



21世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业实验教材

机电传动控制实验

冯清秀 熊正朋

921.5-33
332

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



21 世纪高等学校

机械设计制造及其自动化专业实验教材

机电传动控制实验

冯清秀 熊正朋

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书是高等学校“机电传动控制”课程的实验教材,内容包括三相异步电动机启停控制实验、PLC 控制三相异步电动机正反转实验、PLC 控制三相异步电动机变频调速实验、PLC 顺序控制程序设计与调试实验、步进电动机单轴定位控制实验、PC 与 PLC 串行通信程序设计与调试实验、PC 和 PLC 两级控制程序设计和调试实验、步进电动机两轴联动控制实验、数控机床基本组成及功能部件的认识实验、定位钻孔和平面轨迹铣削加工实验等十个实验,其中部分实验可作为学生的课外学习、课程设计、毕业设计、创新设计等的实验内容。

图书在版编目(CIP)数据

机电传动控制实验/冯清秀 熊正朋. —武汉:华中科技大学出版社,2008 年 6 月
ISBN 978-7-5609-4579-8

I. 机… II. ①冯… ②熊… III. 电力传动控制设备-实验-高等学校-教材 IV. TM921.5-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 074185 号

机电传动控制实验

冯清秀 熊正朋

责任编辑:徐正达

封面设计:潘 群

责任校对:汪世红

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:武汉佳年华科技有限公司

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:4.25

字数:84 000

版次:2008 年 6 月第 1 版

印次:2008 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5609-4579-8/TM·97

定价:8.00 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

“机电传动控制”课程已被全国高等学校机械工程类专业委员会定为机械工程及自动化专业的主干专业课,是机械制造自动化和相关专业学生必修的一门专业基础课。它是从机电一体化技术需要出发,为培养在机械电子领域中既具有较高理论知识,又具备一定分析和解决实际问题能力的高级技术人才而设置的主干课程。

“机电传动控制”课程的实验环节是非常重要的。为了提高学生的学习兴趣和学习效果,紧密结合课程的特点、机械类学生的知识背景和课程的教学内容,本着“机电结合、电为机用”的原则,设计了设计型、综合型、创新型实验等多层次的实验体系和实验平台,并撰写了这本配套的实验教材,以满足实验教学的需要。

本书包含十个实验,其中实验一至实验五为“机电传动控制”课程的基本实验,其他实验可作为学生的课外学习、课程设计、毕业设计、创新设计等的内容。

本书由华中科技大学机械科学与工程学院冯清秀副教授和熊正朋高级工程师共同完成。由于编者水平有限,本书错误或不足之处在所难免,殷切希望广大教师和读者不吝斧正。

编 者

2008.3

目 录

实验设备介绍	(1)
实验一 三相异步电动机启停控制实验	(3)
实验二 PLC 控制三相异步电动机正反转实验	(6)
实验三 PLC 控制三相异步电动机变频调速实验	(9)
实验四 PLC 顺序控制程序设计调试实验	(18)
实验五 步进电动机位置控制实验	(21)
实验六 PC 与 PLC 串行通信程序设计调试实验	(26)
实验七 PC 和 PLC 两级控制程序设计调试实验	(31)
实验八 步进电动机两轴联动控制实验	(35)
实验九 数控机床基本组成及功能部件的认识实验	(39)
实验十 定位钻孔和平面轨迹铣削加工实验	(40)
实验报告	(43)

实验设备介绍

实验所用的 HJD—1 机电一体化教学实验设备如图中所示。它由 PC 机、电气控制系统、数控机械平台和控制软件等组成。其中电气控制系统包括 PLC、变频器、步进电动机及驱动器、20GM 定位模块、PLC 与 PC 通信接口板、继电器、接触器及控制面板等。

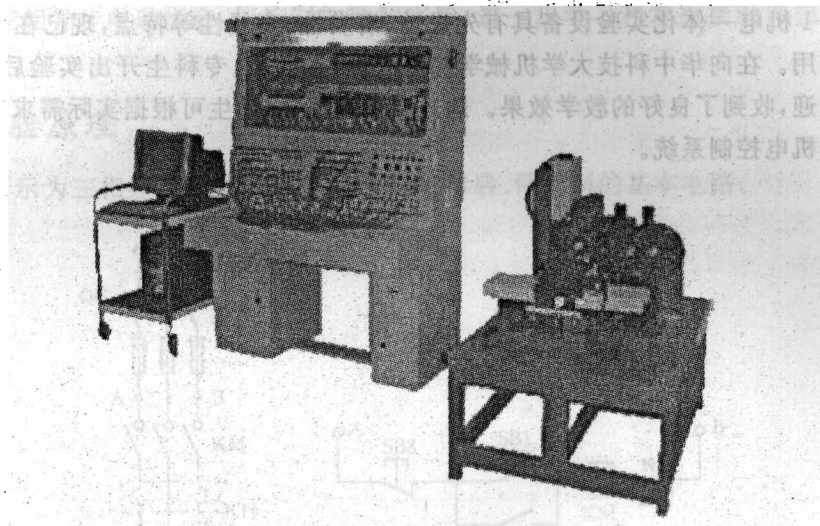


图 0.1 HJD—1 实验设备

一、实验设备的基本设计思想

1. 使学生进一步理解和掌握所学知识。实验内容的设计紧密结合课程的内容,包括交流电动机的继电器控制和 PLC 逻辑控制、PLC 顺序控制、PLC 定位控制、交流变频调速系统、步进电动机控制系统等方面。

2. 使实验具有实战性,学生能学以致用。实验设备是根据课程要求并结合科研实际自行研制的,它包括计算机、控制系统(本课程主要内容)和控制对象(机械本体),是一个真正意义上的机电一体化设备。

3. 加强学生的实际动手能力。在设计的每个实验中,学生从理解原理到设计电路、从实际安装到现场调试、从实验过程到实验结果都亲自动手完成。

4. 增强学生的创新设计和综合应用能力。实验强调多方面知识的综合应用,如继电器接触器对交流电动机的启动、正反转控制(继电器接触器和交流电动机),PLC 对交流电动机的启动、正反转控制(PLC 和交流电动机),交流调速系统(PLC 和交流电动机),步进电动机系统(PLC 和步进电动机)等。

二、实验设备的用途

1. 可完成“机电传动控制”、“可编程控制器原理与应用”、“机床电气控制”、“数控机床”、“机电一体化控制技术与系统”等课程相关内容的实验教学；
2. 可作为机电类本科生、专科生的课程设计及毕业设计等实践环节的实验设备；
3. 为教师和相关科技人员从事机电产品开发提供实验平台。

HJD—1 机电一体化实验设备具有先进性、启发性、实战性等特点，现已在全国三十多所高等院校使用。在向华中科技大学机械学院研究生、本科生、专科生开出实验后，受到了学生们的普遍欢迎，收到了良好的教学效果。通过实验训练后，学生可根据实际需求独立设计和调试较复杂的机电控制系统。

实验一 三相异步电动机启停控制

一、实验目的

1. 进一步学习和掌握接触器及其他保护电器的结构、工作原理和使用方法。
2. 通过三相异步电动机启、停控制电路的实验,进一步学习和掌握接触器结构和工作原理。

二、实验原理

图 1.1 所示为三相异步电动机的继电器-接触器启、停控制的基本电路。

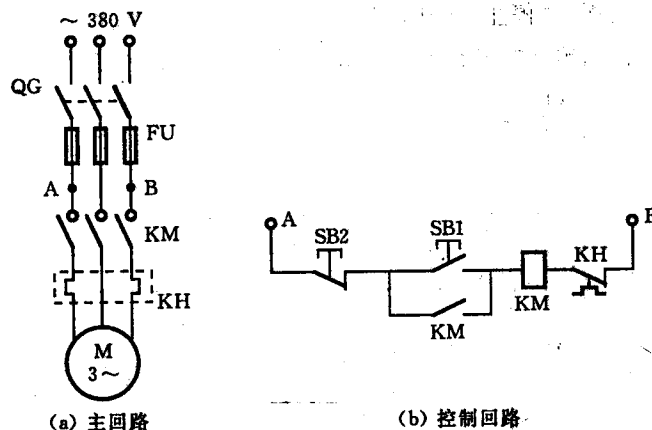


图 1.1 三相异步电动机直接启、停控制电路

图 1.1 中:

QG——刀开关,电源开关;

FU——熔断器,电路的基本保护之一,短路保护;

KH——热继电器,电路的基本保护之二,过载保护;

KM——接触器,是三相异步电动机启、停控制电路中的主要元件,通过控制线圈的得电或失电,从而控制主触头闭合或断开,使电动机接通电源运行或断开电源停止。

SB1——启动按钮;

SB2——停止按钮。

电路的基本工作原理:首先合上刀开关 QG,按下启动按钮 SB1, KM 线圈得电并自锁,主触头闭合,电动机接通电源运行。按下停止按钮 SB2, KM 线圈失电,主触头断开,电动机断电停止。

三、实验步骤

图 1.2 为三相异步电动机直接启、停控制电路接线图。图中, QF5 为断路器, 它集刀开关、熔断器和热继电器的功能于一体, 在电路中起电源开关、短路保护、过载保护以及欠压保护的作用。电路中控制的交流电动机 M 为主轴电动机, 因此, 电动机运行时, 主轴旋转。

1. 在操作面板上找到交流电源、交流电机、接触器 KM5 以及操作按钮“启动”、“停止”所对应的接线端子。
2. 断开 QF5, 按图 1.2 完成控制电路的接线(为安全起见, 虚线框外的连线已接好)。
3. 经指导教师检查认可后进行下面的操作。
4. 合上断路器 QF5, 观察电动机和接触器的工作状态。
5. 按下操作控制面板上“启动”按钮, 观察接触器和电动机的工作状态。
6. 按下操作控制面板上“停止”按钮, 观察接触器和电动机的工作状态。
7. 当未合上断路器 QF5 时, 进行步骤 5 和步骤 6 操作, 观察结果。

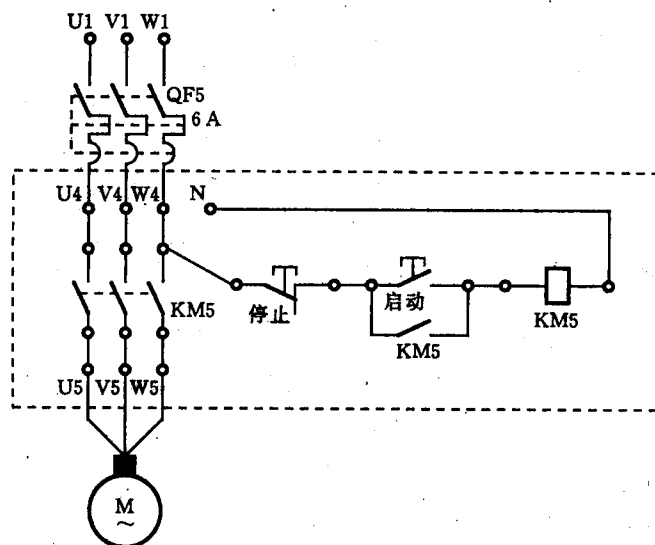


图 1.2 三相异步电动机直接启、停控制电路接线图

四、注意事项

1. 接线和拔线时, 务必断开 QF5;
2. QF5 合上后, 不要用手触摸接线端子;
3. 不能将导线一端接入交流电源、交流电动机、KM5 的接线端子上, 另一端放在操作台上而合上 QF5;

4. 通电实验时,不要用手触摸主轴。

五、实验用电器元件和工具

三相异步电动机	1 台	断路器(QF5)	1 个
接触器(KM5)	1 个	热继电器	2 个
实验导线	若干		

六、实验前的准备

预习实验指导书,复习电机的相关知识。

七、实验报告

按本书第 43 页完成实验报告。

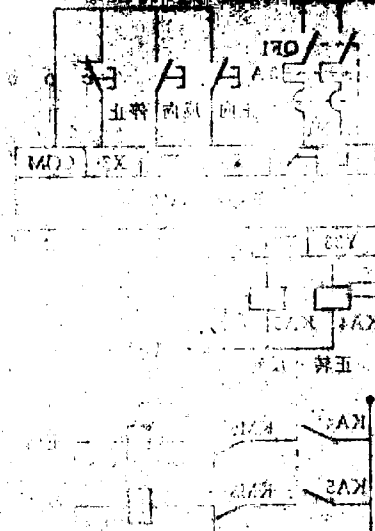


图 1-1-1 (a)

三相异步电动机,五相异步电动机。

三相异步电动机,五相异步电动机。

三相异步电动机,五相异步电动机。

实验二 PLC 控制三相异步电动机正反转实验

一、实验目的

1. 学习和掌握 PLC 的实际操作和使用方法;
2. 学习和掌握 PLC 控制三相异步电动机正、反转的硬件电路设计方法;
3. 学习和掌握 PLC 控制三相异步电动机正、反转的程序设计方法;
4. 学习和掌握 PLC 控制系统的现场接线与软硬件调试方法。

二、实验原理

三相异步电动机定子三相绕组接入三相交流电,产生旋转磁场;旋转磁场切割转子绕组产生感应电流和电磁力;在感应电流和电磁力共同作用下产生的电磁转矩,使转子随着旋转磁场的旋转方向转动。因此转子的旋转方向是通过改变定子旋转磁场旋转的方向来实现的,而旋转磁场的旋转方向只需改变三相定子绕组任意两相的电源相序就可实现。

图 2.1 为 PLC 控制三相异步电动机正、反转的实验原理电路图。

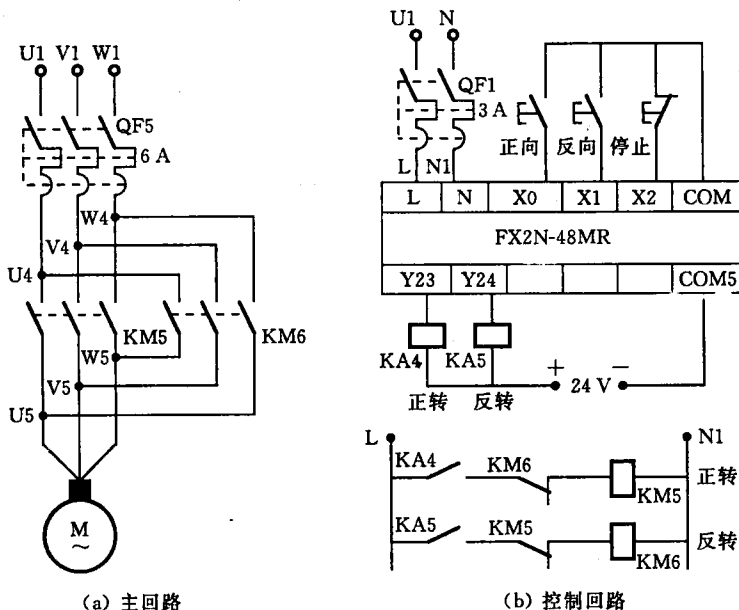


图 2.1 PLC 控制三相异步电动机正、反转实验原理电路图

由图 2.1(a)可知:如果 KM5 的主触头闭合时电动机正转,那么 KM6 主触头闭合时电动机则反转,但 KM5 和 KM6 的主触头不能同时闭合,否则电源短路。

由图 2.1(b)可知:正向按钮接 PLC 的输入端 X0,反向按钮接 PLC 的输入端 X1,停止按钮接 PLC 的输入端 X2;继电器 KA4、KA5 接 PLC 的输出端 Y23、Y24,KA4、KA5 的触头又分别控制接触器 KM5 和 KM6 的线圈。

实验中采用三菱 FX2N 系列的 PLC,属继电器输出型。由于继电器输出型的输出电流比较小,不能直接驱动接触器的线圈,因此在电路中用继电器 KA4、KA5 作中间转换电路。

在 KM5 和 KM6 线圈回路中互串常闭触头进行硬件互锁,保证软件发生错误后不至于因主回路短路而引起断路器自动断开。

电路基本工作原理为:合上 QF1、QF5,给 PLC 供电。当按下正向按钮后,PLC 执行程序要使 Y23 为 1,继电器 KA4 线圈得电,其常开触头闭合,接触器 KM5 的线圈得电,电动机正转;当按下反向按钮后,PLC 执行程序要使 Y24 为 1,继电器 KA5 线圈得电,其常开触头闭合,接触器 KM6 的线圈得电,电动机反转。

三、实验步骤

1. 断开 QF1、QF5,按图 2.2 接线(为安全起见,虚线框外的连线已接好)。
2. 经指导教师检查认可后,接通断路器 QF1、QF5。
3. 运行 PC 机上的工具软件 FXGP-WIN,并使 PLC 工作在 STOP 状态。
4. 按如下控制要求编写好 PLC 控制程序,并将程序传至 PLC。

按“正向”按钮,主轴正转,按“反向”按钮,主轴反转,但主轴由正转变反转或由反转变正转时必须先停止。

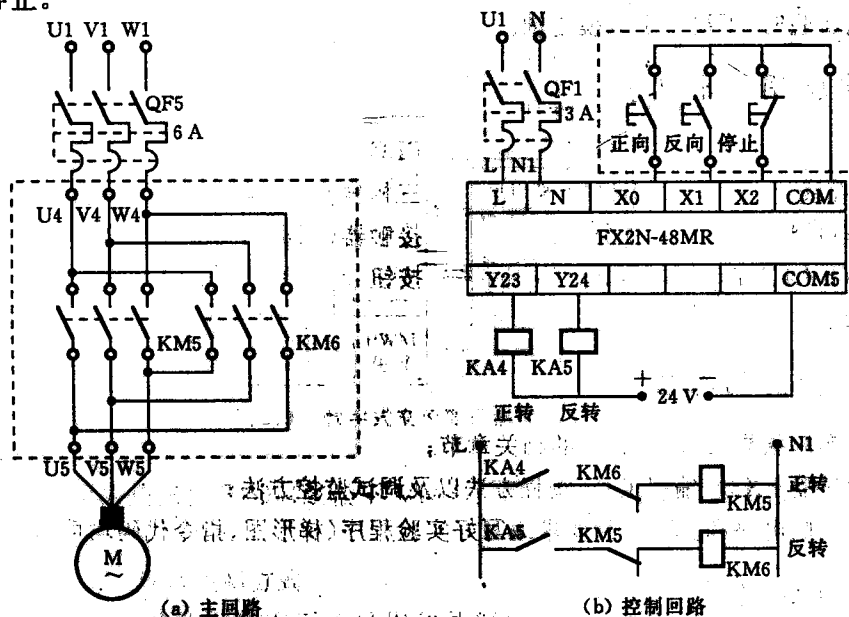


图 2.2 实验接线图

5. 使 PLC 工作在 RUN 状态,操作控制面板上的相应按钮,实现电动机的正、反转控制;在 PC 机上对运行状况进行监控,同时观察继电器 KA4、KA5 和接触器 KM5、KM6 的动作以及主轴的旋转方向,调试并修改程序直至正确。

6. 按如下控制要求编写好 PLC 控制程序并将程序传至 PLC 并重复步骤 5。无论主轴处于何种状态(正转、反转或停止),按“正向”按钮,主轴正转,按“反向”按钮,主轴反转。

7. 改变“正向”、“反向”、“停止”按钮与 PLC 输入接口的连接,重复步骤 4、5。

四、实验说明及注意事项

1. 本实验中,继电器 KA4、KA5 的线圈控制电压为 24 VDC,其触点为 5 A、220 VAC(或 5 A、30 VDC);接触器 KM5、KM6 的线圈控制电压为 220 VAC,其主触点 25 A、380 VAC。

2. 三相异步电动机的正、反转控制是通过正、反向接触器 KM5、KM6 改变定子绕组的相序来实现的。其中一个很重要的问题就是,必须保证任何时候、任何条件下,正、反向接触器 KM5、KM6 都不能同时接通,否则会造成电源相间瞬时短路。为此,在梯形图中应采用正、反转互锁,以保证系统工作安全可靠。

3. 接线和拔线时,务必断开 QF5。

4. QF5 合上后,不要用手触摸接线端子。

5. 不能在导线一端接入交流电源、交流电动机、KM5、KM6 的接线端子上,另一端放在操作台上时合上 QF5。

6. 通电实验时,不要用手触摸主轴。

五、实验用仪器工具

PC 机	1 台	PLC	1 台
编程电缆线	1 根	三相异步电动机	1 台
断路器(QF1、QF5)	2 个	接触器(KM5、KM6)	2 个
继电器(KA4、KA5)	2 个	按钮	3 个
实验导线	若干		

六、实验前的准备

1. 预习实验指导书,复习教材的相关章节;
2. 熟悉三菱 FX2N 编程工具、编程方法以及调试监控方法;
3. 根据实验电路和实验步骤要求编写好实验程序(梯形图、指令代码均可)。

七、实验报告

按本书第 45 页完成实验报告。

实验三 PLC控制三相异步电动机变频调速实验

一、实验目的

1. 学习和掌握变频器的操作及控制方法;
2. 深入了解三相异步电动机变频调速性能;
3. 进一步学习 PLC 控制系统硬件电路设计和程序设计、调试方法。

二、实验原理

通过改变三相异步电动机定子绕组电压的频率,可以改变转子的旋转速度,当改变频率的同时改变电压的大小,使电压与频率之比保持为常数,则可保证电动机的输出转矩不变。

变频器就是专用于三相异步电动机变频调速的控制装置。它的输入为单相交流电压(控制 750 W 及以下的小功率电动机)或三相交流电压(控制 750 W 以上的大功率电动机),而输出为幅值和频率均可调的三相交流电压供给三相异步电动机。

变频器的生产厂家和产品型号很多,但其基本原理相同。数字式交流变频器的基本结构如图 3.1 所示。

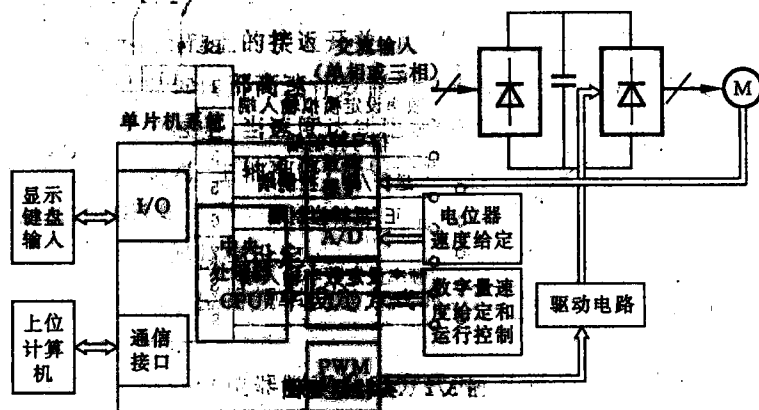


图 3.1 数字式交流变频器的基本结构

(一) 模式

本实验中采用的是三菱 E-500 系列变频调速器,使用时要考虑操作模式和频率设定模式。

1. 操作模式:正、反转控制方式。

对于电动机正、反转的控制有面板操作和外部操作两种模式,通过专用参数的设定来确定。

面板操作模式:通过变频器自带面板上的操作键实现正、反转控制;

外部操作模式:通过接在变频器专用输入端上开关信号的接通、断开实现正、反转控制。

2. 频率设定模式:运行频率设定方式。

运行频率的设定方式分为面板设定、外部设定两种,通过专用参数的设定来确定。

面板设定模式:通过变频器自带面板上的电位器或专用键来设定频率的大小。

外部设定模式:通过变频器上专用输入端上的电位器、电压信号、电流信号、开关编码信号或 PWM 信号来设定频率的大小。

(二) 主要内容

1. 外部操作和外部电位器频率设定;

2. 外部控制和外部开关编码信号频率设定。

(三) 实验原理电路

实验原理电路如图 3.2 所示(VF0 小型变频器实验原理电路如附图 3.2 所示)。

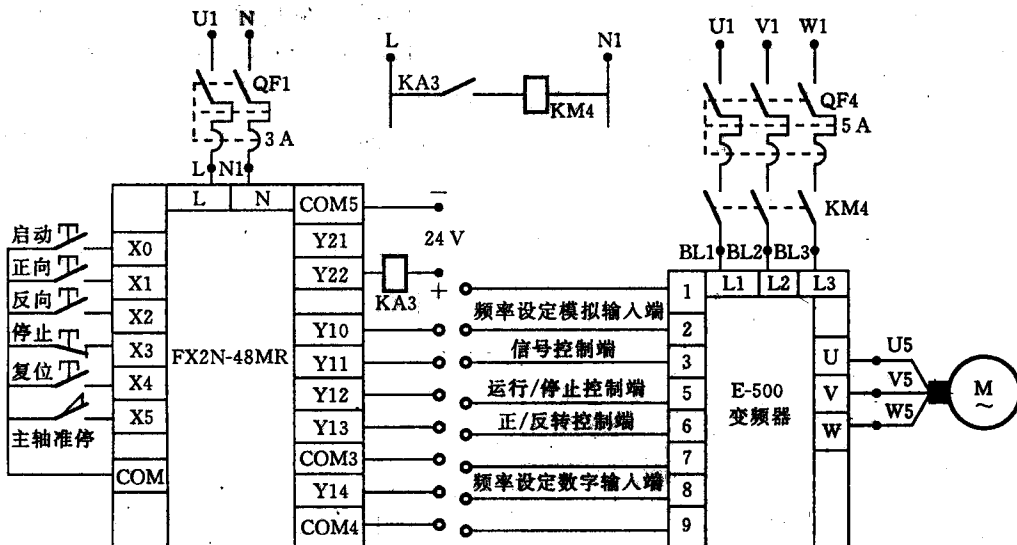


图 3.2 实验原理图

操作按钮“启动”、“正向”、“反向”、“停止”、“复位”以及主轴计数用行程开关“主轴准停”分别接在 PLC 的输入端 X0、X1、X2、X3、X4 和 X5 上,输出 Y22 控制 KA3,输出端 Y10~Y14 根据变频器的工作方式不同,与变频器控制信号的连接不同。

(四) 电路的基本工作原理

1. PLC 控制程序,完成如下功能。

1) 当按下“启动”按钮时,程序使 Y22 为 1,KA3 线圈得电,动合触头闭合使接触器 KM4 线圈得电,KM4 主触头闭合,变频器通电。

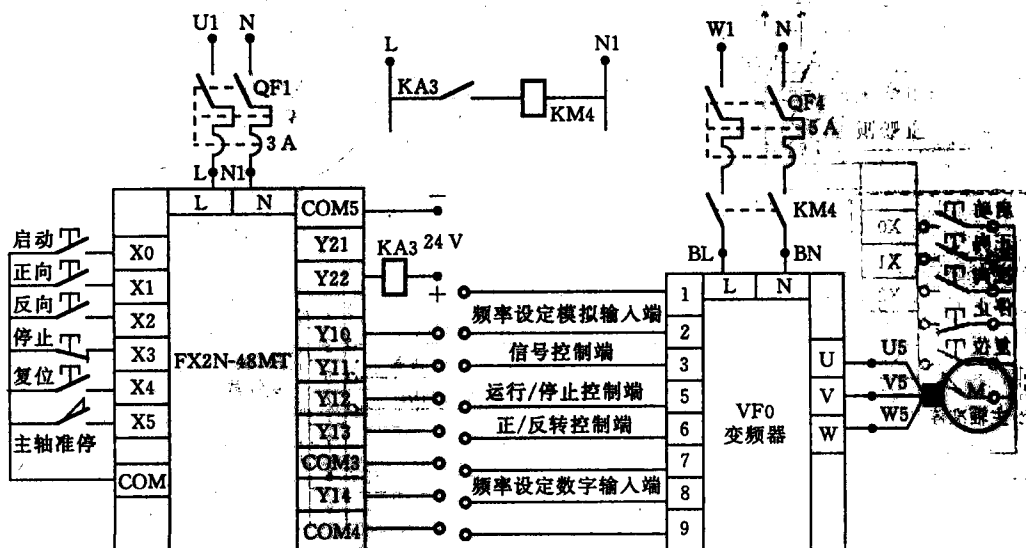


图 3.2 VF0 小型变频器实验原理图

2) 在外部控制模式下,按“正向”按钮,电动机正转,按“反向”按钮,电动机反转,按“停止”按钮,电动机停止运行。

3) “主轴准停”为安装于主轴上的接近开关,用于测量主轴的旋转速度(r/min)。X5 作为高速计数输入端,与其相关联的内部高速计数器为 C240。

在实验中,速度的测量方法是:当速度达到稳定后,按“复位”按钮,定时器开始定时,定时时为 60 s,同时计数器开始对“主轴准停”信号计数,当计数器稳定时(定时器定时时间到)的值即为主轴速度值(r/min)。

2. 外部控制和外部电位器频率设定

1) 采用外部控制和外部电位器频率设定方式时,电路连接如图 3.3 所示(VF0 小型变频器电路连接如附图 3.3 所示)。

2) 当采用外部控制和外部电位器频率设定方式时,其相关参数设定如表 3.1 所示(VF0 小型变频器参数设定如附表 3.1 所示)。

由图 3.3 和表 3.1 可知,电动机正转时,程序要使 Y10 为 1,电动机反转时要使 Y11 为 1,Y10、Y11 不能同时为 1,同时为 0 时电动机停止。频率大小通过改变端子 1、2、3 上连接的电位器来调节。

3. 外部控制和外部开关信号频率设定

1) 采用外部控制和外部开关信号频率设定方式时,电路连接如图 3.4 所示(VF0 小型变频器电路连接如附图 3.4 所示)。

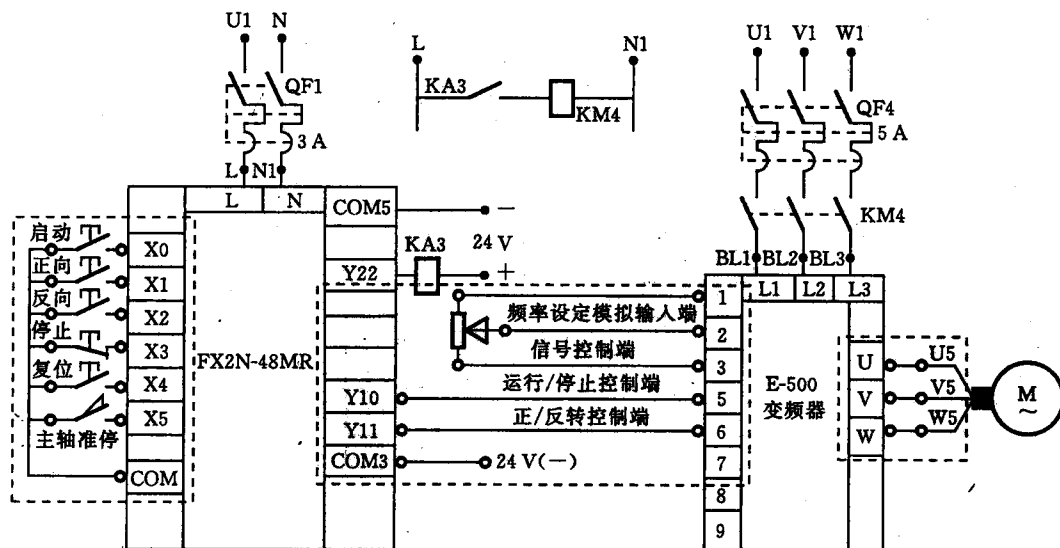
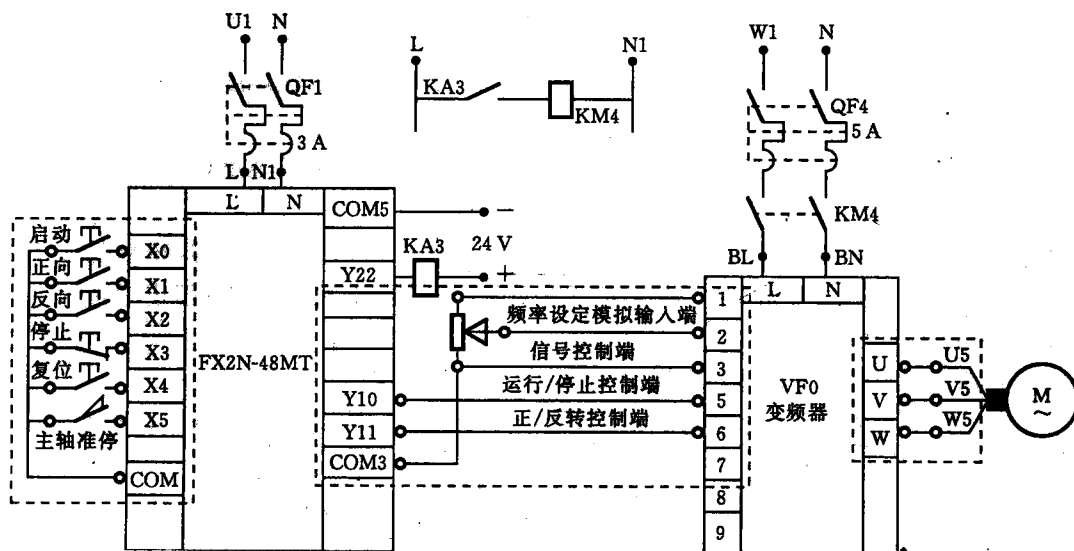


图 3.3 外部控制和外部电位器频率设定方式下的电路连接图



附图 3.3 VF0 小型变频器外部控制和外部电位器频率设定方式下的电路连接图

表 3.1 外部控制和外部电位器频率设定方式下的参数设定

参数编号	设定数据	意 义
Pr79	0	输入端 5 的信号为 1 时,电动机正转,否则停止; 输入端 6 的信号为 1 时,电动机反转,否则停止。 外部电位器设定频率大小