



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

电气传动系统综合 实训教程

主编 王华斌

副主编 张跃辉 李正中



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

电气传动系统综合实训教程

主 编 王华斌

副主编 张跃辉 李正中

常州大学图书馆
藏书章

北 京

冶金工业出版社

2017

内 容 提 要

双闭环直流调速系统是最经典的电气传动系统,模拟式系统的调试学习是大学本科生迈入“电气传动大门”的基础,全数字化电气传动系统是目前行业中的主流。本书以广泛使用的 DJDK-1 型直流调速系统为例,阐述了模拟式系统的设计与调试技巧;以在石油与冶金行业中占主导地位的西门子工业控制设备为例,介绍了数字式系统的实际操作与调试方法。

本书可作为自动化、电气工程及其自动化、机械电子工程等本科专业学生的教材,也可作为高职高专相关专业实训阶段教材,并对从事电气控制系统设计、调试的技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电气传动系统综合实训教程/王华斌主编. —北京:
冶金工业出版社, 2017. 7

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7527-7

I. ①电… II. ①王… III. ①电力传动系统—高等学校—教材 IV. ①TM921. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 134992 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7527-7

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2017 年 7 月第 1 版, 2017 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 9 印张; 216 千字; 134 页

29.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

电气传动是以电动机的转矩、转速及转子位置为控制对象,按生产机械工艺要求进行电动机转速控制、位置控制及伺服传动的自动化系统。该技术涉及电力电子学、电机学、自动控制原理、电子技术、PLC 电气控制以及网络通讯等多学科知识,初学者普遍反应学习难度较大。为此编者结合多年的工程经验及电气自动化的教学经验,组织相关人员编写了本实训教程,旨在帮助学生或具有一定电气传动基础的工程技术人员较快地掌握电气传动控制系统的调速技巧。

本教程主要介绍了电气传动控制系统的实用技术,从应用、实际操作的角度进行分析讲解,理论联系实际,以实际应用为出发点,定性地进行理论分析,在内容安排上侧重于介绍实际应用与调试方法。主要内容分为模拟式系统与全数字式系统两部分:第 1 部分为模拟式电气传动控制系统,包括第 1~5 章,主要介绍了 DJDK-1 型直流调速系统的设计与调试技巧;第 2 部分为西门子全数字式电气传动控制系统,包括第 6~12 章,主要介绍了西门子公司的全数字电气传动系统的设计与调试技巧;第 13 章为 3 个综合训练设计任务。

本书第 8 章由李正中编写,第 11 章由张跃辉编写,其余章节由王华斌编写,苏盈盈对全稿做了校订。在编写过程中得到了李鹏飞、宋乐鹏、刘显荣、汤毅、苏盈盈大力支持,他们提供了部分资料,同时本书参考了西门子公司网上的部分资料,在此表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2017.3

目 录

1 DJDK-1 型直流调速系统简介	1
1.1 控制屏介绍	1
1.1.1 特点	1
1.1.2 技术参数	1
1.2 DJK01 电源控制屏	2
1.2.1 三相电网电压指示	3
1.2.2 定时器兼报警记录仪	3
1.2.3 电源控制部分	3
1.2.4 三相主电路输出	3
1.2.5 励磁电源	3
1.2.6 面板仪表	3
1.3 各挂件功能介绍	3
1.3.1 DJK02 挂件 (晶闸管主电路)	4
1.3.2 DJK02-1 挂件 (三相晶闸管触发电路)	5
1.3.3 DJK04 挂件 (电机调速控制实验 I)	7
2 基本要求和安全操作说明	14
2.1 设计的特点和要求	14
2.2 设计前的准备	14
2.3 设计实施	14
2.4 设计总结	15
2.5 安全操作规程	16
2.6 性能指标	16
3 单元调试	18
3.1 调试前的准备	18
3.1.1 目的	18
3.1.2 步骤	18
3.1.3 注意事项	18
3.2 操作回路的检查	19
3.2.1 目的	19
3.2.2 步骤	19

3.3 DJK02 和 DJK02-1 上的“触发电路”调试	19
3.3.1 目的	19
3.3.2 调试步骤	19
3.4 电流调节器 (LT) 的调试直流电机开环外特性的测定	20
3.4.1 U_{ct} 不变时的直流电机开环外特性的测定	20
3.4.2 U_d 不变时直流电机开环外特性的测定	20
3.5 基本单元部件调试	21
3.5.1 移相控制电压 U_{ct} 调节范围的确定	21
3.5.2 调节器的调整	21
3.5.3 正负限幅值的调整	21
3.5.4 电流反馈系数的整定	22
3.5.5 转速反馈系数的整定	22
3.5.6 转速单闭环直流调速系统	22
3.5.7 电流单闭环直流调速系统	22
4 参数测量与计算	23
4.1 系统参数测量	23
4.1.1 电枢回路总电阻 R 的测定	23
4.1.2 电枢回路电感 L 的测定	24
4.1.3 直流电动机—发电机—测速发电机组的飞轮惯量 GD^2 的测定	24
4.1.4 主电路电磁时间常数 T_d 的测定	25
4.1.5 电动机电势常数 C_e 和转矩常数 C_M 的测定	25
4.1.6 系统机电时间常数 T_M 的测定	26
4.1.7 晶闸管触发及整流装置特性 $U_d=f(U_g)$ 和测速发电机特性 $U_{TG}=f(n)$ 的测定	26
4.2 系统调节器 PI 参数的计算	26
5 系统调试	27
5.1 电流调节器 (LT) 的调试	27
5.1.1 调节器的调零	27
5.1.2 调整输出正、负限幅值	27
5.1.3 测定输入输出特性	28
5.1.4 观察 PI 特性	28
5.2 速度调节器 (ST) 的调试	28
5.2.1 调节器调零	28
5.2.2 调整输出正、负限幅值	28
5.2.3 测定输入输出特性	28
5.2.4 观察 PI 特性	28
5.3 零电平检测及转矩极性鉴别的调试	28

5.4 系统指标测试	29
6 STEP 7 编程组态实训	31
6.1 S7-300 系统硬件组态	31
6.2 S7-300 系统简单编程、下载	37
6.2.1 实训内容及步骤	37
6.2.2 工艺中所用的控制点	38
6.2.3 在 SYMOBLE 中编辑定义变量数据地址和说明	39
6.2.4 编写程序	40
6.2.5 将程序下载到 CPU	43
6.3 S7-300 系统程序的运行与调试	44
7 西门子触摸屏的使用	46
7.1 Wincc Flexible 组态简介	46
7.1.1 触摸屏设备的装载程序	47
7.1.2 使用口令保护装载程序	47
7.2 触摸屏组态实例	47
7.2.1 任务提出	47
7.2.2 任务解决方案	47
8 WinCC 组态技巧	53
8.1 WinCC 概述	53
8.2 WinCC 使用	54
8.2.1 新建项目	54
8.2.2 计算机属性设定	55
8.2.3 登录工程	58
8.2.4 用户管理器的使用	58
8.3 变量的建立	60
8.4 WinCC 应用实例	65
8.4.1 编写 PLC 程序	66
8.4.2 创建 WinCC 监控	66
9 Drive ES 使用介绍	69
9.1 Drive ES 简介	69
9.1.1 Drive ES 软件包的内容及订货号	69
9.1.2 软件包中各功能介绍	69
9.1.3、Drive ES 的安装使用说明	69
9.2 基于以太网和 Drive ES 调试 6RA70 直流调速器	70
9.2.1 硬件配置	70

9.2.2 软件配置	70
9.2.3 步骤	70
10 6RA70 直流调速器调试	76
10.1 6RA70 基本功能块	76
10.1.1 面板介绍	76
10.1.2 6RA70 术语和功能的一般说明	77
10.2 6RA70 通讯板 CBPX 解读	81
10.3 6RA70 全数字直流调速器参数设置	82
10.4 6RA70 通讯程序设计	83
10.4.1 组态主站系统 (操作步骤见第 6 章)	83
10.4.2 组态从站	84
10.4.3 6RA70 直流调速器参数设置	85
10.4.4 程序的编写	86
11 6SE70 变频器的使用	89
11.1 6SE70 变频器基础	89
11.1.1 6SE70 变频器的接线	89
11.1.2 6SE70 变频器 CUVK 板各个端子的设定	92
11.1.3 6SE70 主要技术指标	94
11.2 6SE70 变频器参数设置	95
11.2.1 6SE70 系列变频器参数设置方法	95
11.2.2 参数种类	96
11.2.3 6SE70 变频器的功能块	97
11.2.4 参数菜单	101
11.2.5 参数恢复到工厂设置	103
11.2.6 简单应用的参数设置步骤	104
11.2.7 用 DriveMonitor 的参数输入	105
11.2.8 自动电机辨识	105
11.2.9 参数设置的注意事项	106
11.2.10 控制字、状态字	107
11.3 6SE70 变频器的调试	107
11.3.1 6SE70 变频器的调试步骤	108
11.3.2 6SE70 变频器调试案例	112
12 SINAMICS S120 调试入门	114
12.1 SINAMICS S120 驱动系统的组成	114
12.1.1 DC/AC 多轴驱动器	114
12.1.2 控制单元 (CU320)	115

12.1.3 电源模块 (Line Module)	115
12.1.4 电机模块 (Motor Module)	116
12.2 SINAMICS S120 项目配置	116
12.3 S120 的基本调试	123
12.3.1 控制面板 (Control Panel) 控制电机	124
12.3.2 基本定位	126
12.3.3 激活基本定位功能	127
13 综合训练任务书	130
设计题目 1: 模拟式电气传动控制系统设计	130
设计题目 2: 基于触摸屏的直流调速器 6RA70 控制系统设计	131
设计题目 3: 基于 WinCC 的变频器 6SE70 调速控制系统设计	132
附录 全数字系统整体设备	133
参考文献	134

1.1 控制屏介绍

1.1.1 特点

(1) 设计装置采用挂件结构, 可根据不同设计内容进行自由组合, 故结构紧凑、使用方便、功能齐全、综合性能好, 能够很好地完成“直流调速系统”课程设计。

(2) 设计装置占地面积小, 节约设计室用地, 无需设置电源控制屏、电缆沟、水泥墩等, 可减少基建投资; 设计装置只需三相四线的电源即可投入使用, 设计室建设周期短、见效快。

(3) 设计机组容量小、耗电小、配置齐全; 装置使用的电机经过特殊设计, 其参数特性能模拟 3kW 左右的通用设计机组。

(4) 装置布局合理, 外形美观, 面板示意图明确、清晰、直观; 设计连接线采用强、弱电分开的手枪式插头, 两者不能互插, 避免强电接入弱电设备, 造成该设备损坏; 电路连接方式安全、可靠、迅速、简便; 除电源控制屏和挂件外, 还设置有设计桌, 桌面上可放置机组、示波器等设计仪器, 操作舒适、方便; 电机采用导轨式安装, 更换机组简捷、方便; 设计台底部安装有轮子和不锈钢固定调节机构, 便于移动和固定。

(5) 控制屏供电采用三相隔离变压器隔离, 设有电压型漏电保护装置和电流型漏电保护装置, 切实保护操作者的安全, 为开放性的设计室创造了安全条件。

(6) 挂件面板分为三种接线孔——强电、弱电及波形观测孔, 三者有明显的区别, 不能互插。

(7) 设计线路选择紧跟教材的变化, 完全配合教学内容, 满足教学大纲要求。

1.1.2 技术参数

(1) 输入电压: 三相四线制, $(380 \pm 10\%)$ V, 50Hz。

(2) 工作环境: 环境温度范围为 $-5 \sim 40^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $< 75\%$, 海拔 $< 1000\text{m}$ 。

(3) 装置容量: $< 1.5\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

(4) 电机输出功率: $< 200\text{W}$ 。

(5) 外形尺寸: 长 $\times$ 宽 $\times$ 高 = $1870\text{mm} \times 730\text{mm} \times 1600\text{mm}$, 见图 1-1。

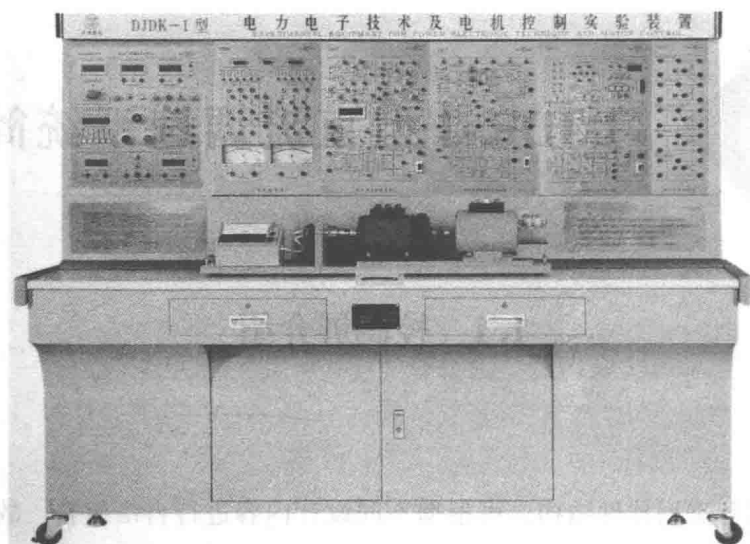


图 1-1 DJDK-1 电力电子技术及电机控制实验装置外形图

1.2 DJK01 电源控制屏

电源控制屏主要为实验提供各种电源，如三相交流电源、直流励磁电源等；同时为实验提供所需的仪表，如直流电压、电流表，交流电压、电流表。屏上还设有定时器兼报警记录仪，供教师考核学生实验之用；在控制屏正面的大凹槽内，设有两根不锈钢管，可挂置实验所需挂件，凹槽底部设有 12 芯、10 芯、4 芯、3 芯等插座，从这些插座提供有源挂件的电源；在控制屏两边设有单相三极 220V 电源插座及三相四极 380V 电源插座，此外还设有供实验台照明用的 40W 日光灯。如图 1-2 所示。

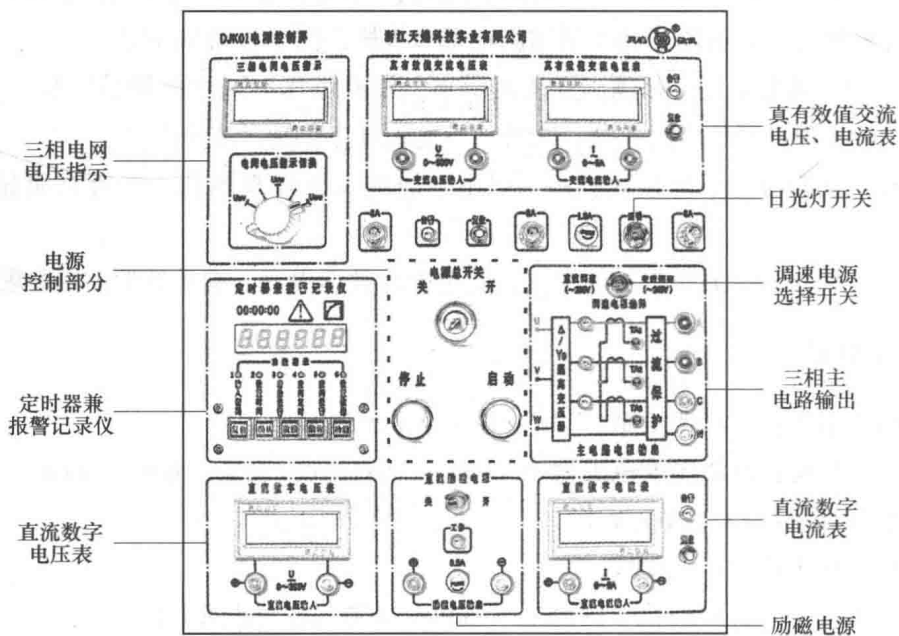


图 1-2 主控制屏面板图

1.2.1 三相电网电压指示

三相电网电压指示主要用于检测输入的电网电压是否有缺相的情况，操作交流电压表下面的切换开关，观测三相电网各线间电压是否平衡。

1.2.2 定时器兼报警记录仪

平时作为时钟使用，具有设定实验时间、定时报警和切断电源等功能，它还可以自动记录由于接线操作错误所导致的告警次数（具体操作方法详见 DJDK-1 型电力电子技术及电机控制实验装置使用说明书）。

1.2.3 电源控制部分

它的主要功能是控制电源控制屏的各项功能，由电源总开关、启动按钮及停止按钮组成。当打开电源总开关时，红灯亮；当按下启动按钮后，红灯灭，绿灯亮，此时控制屏的三相主电路及励磁电源都有电压输出。

1.2.4 三相主电路输出

三相主电路输出可提供三相交流 200V/3A 或 240V/3A 电源。输出的电压大小由“调速电源选择开关”控制，当开关置于“直流调速”侧时，A、B、C 输出线电压为 200V，可完成电力电子实验以及直流调速实验；当开关置于“交流调速”侧时，A、B、C 输出线电压为 240V，可完成交流电机调压调速及串级调速等实验。在 A、B、C 三相附近装有黄、绿、红发光二极管，用以指示输出电压。同时在主电源输出回路中还装有电流互感器，电流互感器可测定主电源输出电流的大小，供电流反馈和过流保护使用，面板上的 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 三处观测点用于观测三路电流互感器输出电压信号。

1.2.5 励磁电源

在按下启动按钮后将励磁电源开关拨向“开”侧，则励磁电源输出为 220V 的直流电压，并有发光二极管指示输出是否正常，励磁电源由 0.5A 熔丝做短路保护。由于励磁电源的容量有限，仅作为直流电机提供励磁电流，一般不能作为大电流的直流电源使用。

1.2.6 面板仪表

面板下部设置有 $\pm 300V$ 数字式直流电压表和 $\pm 5A$ 数字式直流电流表，精度为 0.5 级，能为可逆调速系统提供电压及电流指示；面板上部设置有 500V 真有效值交流电压表和 5A 真有效值交流电流表，精度为 0.5 级，供交流调速系统实验时使用。

1.3 各挂件功能介绍

以挂件的编号次序分别介绍其使用方法，并简单说明其工作原理及单元电路原理图。

1.3.1 DJK02 挂件（晶闸管主电路）

DJK02 挂件装有 12 只晶闸管、直流电压和电流表等，其面板如图 1-3 所示。

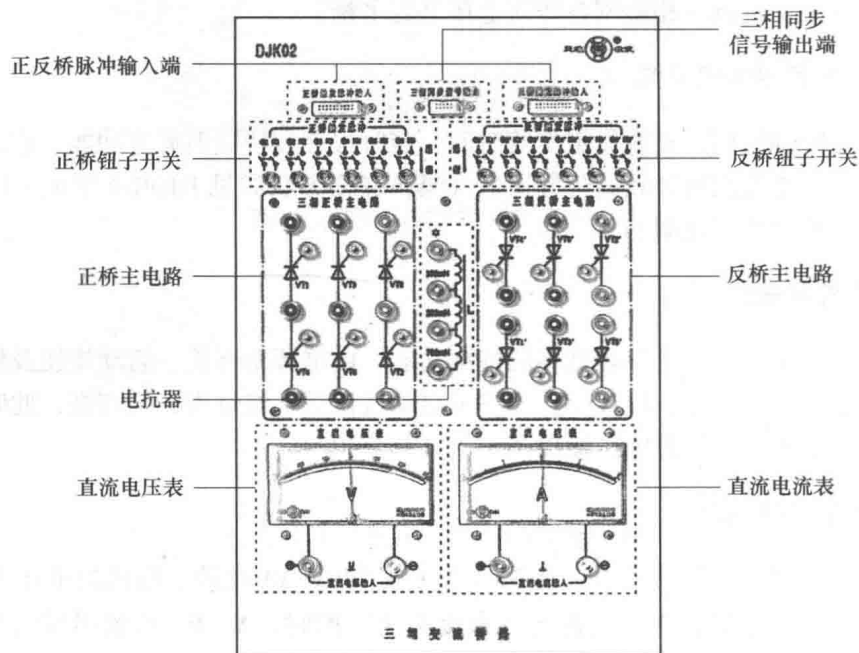


图 1-3 三相变流桥路面板图

1.3.1.1 三相同步信号输出端

同步信号是从电源控制屏内获得，屏内装有 Δ/Y 接法的三相同步变压器，和主电源输出同相，其输出相电压幅度为 15V 左右，供 DJK02-1 内的 KC04 集成触发电路，产生移相触发脉冲。只要将本挂件的 12 芯插头与屏相连接，则输出相位一一对应的三相同步电压信号。

1.3.1.2 正、反桥脉冲输入端

从 DJK02-1 来的正、反桥触发脉冲分别通过输入接口，加到相应的晶闸管电路上。

1.3.1.3 正、反桥钮子开关

从正、反桥脉冲输入端来的触发脉冲信号通过“正、反桥钮子开关”接至相应晶闸管的门极和阴极。面板上共设有十二个钮子开关，分为正、反桥两组，分别控制对应的晶闸管的触发脉冲。开关打到“通”侧，触发脉冲接到晶闸管的门极和阴极；开关打到“断”侧，触发脉冲被切断。通过钮子开关的拨动可以模拟晶闸管失去脉冲的故障情况。

1.3.1.4 三相正、反桥主电路

正桥主电路和反桥主电路分别由六只 5A/1000V 晶闸管组成，其中由 $VT_1 \sim VT_6$ 组成正桥元件（一般不可逆、可逆系统的正桥使用正桥元件），由 $VT'_1 \sim VT'_6$ 组成反桥元件（可逆系统的反桥以及需单个或几个晶闸管的实验可使用反桥元件）。所有这些晶闸管元件均配置有阻容吸收及快速熔断丝保护，此外正桥还设有压敏电阻接成三角形，起过压吸收。

1.3.1.5 电抗器

实验主回路中所使用的平波电抗器装在电源控制屏内,其各引出端通过 12 芯的插座连接到 DJK02 面板的中间位置,有 3 挡电感量可供选择,分别为 100mH、200mH、700mH (各挡在 1A 电流下能保持线性),可根据实验需要选择合适的电感值。电抗器回路中串有 3A 熔丝保护,熔丝座装在电抗器旁。

1.3.1.6 直流电压表及直流电流表

面板上装有 $\pm 300\text{V}$ 的带镜面直流电压表、 $\pm 2\text{A}$ 的带镜面直流电流表,均为中零式,精度为 1.0 级,为可逆调速系统提供电压及电流指示。

1.3.2 DJK02-1 挂件 (三相晶闸管触发电路)

该挂件装有三相触发电路和正反桥功放电路等,面板图如图 1-4 所示。

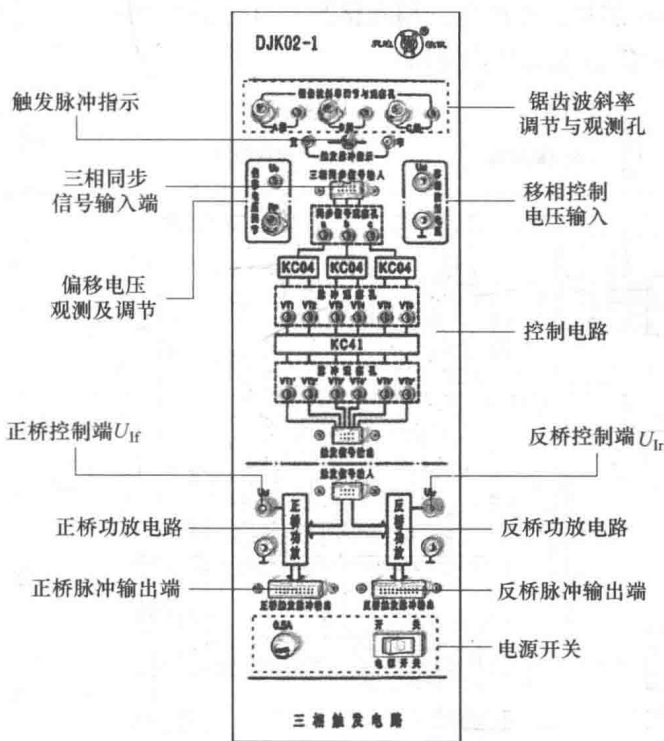


图 1-4 三相触发电路面板图

1.3.2.1 移相控制电压 U_{ct} 输入及偏移电压 U_b 观测及调节

U_{ct} 及 U_b 用于控制触发电路的移相角。在一般的情况下,我们首先将 U_{ct} 接地,调节 U_b ,以确定触发脉冲的初始位置。当初始触发角定下后,在以后的调节中只调节 U_{ct} 的电压,这样确保移相角不会大于初始位置,如在逆变实验中初始移相角 $\alpha = 150^\circ$ 定下后,无论怎样调节 U_{ct} ,都能保证 $\beta > 300$,防止出现逆变颠覆的情况。

1.3.2.2 触发脉冲指示

在触发脉冲指示处设有钮子开关用以控制触发电路。开关拨到左边,绿色发光管亮,在触发脉冲观察孔处可观测到后沿固定而前沿可调的宽脉冲链;开关拨到右边,红色发光

管亮,触发电路产生互差 60° 的双窄脉冲。

1.3.2.3 三相同步信号输入端

通过专用的十芯扁平线将 DJK02 上的“三相同步信号输出端”与 DJK02-1 “三相同步信号输入端”连接,为其内部的触发电路提供同步信号。同步信号也可以从其他地方提供,但要注意相序的问题。

1.3.2.4 锯齿波斜率调节与观测孔

打开挂件的电源开关,由外接同步信号经 KC04 集成触发电路,产生三路锯齿波信号,调节相应的斜率调节电位器,可改变相应的锯齿波斜率。三路锯齿波斜率应保证基本相同,使六路触发信号保持同时出现,且双窄脉冲间隔基本一致。

1.3.2.5 控制电路

其线路原理如图 1-5 所示。在由原 KC04、KC41 和 KC42 三相集成触发电路的基础上,又增加了 4066、4069 芯片,可产生三相六路互差 60° 的双窄脉冲或三相六路后沿固定、前沿可调的宽脉冲链,供触发晶闸管使用。

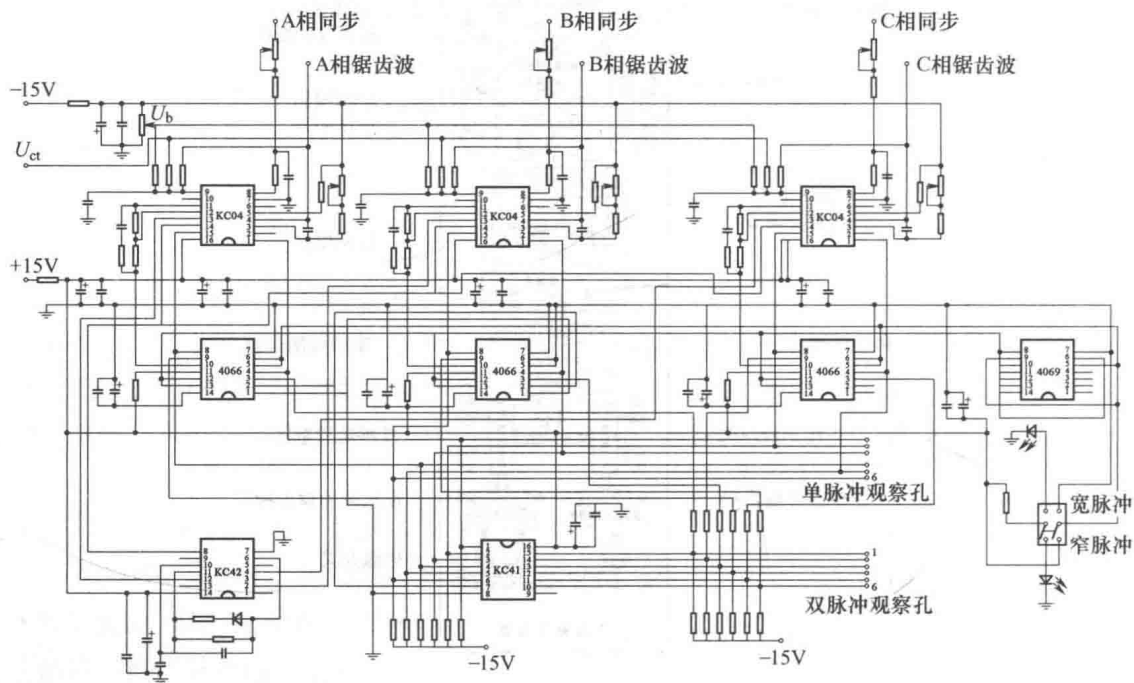


图 1-5 触发电路原理图

在面板上设有三相同步信号观测孔、两路触发脉冲观测孔。 $VT_1 \sim VT_6$ 为单脉冲观测孔（在触发脉冲指示为“窄脉冲”）或宽脉冲观测孔（在触发脉冲指示为“窄脉冲”）； $VT'_1 \sim VT'_6$ 为双脉冲观测孔（在触发脉冲指示为“窄脉冲”）或宽脉冲观测孔（在触发脉冲指示为“窄脉冲”）。

三相同步电压信号从每个 KC04 的“8”脚输入,在其“4”脚相应形成线性增加的锯齿波,移相控制电压 U_{ct} 和偏移电压 U_b 经叠加后,从“9”脚输入。当触发脉冲选择的钮子开关拨到窄脉冲侧时,通过控制 4066（电子开关）,使得每个 KC04 从“1、15”脚输出相位相差 180° 的单窄脉冲（可在上面的脉冲观测孔观测到），窄脉冲经 KC41（六路

双脉冲形成器)后,得到六路双窄脉冲(可在下面的脉冲观测孔观测到)。将钮子开关拨到宽脉冲侧时,通过控制 4066,使得 KC04 的“1、15”脚输出宽脉冲,同时将 KC41 的控制端“7”脚接高电平,使 KC41 停止工作,宽脉冲则通过 4066 的“3、9”两脚直接输出。

4069 为反相器,它将部分控制信号反相,控制 4066。KC42 为调制信号发生器,对窄脉冲和宽脉冲进行高频调制。具体有关 KC04、KC41、KC42 的内部电路原理图,请查阅电力电子技术相关教材中的内容。

1.3.2.6 正、反桥功放电路

正、反桥功放电路的原理以正桥的一路为例,如图 1-6 所示。由触发电路输出的脉冲信号经功放电路中的 V_2 、 V_3 三极管放大后由脉冲变压器 T_1 输出。 U_{if} 即为 DJK02 面板上的 U_{if} ,接地才可使 V_3 工作,脉冲变压器输出脉冲;正桥共有六路功放电路,其余的五路电路完全与这一路一致;反桥功放和正桥功放线路完全一致,只是控制端不一样,将 U_{if} 改为 U_{ir} 。

1.3.2.7 正桥控制端 U_{if} 及反桥控制端 U_{ir}

这两个端子用于控制正反桥功放电路的工作与否。当端子与地短接,表示功放电路工作,触发电路产生的脉冲经功放电路从正反桥脉冲输出端输出;悬空表示功放不工作。 U_{if} 控制正桥功放电路, U_{ir} 控制反桥。

1.3.2.8 正、反桥脉冲输出端

经功放电路放大的触发脉冲,通过专用的 20 芯扁平线将 DJK02 “正反桥脉冲输入端”与 DJK02-1 上的“正反桥脉冲输出端”连接,为其晶闸管提供相应的触发脉冲。

1.3.3 DJK04 挂件 (电机调速控制实验 I)

该挂件主要完成电机调速实验,如单闭环直流调速实验、双闭环直流调速实验、逻辑无环流等实验。同时和其他挂件配合可增加实验项目,如与 DJK18 配合使用就可以完成三闭环错位选触无环流可逆直流调速系统实验。DJK04 的面板图如图 1-7 所示。

1.3.3.1 电流反馈与过流保护

该单元有两个功能,一是检测主电源输出的电流反馈信号,二是当主电源输出电流超过某一设定值时发出过流信号切断电源。其原理如图 1-8 所示。

TA_1 、 TA_2 、 TA_3 为电流互感器的输出端,它的电压高低反映三相主电路输出的电流大小,面板上的三个圆孔均为观测孔,不需再外部进行接线,只要将 DJK04 挂件的十芯电源线与插座相连接,那么 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 就与屏内的电流互感器输出端相连,当打开

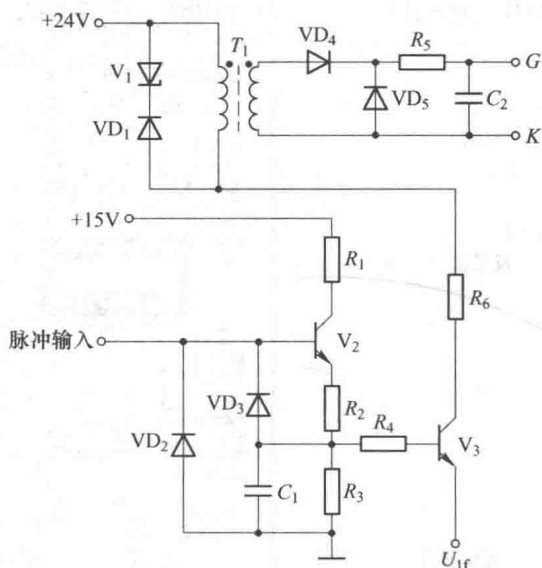


图 1-6 功放电路原理图

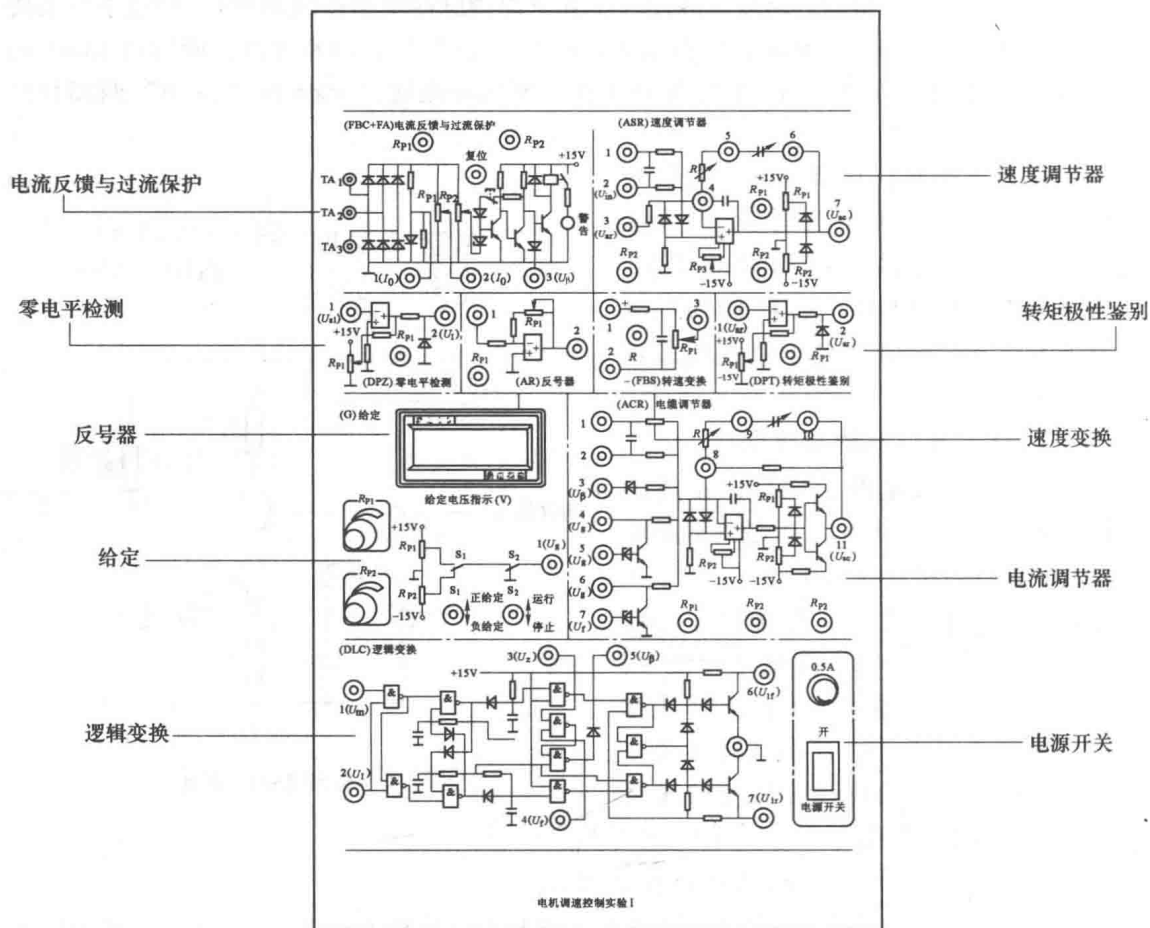


图 1-7 DJK04 面板图

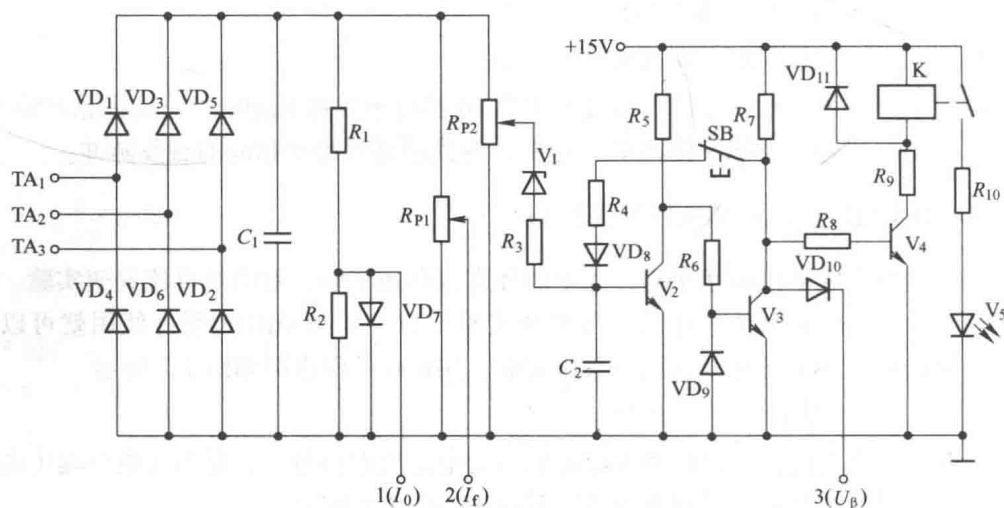


图 1-8 电流反馈与过流保护原理图

挂件电源开关，过流保护即处于工作状态。

(1) 电流反馈与过流保护的输入端 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 ，来自电流互感器的输出端，反