

实用电机控制电路

李忠文 安生辉 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

实用电机控制电路

李忠文 安生辉 编著

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电机控制电路/李忠文、安生辉编著. —北京:
化学工业出版社, 2003. 4
ISBN 7-5025-4358-9

I. 实… II. ①李…②安… III. 电机-控制电路
IV. TM301. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 013306 号

实用电机控制电路

李忠文 安生辉 编著
责任编辑: 李玉晖 刘 哲
文字编辑: 吴 俊
责任校对: 顾淑云
封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 19 插页 3 字数 472 千字
2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4358-9/TM·27
定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是一本电路图集，内容覆盖了中小企业常用机电设备的控制电路，详细介绍了几种典型的调速控制系统，中频电源及其自动控制系统，励磁电路以及注塑机电路等，涉及塑料加工、造纸、印染、化工等行业，适用面广，实用性强。书中对大部分控制电路进行了图、文、表的综合说明，内容通俗易懂。

书中大部分内容都是作者积累的技术资料，有些电路是用电路板测绘出来的，资料详实，对从事电气维修的技术人员有很高的参考价值。

目 录

第一章 电磁调速系统电路	1
一、电磁调速异步电动机的调速原理	1
(一) 电磁调速异步电动机的结构和工作原理	1
(二) 电磁调速异步电动机的控制系统	2
(三) 常用控制器技术特性	2
二、ZTK 型系列调速电路	3
三、ZLK 型系列调速电路	8
四、JD1 型系列调速电路	9
五、TSK 型系列调速电路	12
第二章 可控硅调速系统电路	17
一、单相可控硅调速系统电路	19
(一) 单相可控硅调速系统电路结构	19
1. 反馈控制电路	19
2. 主电路	20
3. 触发电路	21
(二) 单相可控硅不可逆调速系统电路应用	21
1. 1290 型分切机电路	21
2. KZD-I 型可控硅直流调速器电路	23
3. KZD-II 型可控硅直流调速器电路	25
(三) 单相可控硅可逆调速系统电路应用	27
1. 机床加工用可控硅调速器电路	27
2. 印染机械 160 型快速树脂整理探边机电路	29
3. 龙门刨床可控硅调速电路	31
二、三相可控硅调速系统电路	33
(一) 三相半波可控硅整流电路	33
1. GDL 型硅整流器电路	34
2. GD5 型硅整流器电路	34
3. KGDS-1000/3-12 型硅整流器电路	34
(二) 三相桥式半控调速电路	35
1. KGSA 型可控硅自动调速系统电路	36
2. KGSA/F 型单闭环自动调速系统电路	40
3. KZS11 型可控硅整流调速电路	44
4. KGSA/F 型双闭环自动调速系统电路	48
(三) 三相桥式全控整流调速电路	51
1. KGS/F21 系列调速系统电路	55

2. MAXITRON S-6/S-6R 电源换流器电路	68
3. CYD 型直流电源电路	82
第三章 可控硅励磁系统电路	83
一、同步发电机励磁电路及应用	84
(一) 同步发电机结构和励磁方式	84
(二) 直流励磁机励磁电路	85
(三) 自励励磁系统电路	86
(四) 同步发电机实用励磁系统电路	88
二、水轮发电机励磁电路	94
(一) 水轮发电机的结构和励磁方式	94
(二) 半导体静止励磁系统电路	96
(三) 无刷励磁系统电路	97
(四) 水轮发电机实用励磁系统电路	97
三、高压同步电动机励磁电路	103
(一) GLA-200/70 型硅整流电路	106
(二) KGLF-300/75 型可控硅整流电路	107
(三) KGLF11、12 型同步电机可控硅励磁电路	110
第四章 中频电源自动控制电路	116
一、中频电源电路	117
(一) 工作原理	117
(二) 主电路	118
(三) 并联式晶闸管中频电源电路	119
1. 整流环节	120
2. 逆变环节	121
3. 保护环节	121
(四) 中频电源的调节电路	123
1. 工作原理	123
2. 双闭环自动调节系统	123
二、中频电源自动控制电路	125
(一) 分立元件组成的整流触发电路	125
(二) 数字集成元件构成的整流触发电路	125
(三) 并联逆变控制电路	129
(四) 并联逆变电路的启动电路	132
三、中频电源应用系统电路	136
(一) 中频电源主电路	136
(二) 中频电源控制电路	141
(三) 中频电源最新应用电路	148
1. 控制电路	148
2. 电路调试	153
3. 调试注意事项	155

第五章 交流调速系统电路	157
一、变频调速系统	157
(一) 交-直-交变频调速系统	158
(二) 脉宽调制变频器调速系统	159
(三) 串级调速系统	162
(四) 电力电子开关	164
二、晶闸管组成的交流调速系统电路	168
三、微电脑调频器简介	176
四、通用变频器	177
(一) 主电路端子功能	177
(二) 控制电路输入端子功能	179
(三) 制作面板	180
(四) 功能指令码及设定	180
(五) 应用电路	182
五、森兰变频器	186
(一) 380V 系列变频器主回路端子	186
1. 主电路接线端子功能	187
2. 控制回路端子功能	187
(二) 触摸面板操作	189
1. 外观及触摸面板按键	189
2. 触摸面板的 LED 数码显示窗	189
3. 触摸面板操作说明	189
(三) 功能及参数	193
(四) 应用电路	203
第六章 注塑机电路	208
一、油压式注塑机电路	208
(一) 亿利达注塑机电路	208
(二) 震雄注塑机电路	209
(三) 东信注塑机电路	216
(四) 力劲注塑机电路	216
(五) 华大注塑机电路	216
(六) 震雄中文电脑注塑机电路	230
(七) 日钢注塑机电路	231
二、电动式注塑机电路	268
参考文献	295

第一章 电磁调速系统电路

电磁调速异步电动机又称作电磁转差离合器或滑差电机。它与一般机械离合器在结构、工作原理以及作用上都不相同，是电磁调速系统中最常用的一种电动机。电磁调速电动机利用可控硅控制技术，改变励磁电流的大小以调节输出转矩和转速，实现交流恒转矩无级调速。其调速范围较大，常用速比为 1:10，调速范围为 120~1200r/min。

一、电磁调速异步电动机的调速原理

(一) 电磁调速异步电动机的结构和工作原理

电磁调速异步电动机的结构有多种形式，但其基本工作原理都是相同的。图 1-1 所示为系统通过滑环向励磁绕组供电的结构形式。图中，异步电动机为原动机，虚线框内为电磁转差离合器，它由电枢、磁极、励磁绕组、滑环和电刷等组成。电枢部分可以装笼形导条，也可以是整块铸钢（相当于无限多根笼形导条并联）。磁极依靠励磁绕组励磁。励磁绕组中的直流是由可控硅整流并通过电刷、滑环通入的。

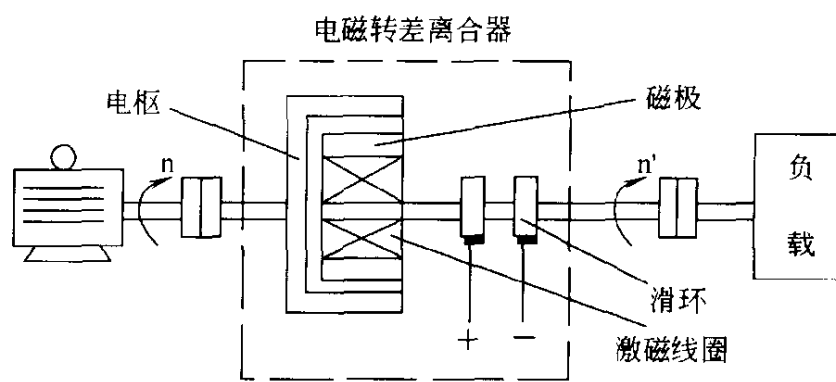


图 1-1 电磁调速异步电动机结构

当三相交流异步电动机运行时，与异步电动机同轴联接的电磁转差离合器的电枢与之同速旋转。如果励磁绕组中有励磁电流，则磁极便有了磁性，磁极与电枢之间的空气隙中便有磁场存在。电枢中的笼形导条与磁场之间的相对运动，使笼形导条中产生感应电动势。笼形导条依靠端部的短路环相并联，构成了闭合电路，所以导条中有电流流通。根据电磁感应定律，在磁场中通电导体要受到磁场力的作用，这样，均匀分布在电枢圆周并与轴平行的导条所受的电磁力，反作用于与负载同轴联接的磁极上，使磁极发生旋转运动，从而带动负载转动。电磁转差离合器的这种工作状态称为离合器的“合”。同时根据电磁力定律，通电导体所在的磁场越强，导体所受的电磁力越大，反作用于磁极上使负载转动并由电磁力产生的电磁转矩（等于电磁力乘以磁极半径）也越大，负载的转速就会加快。磁场的强弱是通过调节励磁电流的大小来改变的，而励磁电流的大小是通过改变可控硅的控制角，以改变加在励磁绕组两端的电压大小来调节的。

显然，电磁转差离合器电磁转矩的产生，是因为电枢与磁极之间有相对运动。如果磁极与电枢转速相同，它们之间没有了相对运动，那么也就没有了导条中的感应电动势和电流，因而也就没有了电磁转矩，负载就失去了使之转动的动力。可见，负载的转速只能低于电动机的转速，这就是电磁转差离合器“转差”的含义。

反之，如果不向励磁绕组中通入直流电流磁极就没有磁性，空气隙中就没有磁场，电枢中的笼形导条就不受电磁力的作用，也不可能有反作用在磁极上的电磁转矩。这时，尽管三相异步电动机在旋转，但负载却不旋转。这种工作状态称为电磁转差离合器的“离”。

电磁调速异步电动机常用于恒转矩负载的速度调节和张力的控制，还适用于鼓风机和泵类为负载的场合。它还对启动转矩大、惯性大的负载有缓冲启动的作用，而且还有防止过载、过流以及过压等保护功能。电磁调速异步电动机以结构简单、成本较低、调速可靠以及维修方便等优点常常替代交流整流子电动机和直流电动机，也被广泛用作纺织、印染、造纸、印刷、塑料、橡胶和线缆等加工行业的设备拖动。

(二) 电磁调速异步电动机的控制系统

电磁调速异步电动机的控制系统具体由交流异步电动机、电磁转差离合器、测速反馈发电机和调速控制器等组成。交流异步电动机的功率是根据电磁转差离合器的功率设计来进行配置的，它要求二者的功率互相匹配；常用的交流异步电动机的功率范围为 0.55~90kW。测速反馈发电机是用来测定电磁调速异步电动机的转速的，它与电磁调速异步电动机输出轴共轴，旋转产生三相中频电压，电压幅值约 40V，频率可达 200Hz，是系统测量转速和采集速度反馈信号的重要部件。控制器也称调速器，是电磁调速异步电动机控制系统的核心部件，其基本的工作原理如下所述。

当负载或异步电动机的电源电压出现波动而引起负载的转速偏离规定的转速时，它能将来自测速发电机的速度反馈信号与根据规定转速而设定的给定信号进行比较，并将比较后得到的差值信号放大，用放大后的信号去改变可控硅导通的时间，从而使可控硅整流输出电压平均值发生与上述波动相反的变化。可控硅整流的输出电压加在励磁绕组两端，励磁电流以及它所产生的磁场随可控硅整流的输出电压的变化而相应变化，使负载的转速基本维持恒定。

图 1-2 所示为电磁调速系统电路的示意图。D 表示三相交流异步电动机，Z 表示电磁转差离合器，F 表示测速反馈发电机，ZTK 表示速度调节控制器，是一种与 JZT 系列电磁调速异步电动机配套的控制设备。

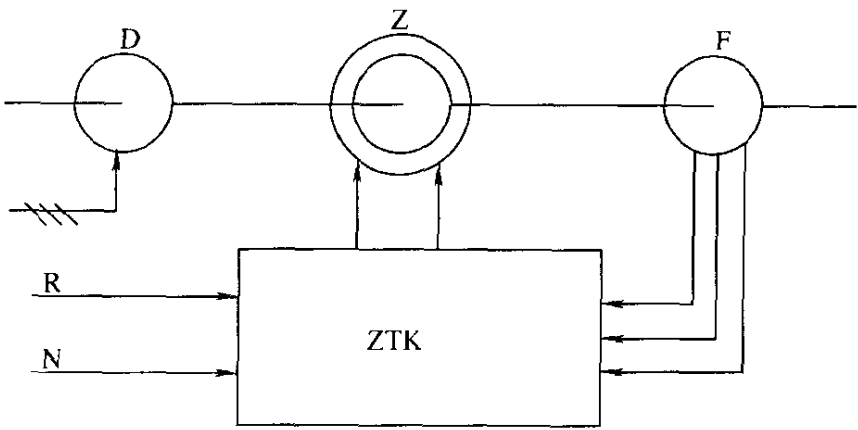


图 1-2 电磁调速系统电路示意

(三) 常用控制器技术特性

电磁调速系统中，控制器是核心部件，可以通过操作控制器上的给定电位器对系统实现调速范围宽、启动转矩大的无级调速。还可利用控制器采用的速度负反馈电路的调节环节，提高电磁调速系统的机械特性硬度，以适应多种调速的要求。控制器也因具有结构简单，维护方便，抗干扰能力强，温度稳定性能好等优点被广泛而普遍地应用。常用控制器的技术特性如下。

(1) 调速范围

速比 1：10（1：20；1：3）

最高转速 120~1200r/min（132~1320r/min）

- (2) 转速变化率（机械特性硬度） 不大于 2.5%
- (3) 输入电源 交流电压 220V，工频 50Hz
- (4) 输出 额定输出最大励磁直流电压不小于 90V，额定输出最大励磁直流电流为 5A
- (5) 配套电动机容量 0.55~90kW
- (6) 电源电压变化（+5~-10）%时，转速偏差不大于±2.5%。

二、ZTK 型系列调速电路

ZTK 型转差离合器控制器是与 JZT 系列三相交流电磁调速异步电动机配套的控制设备。其电路方框图如图 1-3 所示。

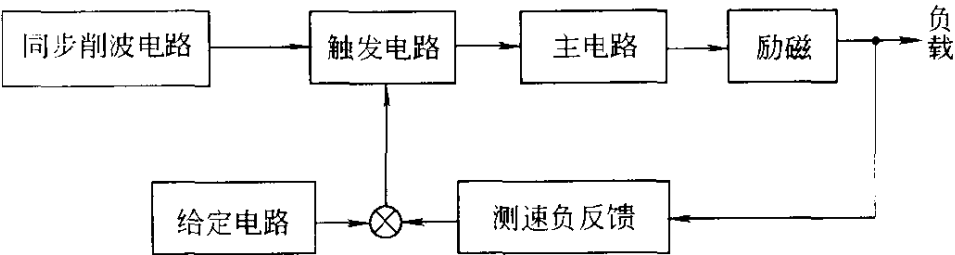


图 1-3 ZTK 型系列控制器电路方框图

图 1-4 所示为 ZTK-1 型控制器电气原理。它由可控硅主电路、给定电路、触发电路以及测速反馈电路等组成。各部分工作原理如下。

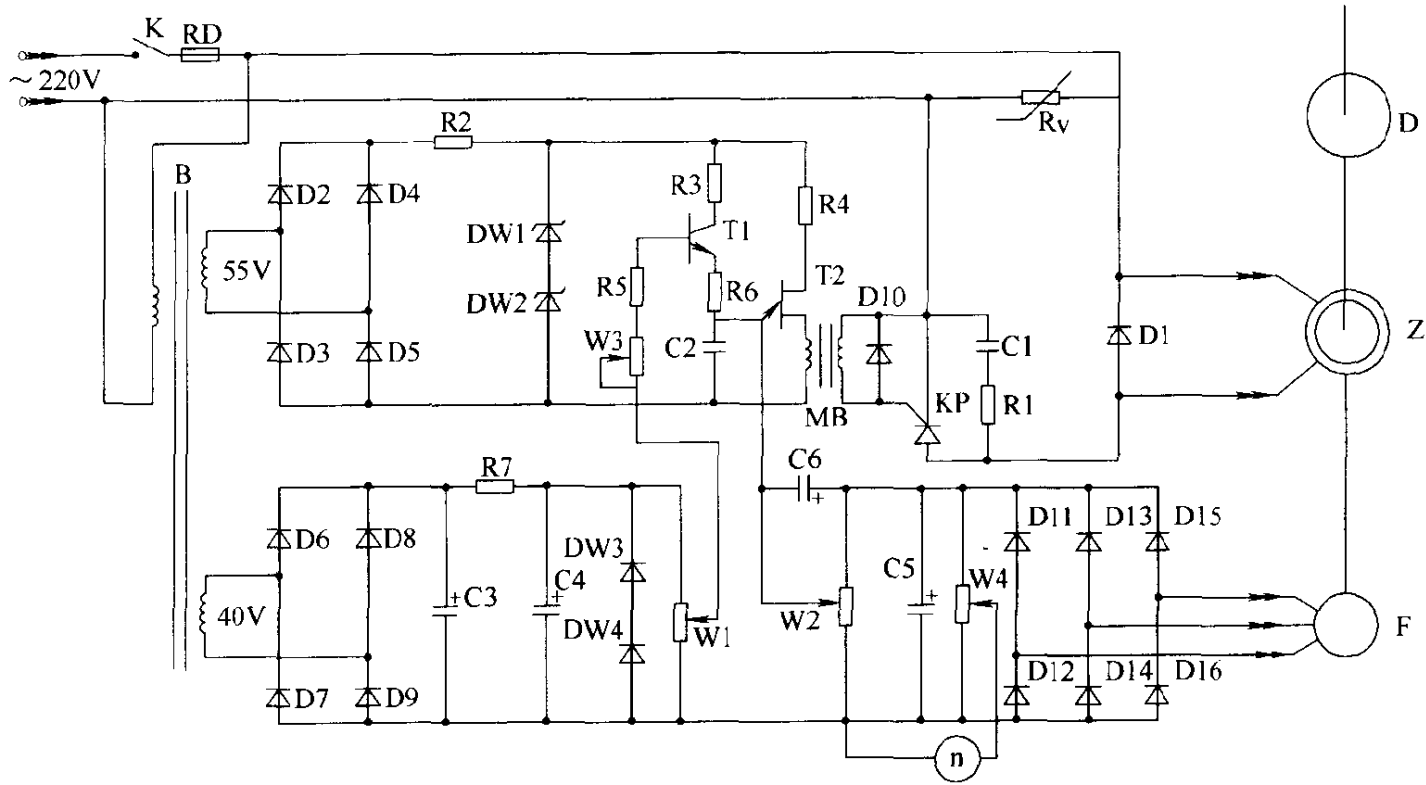


图 1-4 ZTK-1 型控制器电气原理

- (1) 主电路 采用可控硅半波整流电路，D1 为续流二极管，由于电磁转差离合器激磁线圈是一个电感性负载，故 D1 起到了使工作电流连续的作用。R_v 是压敏电阻，用来抑制交流侧浪涌过电压。RD 是熔断器，用于主电路过电流保护。R1 和 C1 与可控硅并联组成阻容吸收保护电路，作元件 KP 的过压保护。
- (2) 给定电路 该电路由变压器 B、整流电路、滤波电路和稳压电路等组成。变压器 B 输出交流电压（40V）作为给定电路的输入电压，该电压经 D6~D9 桥式整流，再经由 C3、R7、C4 组成的 RC 滤波器变为较平直的直流电压。在滤波电路之后引入了由稳压管 DW3、DW4 以及电阻 R7 组成的稳压电路。电位器 W1 的滑动端输出的直流电压是根据负载转速要

求而设定的基准电压即给定电压，调节 W1 可调节给定电压的大小，从而控制系统的设定转速。

(3) 测速反馈电路 其工作原理如下。测速发电机 F 输出三相中频电压到控制器的 D11~D16 进行三相桥式整流、再经电容器 C5 滤波，其输出的反馈电压信号加到电位器 W2 两端，最后由中心抽头对信号进行取样或调节。该电压信号随电磁转差离合器的转速变化成线性变化，作为速度反馈信号与给定信号相比较其差值进入前置放大器放大，放大器的输出信号的极性与给定电压信号极性相反，起负反馈的作用。电位器 W3 为转速表 n 校正用，电容器 C6 为加速电容，起稳定转速的作用。

(4) 触发电路 它采用单结晶体管触发电路，其电路简单，工作稳定可靠，温度补偿性能好，受温度影响小，调校方便，移相范围能达到 160°左右。其工作同步电压的形成如下。变压器 B 输出交流电压 55V 给 D2~D5 四个二极管进行整流，其整流输出经过限流电阻 R2，再由 DW1 和 DW2 对整流波形进行削波，其输出电压作为触发电路的同步电源。由于变压器 B 的原边和主电路接在同一电源上，所以，当主电路过零点时，同步电路也过零点，这样就可以保证在每一半波开始时，电容 C2 两端的电压也为零，使得电容器 C2 的起始充电时间固定，起到了同步作用。晶体管 T1 为前置放大器并作触发电路的可变充电电阻，同步削波后的直流电压经过 R3、T1 和 R6 对 C2 充电，当电容 C2 两端的电压 U_{C2} 达到单结晶体管 T2 的峰点电压 U_P 时，T2 管的 e-b₁ 间雪崩导通，电容 C2 经脉冲变压器 MB 的原边绕组放电。当 $U_{C2} \leq U_P$ 时，e-b₁ 间又恢复高阻状态，电源又对电容 C2 充电，当充到 $U_{C2} > U_P$ 时，e-b₁ 间又雪崩导通，如此循环反复，于是在脉冲变压器 MB 的两端产生一系列脉冲，以触发可控硅。

ZTK-1 型电磁调速控制器由上述电路组成形成一个具有给定环节和速度负反馈环节的闭环电路。给定电路与测速负反馈电路产生的叠加信号经三极管 T1 前置放大器放大，由于 T1 相当于一个可变电阻即恒流源充电电阻，则改变叠加信号的大小，也就改变了 T1 的导通程度，也改变了充电时间常数，使得触发电路产生的脉冲发生移相，可控硅控制角也随之变化，从而使输出电压或输出电流发生变化，对电磁转差离合器实现宽范围的无级调速。表 1-1 所示为 ZTK-1 型电磁调速控制器电路板元件。

表 1-1 ZTK-1 型电磁调速控制器电路板元件

序 号	代 号	名 称	型 号	数 量	序 号	代 号	名 称	型 号	数 量
1	B	变压器	220V/40V、55V	1	12	n	转速表	59L1-V	1
2	MB	脉冲变压器	1:2	1	13	W4	电位器	WX14-22kΩ	1
3	K	扭子开关	250/1A	1	14	W3	电位器	WS-100kΩ/2W	1
4	RD	保险器	3A	1	15	W2	电位器	WX14-2.2kΩ	1
5	Rv	压敏电阻	MY31	1	16	W1	电位器	WX30-2.2kΩ	1
6	T1	三极管	3DG130C	1	17	C1	电容	0.1μF/400V	1
7	T2	单结管	BT33F	1	18	C2	电容	0.33μF/160V	1
8	KP	可控硅	3CT 5A/600V	1	19	C3, C5	电解电容	100μF/50V	2
9	D1	整流管	2CZ 5A/600V	1	20	C4	电解电容	220μF/50V	1
10	D2~D16	二极管	1N4007	15	21	C6	电解电容	10μF/50V	1
11	DW1~DW4	稳压二极管	2CW15	4	22	R1	电阻	51Ω/2W	1

续表

序 号	代 号	名 称	型 号	数 量	序 号	代 号	名 称	型 号	数 量
23	R2	电阻	RX21-750Ω/4W	1	26	R5	电阻	RJ-2.4kΩ/0.5W	1
24	R3	电阻	RJ-2kΩ/0.5W	1	27	R6	电阻	RJ-2kΩ/0.5W	1
25	R4	电阻	RJ-100Ω/0.5W	1	28	R7	电阻	RX21-750Ω/4W	1

图 1-5 所示为 ZTK-1 型电磁调速系统的电气原理。其中 (a) 图所示为 ZTK-1 型控制器内电路板插座的接线，实际应用中用 CY401-22 线插座，与电路板设计相符合。外接线需用航空插头座，用来连接控制器的输入电源、电磁转差离合器线圈和交流测速发电机电源。图中电位器 W1 和 W2，熔断器 RD，扭子开关 K，电源信号灯 LD 均在控制器的面板安装，便于显示和调节。

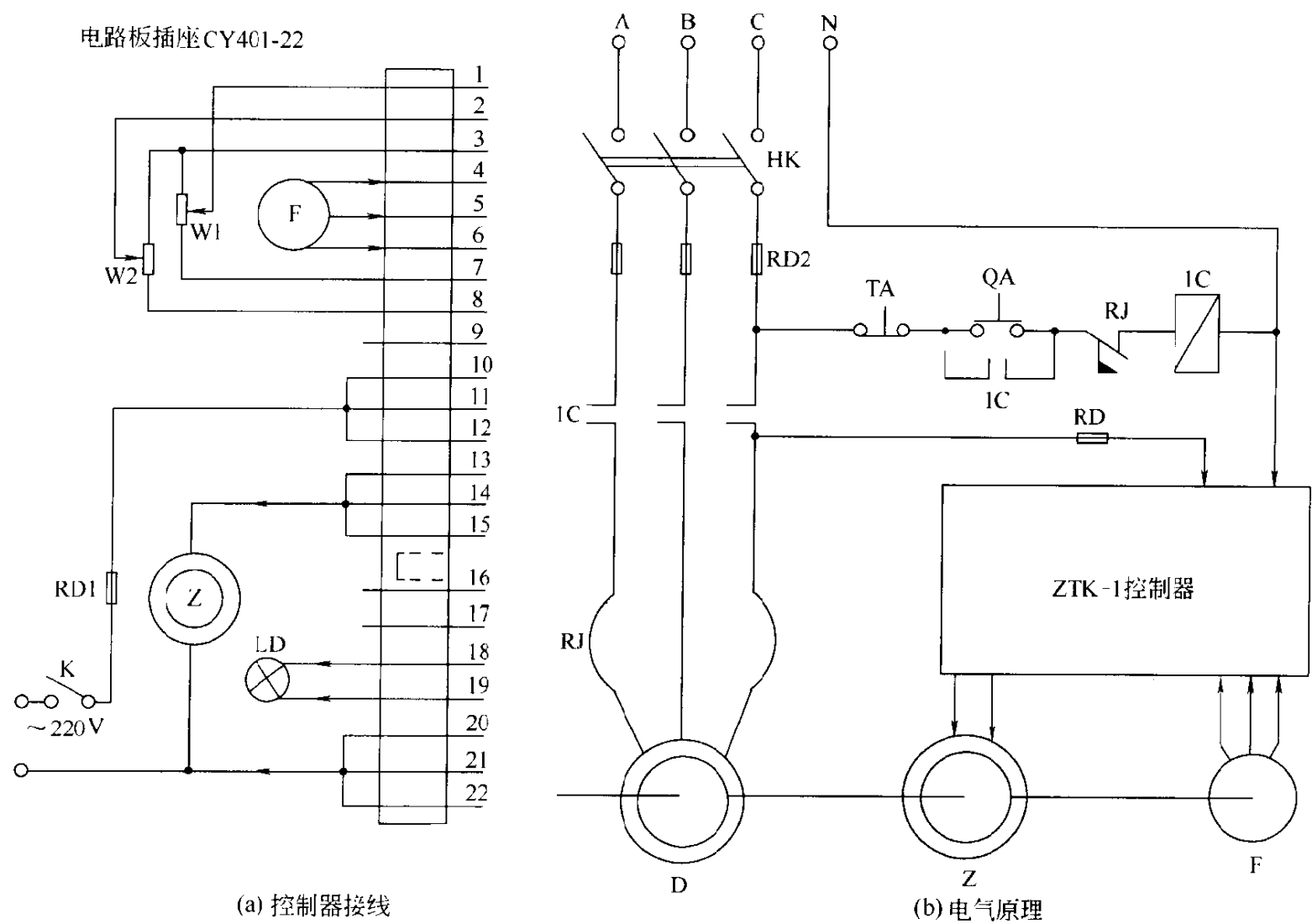


图 1-5 ZTK-1 型电磁调速电气原理

图 1-6 所示为 ZTK-1 型电磁调速控制器电气原理。基本原理同 ZTK-1 型控制器，只是电路设计上采取了电压微分反馈电路来防止电机转速不稳定或振荡现象。电路元器件和接线也有所不同。表 1-2 所示为 ZTK-1 型电磁调速控制器电路板元件。

表 1-2 ZTK-1 型电磁调速控制器电路板元件

序号	代 号	名 称	型 号	数量	序号	代 号	名 称	型 号	数量
1	B	变压器	220V/40V、38V、6.3V	1	4	D ₁	整流二极管	2CZ 5A/500V	1
2	MB	脉冲变压器	1 : 2	1	5	RD	熔断器	3A	1
3	KP	可控硅	3CT 5A/500V	1	6	ZD	信号灯	ZSD 型	1

续表

序号	代 号	名 称	型 号	数量	序号	代 号	名 称	型 号	数量
7	K	扭子开关	KN3 3A 500V	1	20	R6	电阻	RJ-510Ω/0.5W	1
8	n	转速表	59L1-V	1	21	R7	电阻	RJ-10kΩ	1
9	T1	三极管	3DG6C	1	22	R8	电阻	RJ-1kΩ/1W	1
10	T2	单结管	BT33C	1	23	W1	电位器	WX030-1.5kΩ	1
11	DW1、DW2	稳压管	2CW113	2	24	W2	电位器	WX14-1kΩ	1
12	D8~D17	二极管	2CZ82C	10	25	W3	电位器	WS-6.8kΩ	1
13	D2, D3, D8	二极管	2AP16	3	26	W4	电位器	WX14-10kΩ	1
14	D7, D4	二极管	2CZ82C	2	27	C1	电容	0.1μF/400V	1
15	R1	电阻	RJ-51Ω/2W	1	28	C2	电容	0.1μF/160V	1
16	R2	电阻	RJ-30Ω/0.5W	1	29	C3	电解电容	CD10-100μF/50V	1
17	R3	电阻	RJ-1kΩ/1W	1	30	C4, C5	电解电容	CD11-50μF/50V	2
18	R4	电阻	RJ-420Ω/0.5W	1	31	C6	电解电容	CD11-10μF/50V	1
19	R5	电阻	RJ-6.8kΩ/0.5W	1	32	C7	电解电容	1μF/160V	1

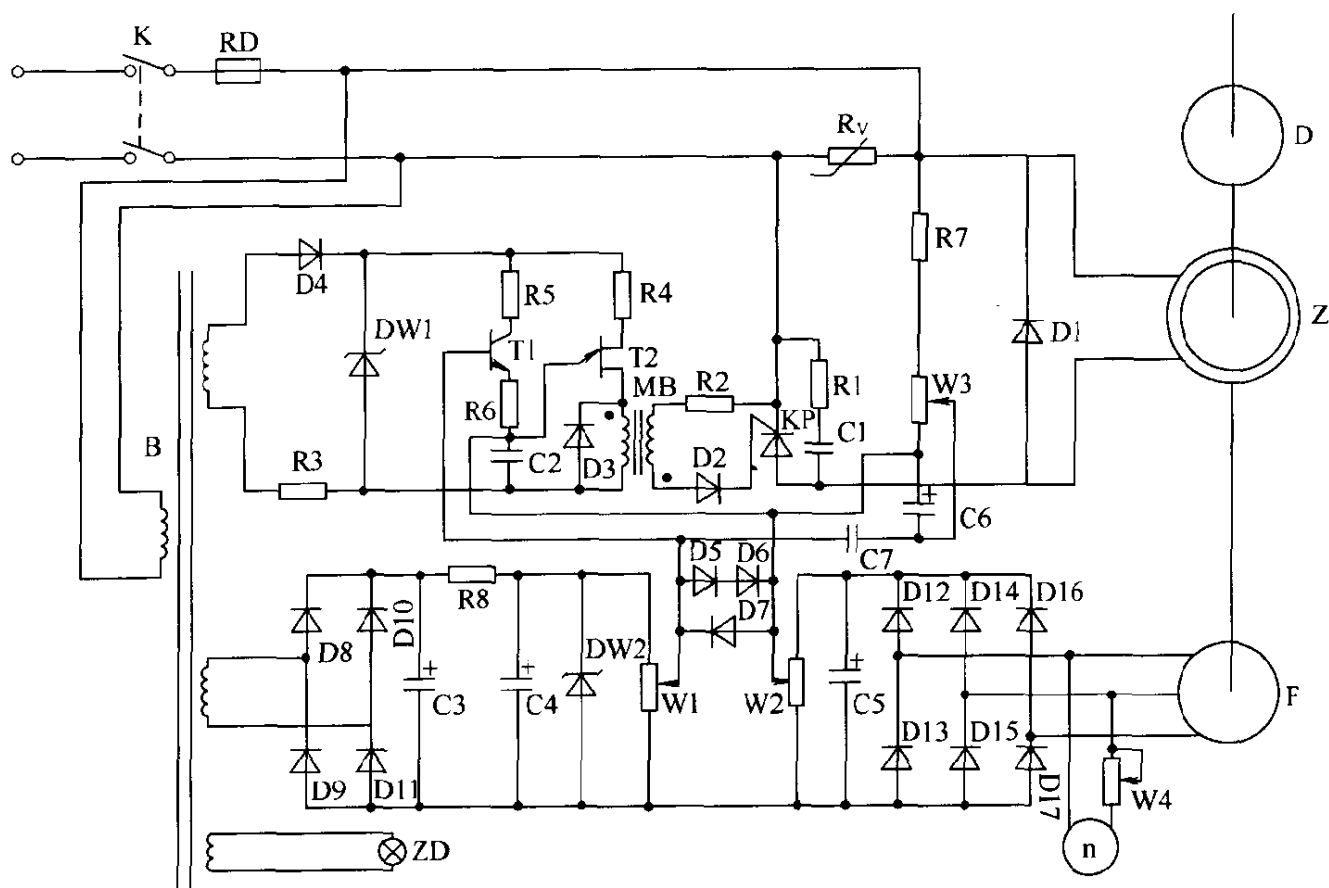


图 1-6 ZTK-1 型电磁调速控制器原理

以上均没有 D、Z 和 F 的参数，D 表示三相交流异步电动机，Z 表示电磁转差离合器磁场线圈，F 表示三相测速发电机，直线连接表示它们均是同轴转动。

图 1-7 所示为 ZTK-1 型电磁调速控制器接线图。通过具体的接线图，可以方便地了解电路各测点、各连线的准确位置，便于检测各工作点的状况，并为更换元件、查寻故障以及及时维修等提供依据。

图 1-8 所示为 ZTK-10 型电磁调速控制器原理。它与上述的 ZTK-1 型控制器原理基本相同, 不同之处是采用了集成运算放大器代替分立器件, 设计了比例积分调节器 (也称作 PI 调节器或单闭环速度调节器)。它将给定电压信号和转速反馈电压信号进行叠加, 比较后其

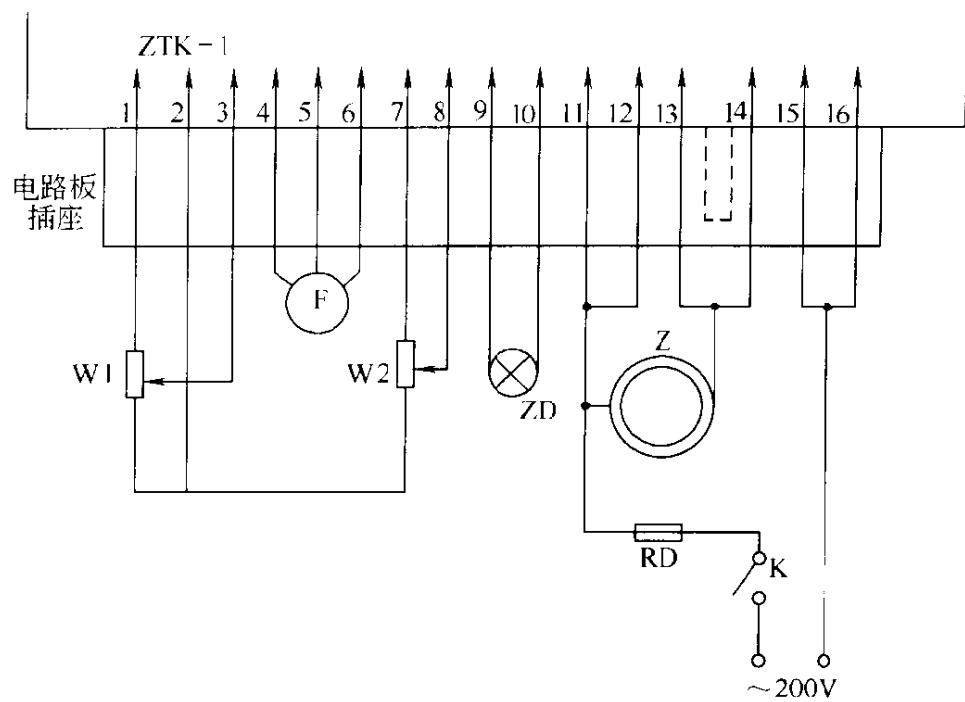


图 1-7 ZTK-1 型电磁调速控制器接线

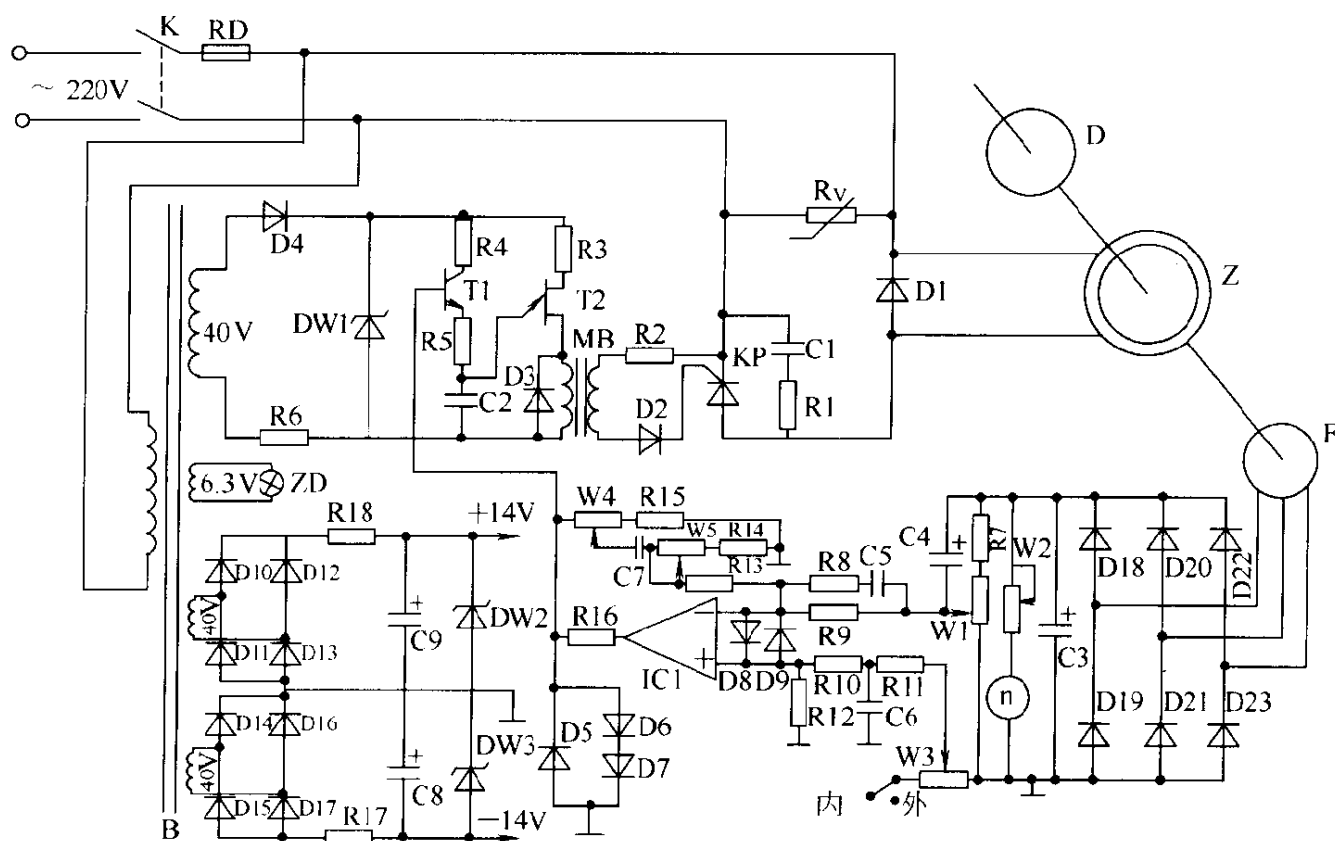


图 1-8 ZTK-10 型调速控制器原理

差值信号输入到速度调节器进行放大处理，放大处理后的电压信号再与触发电路的同步削波后的电压信号进行叠加，来控制三极管 T1 的导通，随着差值电压信号的变化触发脉冲也发生改变，从而来控制可控硅的导通角，输出直流电压或电流。采用单闭环速度调节器来维持转速恒定是较理想的自动调速电路。

表 1-3 所示为 ZTK-10 型电磁调速控制器电路元件。

表 1-3 ZTK-10 型电磁调速控制器电路板元件

序号	代号	名称	型号	数量	序号	代号	名称	型号	数量
1	B	变压器	220V/40V、40V、40V、6V	1	5	R _v	压敏电阻	MY31-5kA/460V	1
2	MB	脉冲变压器	1:2	1	6	D1	整流二极管	2CZ 5A/600V	1
3	K	扭子开关	KN3 3A	1	7	KP	可控硅	3CT 5A/600V	1
4	RD	熔断器	螺旋式 3A	1	8	ZD	指示灯	ZSD 型	1

续表

序号	代 号	名 称	型 号	数量	序号	代 号	名 称	型 号	数量
9	n	转速表	59L1-V	1	26	C8,C9	电解电容	220 μ F/50V	2
10	D2~D9	二极管	2CP12	8	27	R1	电阻	RJ-75 Ω /1W	1
11	D10~D23	二极管	2CZ83C	14	28	R2	电阻	RJ-30 Ω /0.5W	1
12	T1	三极管	3DG12C	1	29	R3	电阻	RJ-430 Ω /0.5W	1
13	T2	单结管	BT33C	1	30	R4	电阻	RJ-4.7k Ω /0.5W	1
14	DW2,DW3	稳压管	2CW21H	2	31	R5	电阻	RJ-510 Ω /0.5W	1
15	W1	电位器	WX030-2.2k Ω	1	32	R6	电阻	RJ-1k Ω /4W	1
16	W2	电位器	WX14-22k Ω	1	33	R7	电阻	RJ-2k Ω /0.5W	1
17	W3	电位器	WX14-1.5k Ω	1	34	R8	电阻	RJ-27k Ω /0.5W	1
18	W4	电位器	WS-1M Ω	1	35	R9,R10,R11	电阻	RJ-10k Ω /0.5W	3
19	W5	电位器	WS-3.3k Ω	1	36	R12	电阻	RJ-39k Ω /0.5W	1
20	C1	电容	0.1 μ F/400V	1	37	R13,R14	电阻	RJ-100k Ω /0.5W	2
21	C2	电容	0.1 μ F/160V	1	38	R15	电阻	RJ-150k Ω /0.5W	1
22	C3	电解电容	47 μ F/50V	1	39	R16	电阻	RJ-1k Ω /0.5W	1
23	C4	电解电容	10 μ F/50V	1	40	R17,R18	电阻	RJ-1k Ω /4W	2
24	C6	电容	1 μ F/50V	1	41	IC1	集成块	FC-52	1
25	C5,C7	电容	4 μ F/50V	2	42	DW1	稳压管	2CW113	1

三、ZLK 型系列调速电路

ZLK 型系列调速控制器也是一种与电磁调速电动机配套的控制设备。它也是通过操作给定电位器来对电磁调速电动机实现宽范围的无级调速或恒转矩无级调速的。其电路方框图见图 1-9。

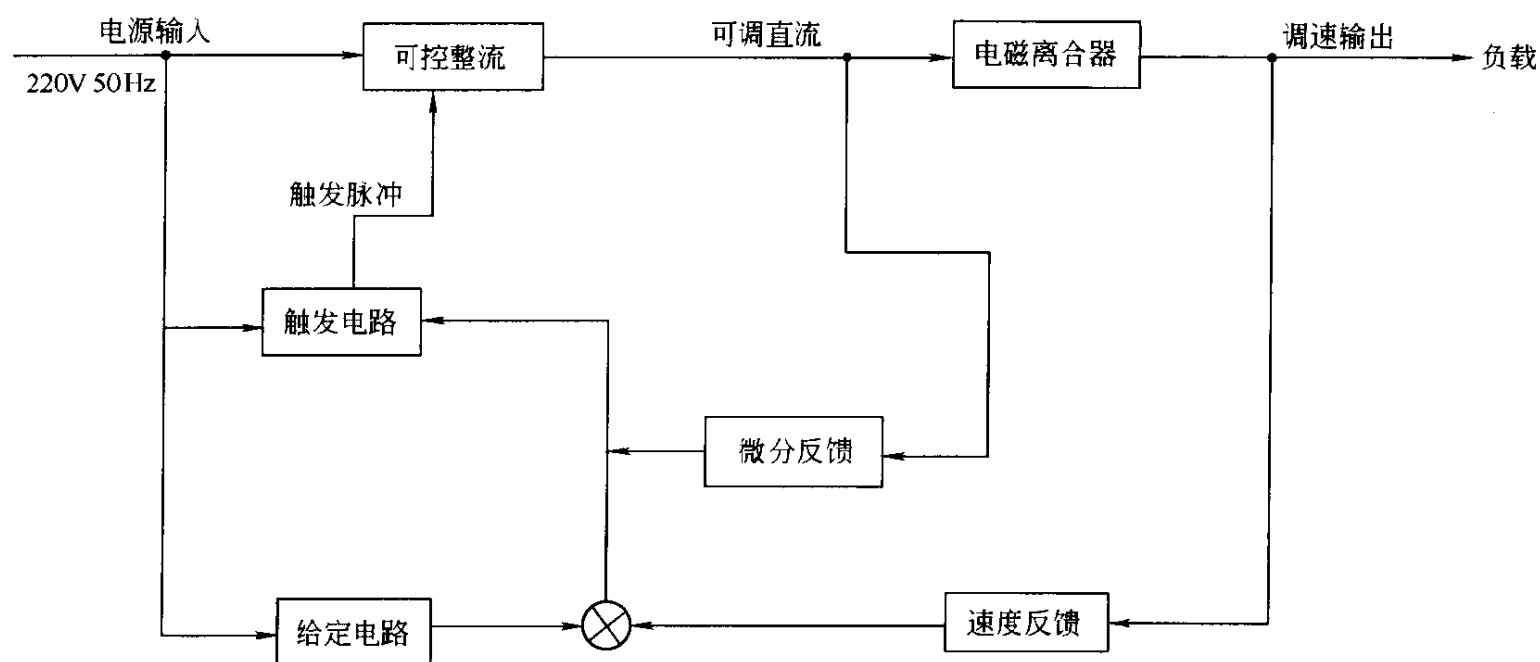


图 1-9 ZLK 型系列调速控制器电路方框图

由电路方框图可知，ZLK 型控制器也包含了可控硅主电路、给定电路、触发电路、测速负反馈电路和电压微分反馈电路，它的基本工作原理与上述 ZTK 型控制器的电路基本相同，但电路结构有些区别。

图 1-10 所示为 ZLK-1 型控制器原理，三极管 T1 选用了 PNP 型，控制信号加入其基极和发射极，通过改变 T1 管的内阻来改变电流，进而改变电容 C2 的充放电时间，使单结晶体管 T2 产生的触发脉冲能进行自动移相，从而改变可控硅的导通角而实现控制电机的转

速。ZLK-1 型调速控制器电路元件见表 1-4。

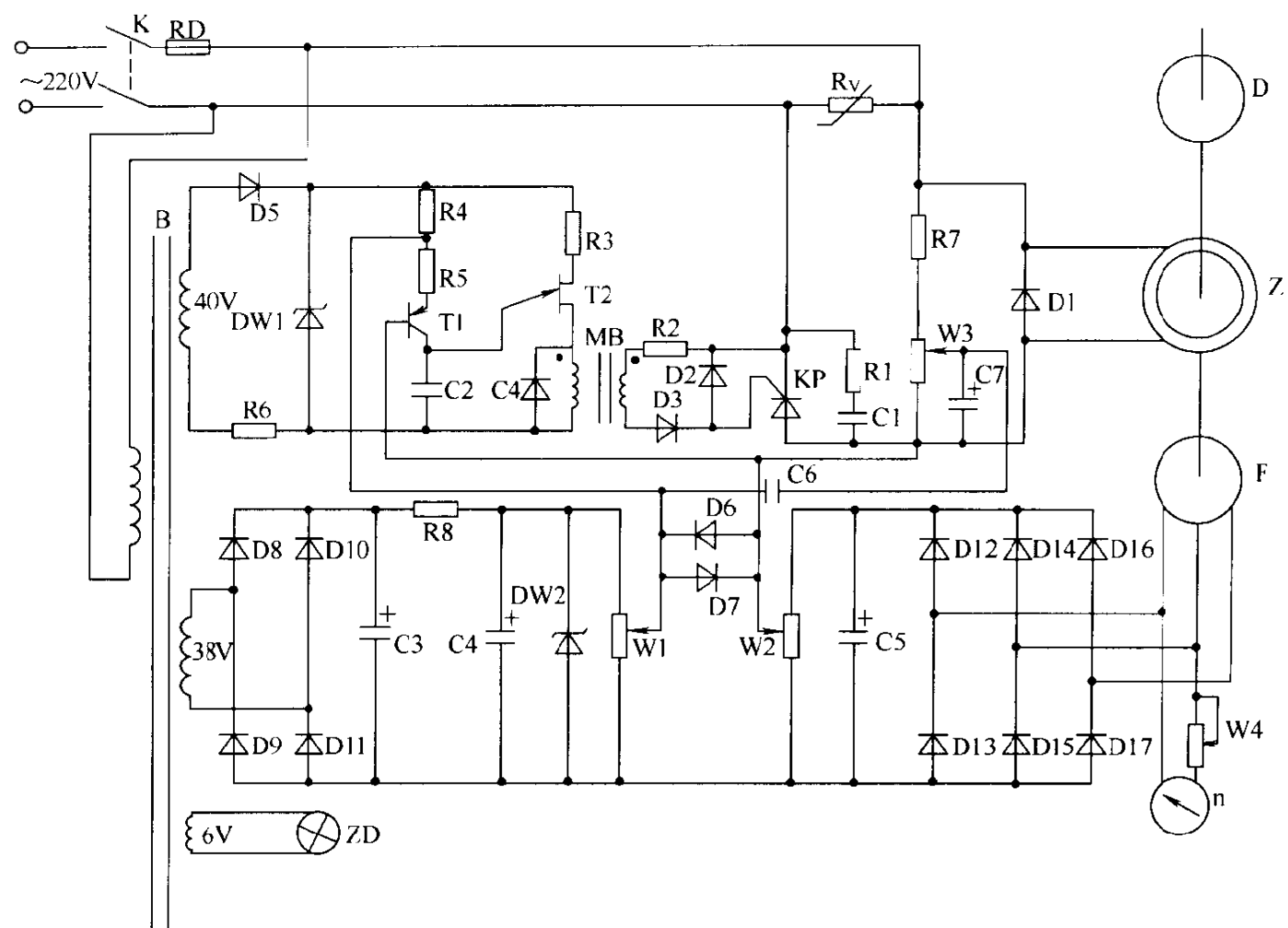


图 1-10 ZLK-1 型电磁调速控制器原理

表 1-4 ZLK-1 型调速控制器电路板元件

序号	代 号	名称	型 号	数量	序号	代 号	名称	型 号	数量
1	B	变压器	220V/40V、38V、6V	1	18	W3	电位器	WS2-6.8kΩ	1
2	MB	脉冲变压器	1 : 2	1	19	W4	电位器	WX14-22kΩ	1
3	K	扭子开关	KN3 3A	1	20	R1	电阻	RJ-51Ω/2W	1
4	RD	熔断器	螺旋式 3A	1	21	R2	电阻	RJ-30Ω/0.5W	1
5	R _v	压敏电阻	MY31-5kA/470V	1	22	R3	电阻	RJ-430Ω/0.5W	1
6	ZD	指示灯	ZSD 型	1	23	R4	电阻	RJ-4.7kΩ/0.5W	1
7	D1	整流二极管	2CZ 5A/600V	1	24	R5	电阻	RJ-1kΩ/0.5W	1
8	KP	可控硅	3CT 5A/600V	1	25	R6	电阻	RJ-1kΩ/2W	1
9	n	转速表	59L1-V	1	26	R7	电阻	RJ-10kΩ/1W	1
10	T1	三极管	3AX31B	1	27	R8	电阻	RJ-1kΩ/2W	1
11	T2	单结管	BT33C	1	28	C1	电容	0.1μF/400V	1
12	DW1, DW2	稳压管	2CW21I	2	29	C2	电容	0.22μF/160V	1
13	D2, D3, D4, D7	二极管	2AP16	4	30	C3, C5	电解电容	CD11-47μF/50V	2
14	D5, D8~D17	二极管	2CZ82C	11	31	C4	电解电容	47μF/25V	1
15	D6	二极管	2CP10	1	32	C6	电容	1μF/160V	1
16	W1	电位器	WX030-1.5kΩ	1	33	C7	电解电容	CD11-10μF/50V	1
17	W2	电位器	WX14-1.5kΩ	1					

四、JD1 型系列调速电路

JD1 型系列调速控制器也是一种与电磁调速电动机系列配套的控制设备。它同样也是通过控制面板上的调节旋钮（给定电位器）来对电磁调速电机实现宽范围的无级调速的。JD1 型系列调速控制器还可以接受 0~10mA 或 0~10V 的自动控制信号实现自动调速，是国家

推广的节能产品，对于风机和泵类负载，节电效果更佳。其电路方框图见图 1-11。

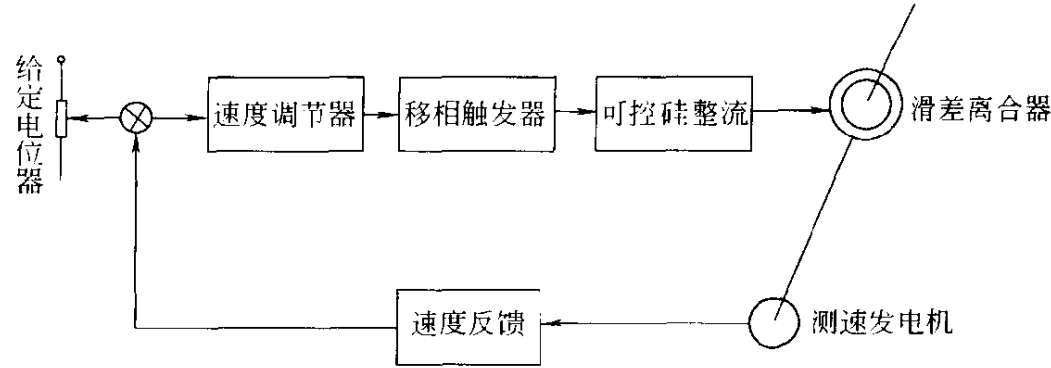


图 1-11 JD1 型系列调速控制器电路方框图

从电路方框图可以看出，JD1 型系列控制器由速度调节器、移相触发器、可控硅整流电路和速度负反馈等环节所组成。其工作原理如下所述。给定电压和速度负反馈电压进行比较后，再将差值信号送入速度调节器进行放大处理。放大处理后的控制信号与同步锯齿波叠加，以控制三极管 T1 的导通。差值电压信号改变时，控制 T1 导通的触发脉冲的相位随之改变，从而改变可控硅的导通角，使滑差离合器转速发生变化。

图 1-12 所示为 JD1A 型调速控制器的电气原理，其电路元件见表 1-5。

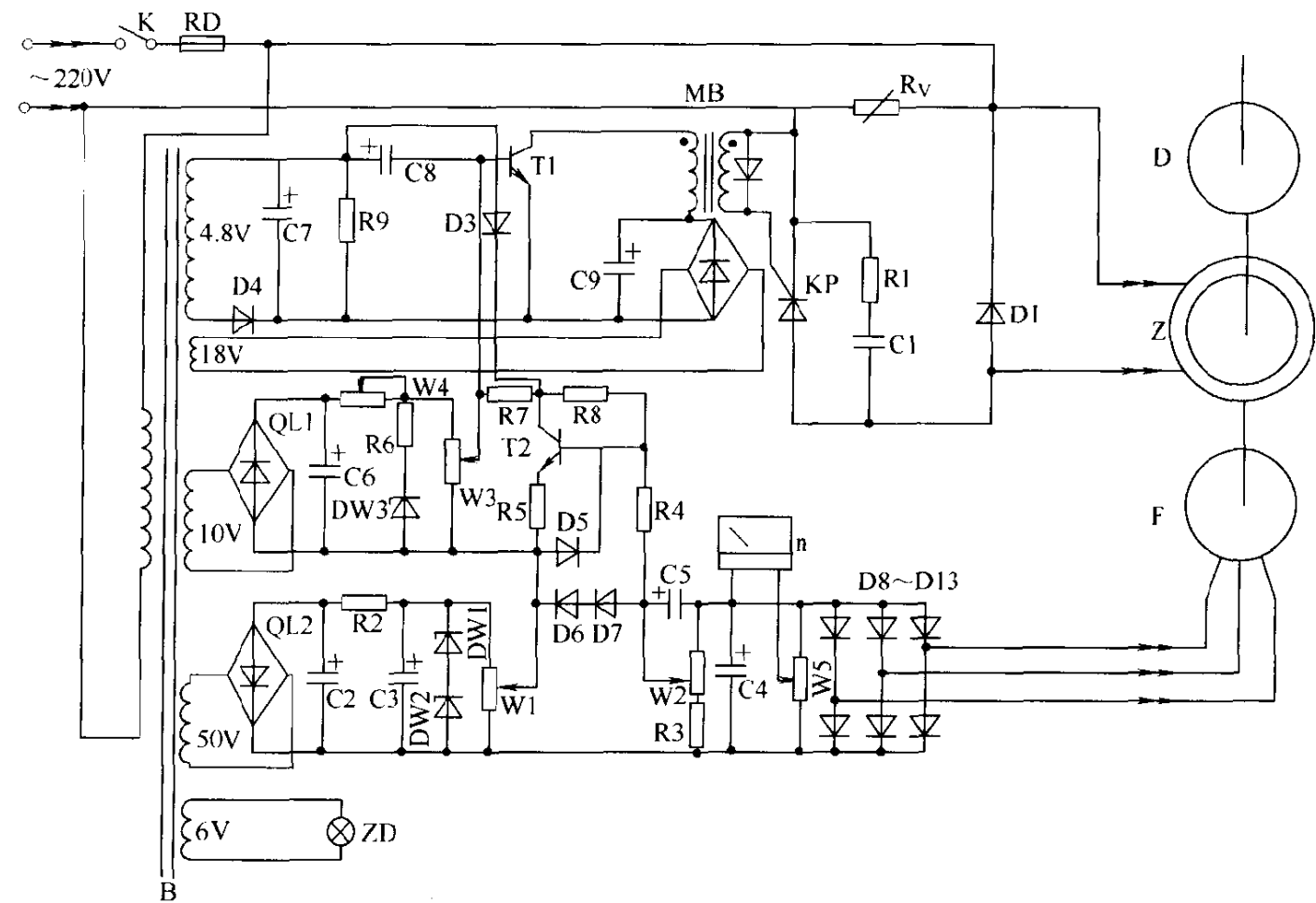


图 1-12 JD1A 型电磁调速控制器原理

表 1-5 JD1A 型调速控制器电路元件

序号	代号	名称	型号	数量	序号	代号	名称	型号	数量
1	B	变压器	220V/50V、18V、10V、6V、4.8V	1	6	ZD	信号指示灯	ZSD 型	1
2	MB	脉冲变压器	1 : 2	1	7	D1	整流二极管	2CZ 5A/600V	1
3	K	扭子开关	KN3 3A	1	8	KP	可控硅	3CT 5A/600V	1
4	RD	保险器	螺旋式 3A	1	9	n	转速表	6C4	1
5	R _v	压敏电阻	MY31-5kA/510V	1	10	T1, T2	三极管	3DG130C	2