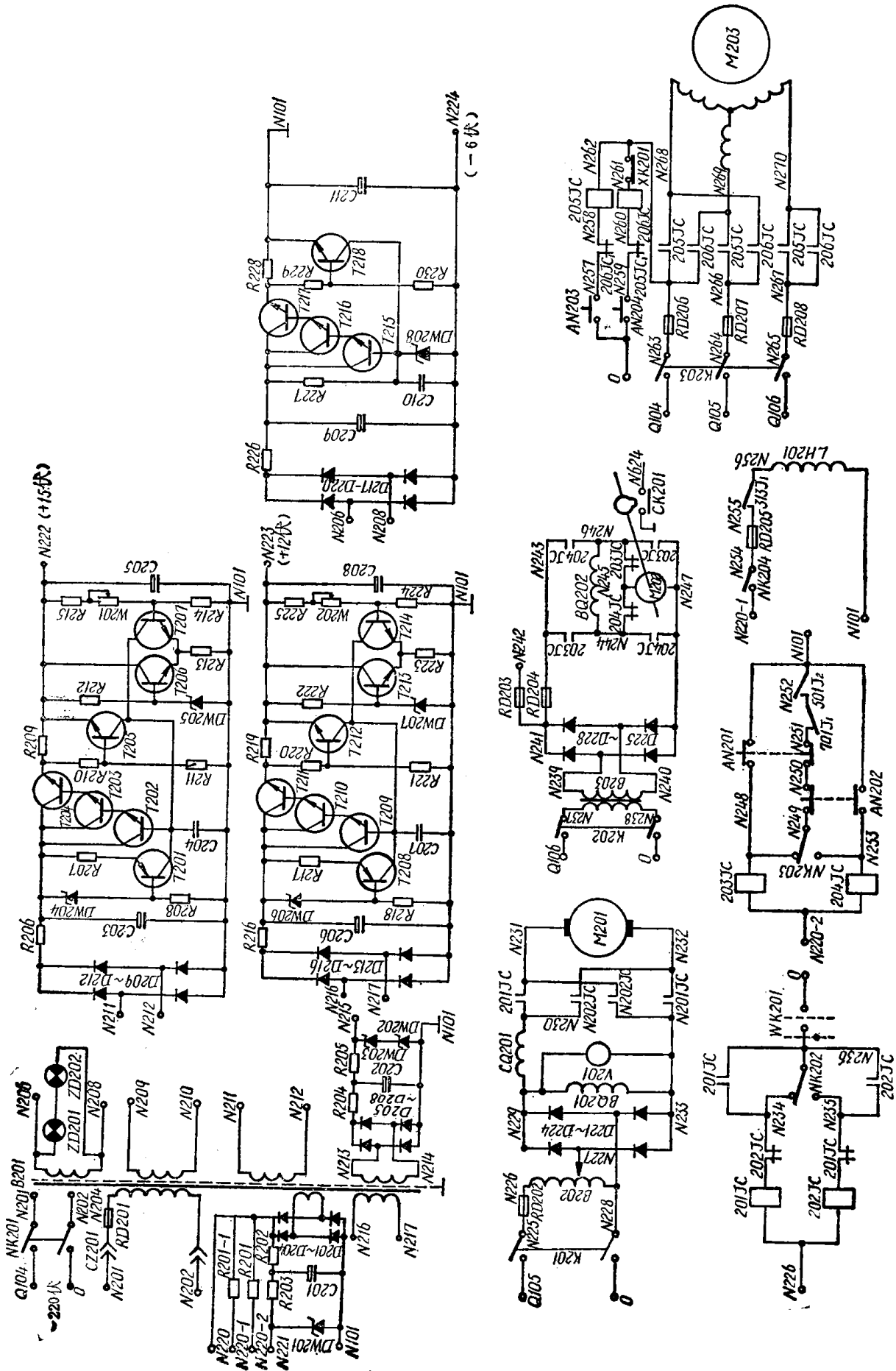


图 1-10 (2) 焊机电气原理线路图

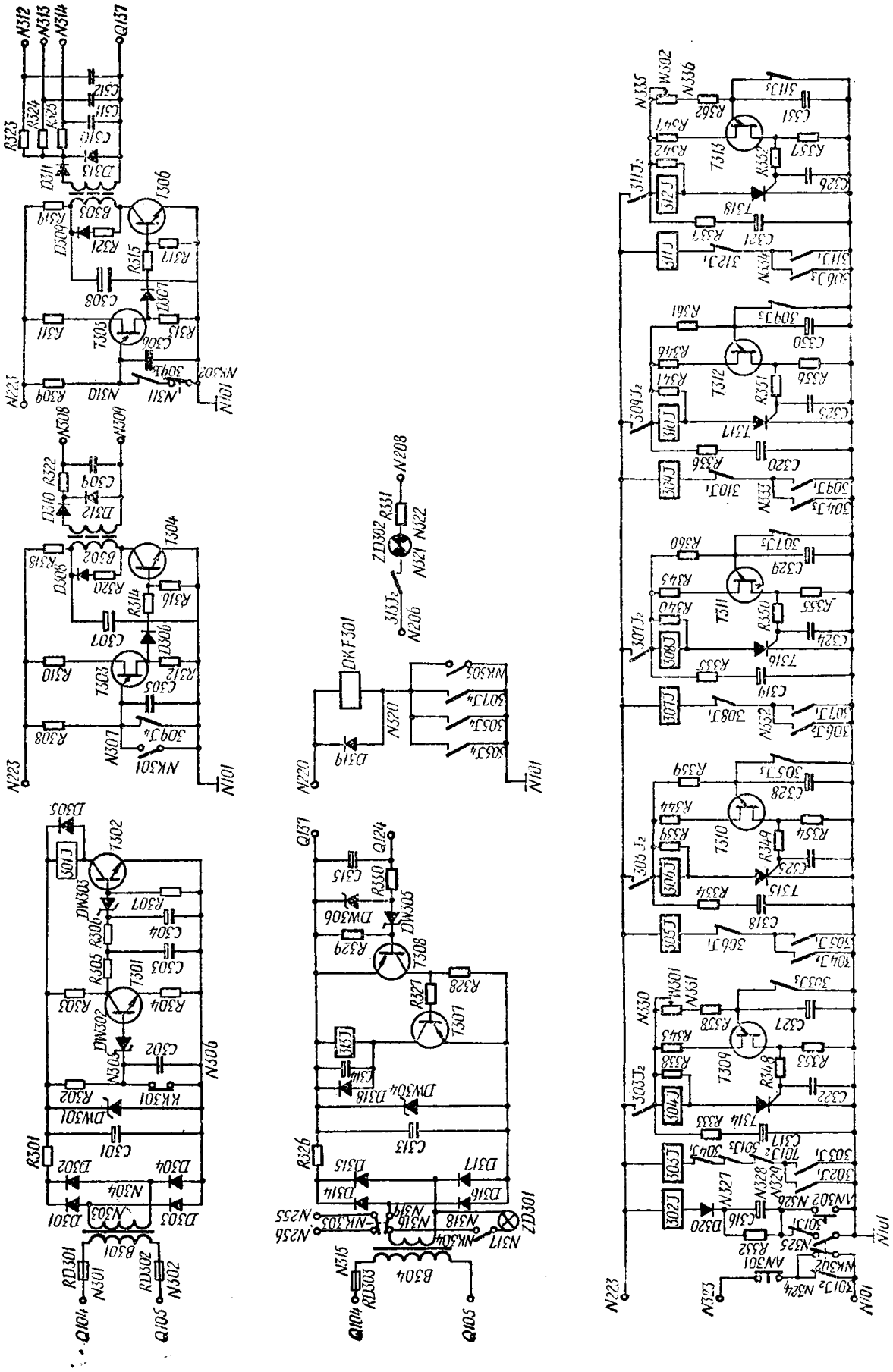


图 1-10 (3) 屏柜电气原理线路图

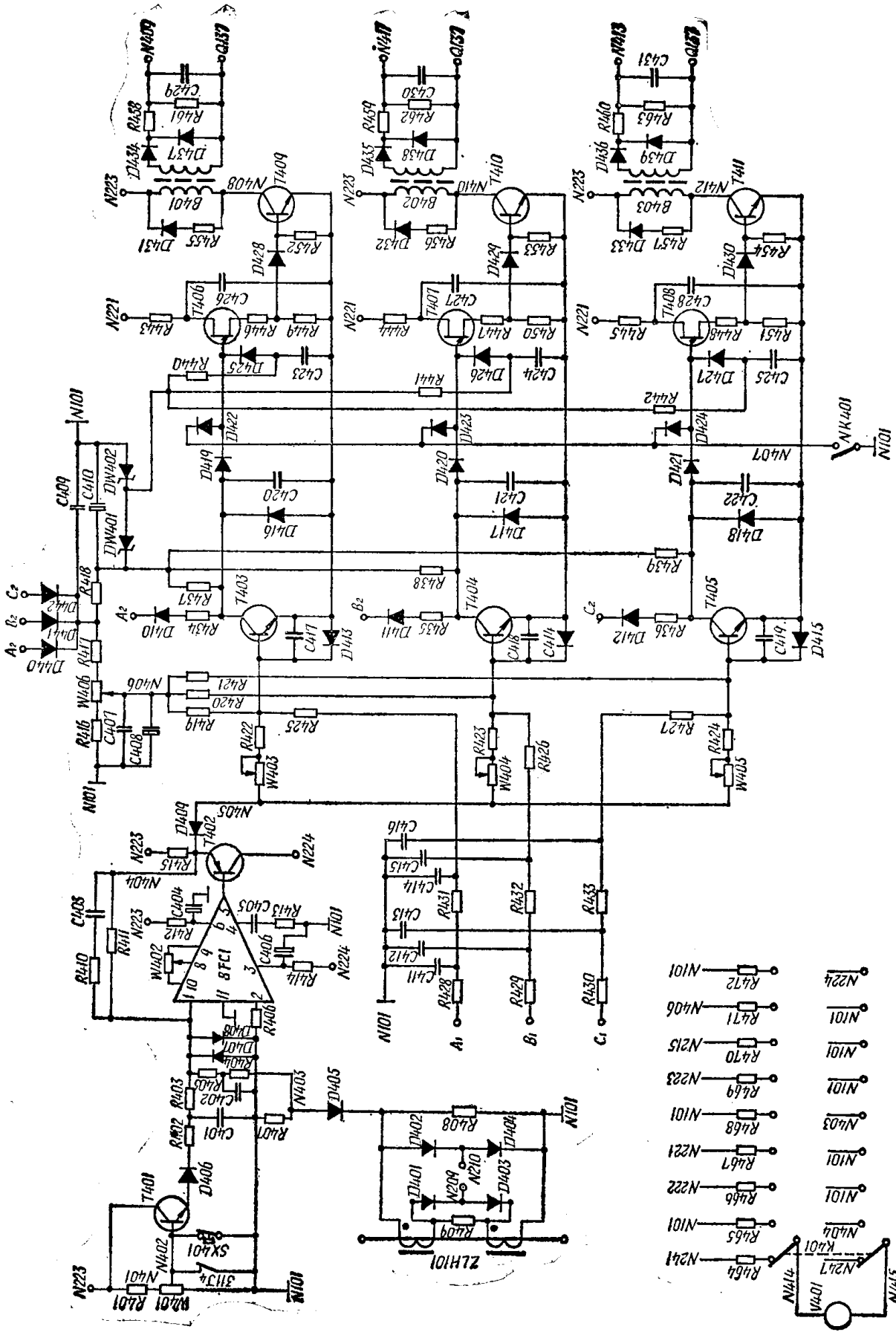


图 1-10 (4) 焊机电气原理线路图



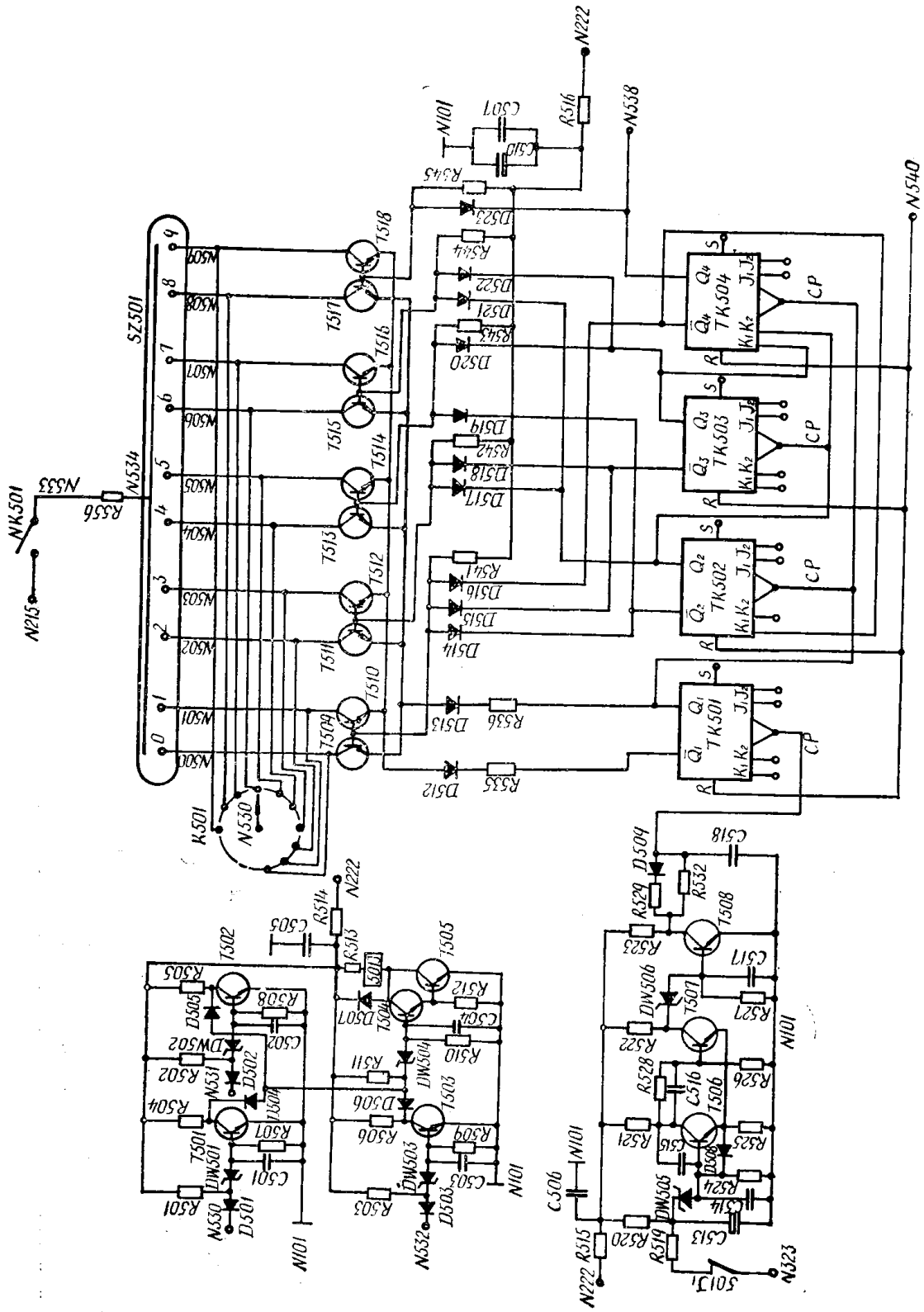


图 1—10 (5—1) 焊机电气原理线路图