

邵阳职业技术学院

毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目： PLC-变频器联机实现电动机多段速度运行控制系统设计

学生姓名： 符 威

学 号： 201810300194

系 部： 电梯工程学院

专 业： 电梯工程技术

班 级： 电梯 1181 班

指导老师： 何晨曦

二 0 二 一 年 六 月 一 日

目 录

一、绪论.....	2
(一) 课题研究的背景.....	2
二、PLC 控制电机变频调速试验系统.....	2
(一) PLC 控制电机变频调速试验系统构成.....	2
(二) 电机变频调速控制试验系统要求.....	3
(三) 电机变频调速试验系统控制方案.....	4
三、硬件设计及信号转换.....	5
(一) I/O 点数统计及 I/O 接线图.....	5
四、PLC 软件设计.....	7
(一) 控制程序流程图.....	7
(二) 部分子程序.....	8
五、触摸屏程序设计.....	10
六、 总结.....	10
参考文献.....	11
致谢.....	11

PLC-变频器联机实现电动机多段速度运行控制 系统设计

[摘要]

随着城市生产建设的不断发展，变频调速已是被公认为最理想、最有发展前景的调速方式之一，通过使用变频器来构成变频调速传动系统的主要目的，一个是为了满足提高劳动生产效率、改善产品的质量、提高设备的自动化程度、提高生活的质量以及改善生活的环境等需求；再一个则是为了节约能源、减少浪费，同时也能降低生产所需的成本。

[关键词] PLC 电动机 控制系统

一、绪论

(一) 课题研究的背景

在造纸、玻璃纤维拉丝等生产设备上，变频器调速是重要的技术难题。这些也是变频器应用最早的企业。伴随着我国的工业自动化的飞速发展，对于节能以及调速的要求也越来越高，变频器的应用也越来越广泛。变频器最大的优点就是节能，利用变频器来改变电机电源频率，来控制电机转速以实现节能，并且能根据工艺的过程迅速进行改变。还能通过远程控制 PLC 或着其他的控制器来实现电机速度的变化，从而使得工业控制系统简单化，在某种程度上扩大了变频器的应用范围。

二、PLC 控制电机变频调速试验系统

(一) PLC 控制电机变频调速试验系统构成

PLC 控制电机变频调速系统由 S7-200 PLC、变频器、电机及电机测速系统、触摸屏等结构组成，其原理框架图如图 1 所示。需使用的试验设备有：S7-200 PLC 1 台，EM235 模拟量扩展模块（4 输入 1 输出）1 块，PC/PPI 编程电缆一根，模拟输入开关一套，JD-PLC 变频调速试验模块 1 块，200 V·A 自耦调压器 1 台，可加载/可测速的三相异步电动机系统 1 套，触摸屏 1 个。PLC 控制电机变频调速试验系统总图如图 2 所示。图中表明了控制系统中变频器与各部分的组成和连接。

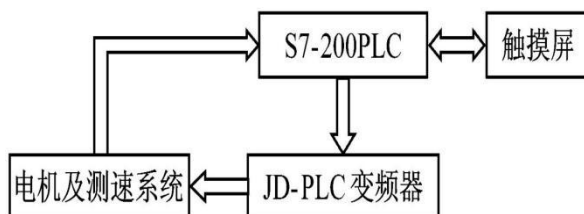


图 1 PLC 控制变频调速系统原理框架图

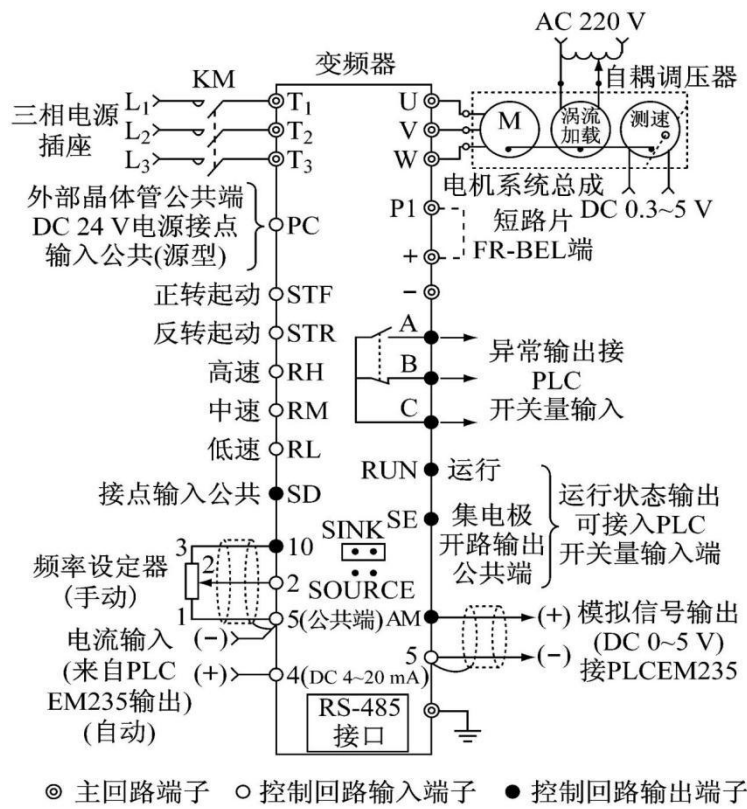


图 2 PLC 控制变频调速实验总图

(二) 电机变频调速控制试验系统要求

通过 PLC 来控制变频器，使得三相异步电动机按照图 3 所示的曲线来运行，并且可以通过触摸屏远程控制电机的起动与停止，可以对电机的起动时间、减速时间进行设定与调整，同时要求通过触摸屏来实时显示数字电机转速以及频率，实时显示转速波形。电机运行可以分为三个部分（见图 3）：第一个部分要求电机起动后转速在 60 s 内从 0 线性增加到 1 168 r/min；第二个部分是进入恒转速运行阶段，运行时间为 180 s，转速仍为 1 168 r/min；第三个部分是当恒速到了规定时间，进入减速阶段，电机转速要求在 40 s 内降到 0。

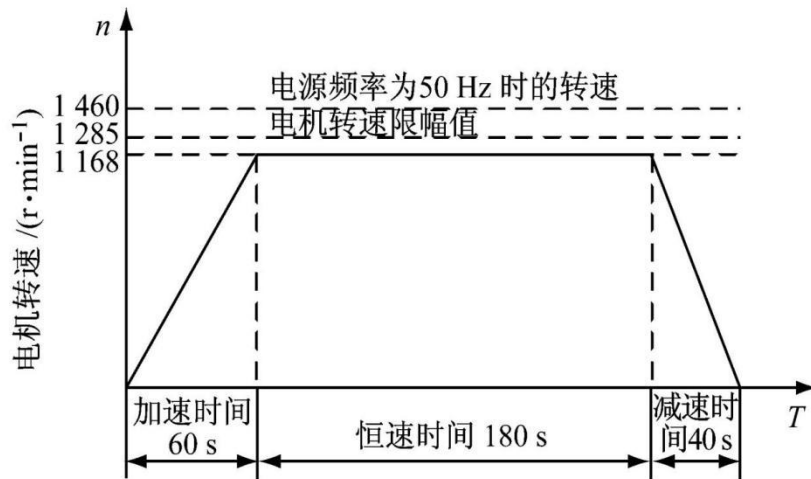


图 3 异步电动机运行曲线图

(三) 电机变频调速试验系统控制方案

电机在加速和减速阶段采用开环控制，在恒速阶段采用闭环控制，且为防止试验中出现超调或失控现象，系统具有限幅措施。

在恒速阶段的闭环控制采用 PLC 内部 PID 调节指令。设 $e(t)$ 为 PID 控制器的输入， $u(t)$ 为 PID 控制器的输出，则可表示成连续形式：

$$u(t) = K_p \{ e(t) + T_i \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \} \quad (1)$$

$$u(s) = K_p e(s) + K_i \frac{e(s)}{s} + K_d s e(s) \quad (2)$$

(1)(2)式中： T_i, T_d ——分别为积分和微分时间常数；

K_p, K_i, K_d ——分别为比例系数、积分系数、微分系数。

在 PLC 控制系统中使用的是 PID 数字调节器，需对式 (1) 进行离散化处理。设 T 为采样周期， $e(k), u(k)$ 分别为第 k 次采样的输入与输出，则根据式 (1)，用矩形积分法并用差分代替微分，计算 $u(k)$ 得：

$$u(k) = K_p e(k) + T T_i \sum_{j=0}^k e(j) + T_d T [e(k) - e(k-1)] \quad (3)$$

$$u(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{j=0}^k e(j) + K_d [e(k) - e(k-1)] \quad (4)$$

式 (3) 称为位置式 PID 控制算法。

用 PLC 对式 (3) 编程可计算出 $u(k)$ ，经 EM235 模拟量模块转换为 $0 \sim 20 \text{ mA}$ 的电流信号，经 AQ0 口输出给变频器。作为变频器的输入电流信号，该电流信号控制着变频器的频率输出。变频器输出频率的改变使得电机的转速得到改变。电机实际转速经电机转速测速系统转变为直流 $0 \sim 10 \text{ V}$ 的电压信号反馈给 PLC。作为 PLC 的模拟量输入信号，该电压值再转化为数字量与给定值 (SP_n) 比较后作为 PID 控制器的输入值 $e(t)$ 。

对于反馈的电压信号,由于转速的不稳定,会出现反馈信号的波动性,可采用采集若干个量取平均值的方法使信号稳定;亦可以根据数据值为 15 位而 EM235 的分辨率为 12 位的特点去掉 3 位数据的办法求得稳定。

三、硬件设计及信号转换

(一) I/O 点数统计及 I/O 接线图

信号类型	功能	端口
输入信号	正转按钮	I0.1
	反转按钮	I0.2
	高速按钮	I0.3
	中速按钮	I0.4
	低速按钮	I0.5
	停止按钮	I0.6
输出信号	变频器正转接口	Q1.1
	变频器反转接口	Q1.2
	变频器高速接口	Q1.3
	变频器中速接口	Q1.4
	变频器低速接口	Q1.5

表 1 开关量输入输出点地址分配表

如图 3 所示为电梯控制流程图。根据电梯的工作原理与功能要求以及输入输出点的地址分配,回执电梯的流程图和设计电梯的程序梯形图,如下图所示,梯形图程序由七个主要部分组成:楼层信号控制、轿内指令信号控制、厅外召唤信号控制、自动选向控制、启动换速控制、平层控制、开关门控制。

(二) 数据分析与信号转换

在电机变频调速控制系统中,变频器的输入信号应是 4~20 mA 的电流信号,而 PLC 的模拟量输出值范围是 0~20 mA。0~20 mA 的模拟量对应的 PLC 内部数字量是 0~32768,所以需要进行数据分析与转换。具体转换示意图如图 5 所示。图 5 (b)4mA 对应的数字量是 6554,变频器输出 0 Hz 对应的电流信号为 4 mA,所以第一部分加速阶段,要将频率设定电流信号从 4 mA 增加到 16.8 mA。编程时可以在 6554 刻度值的基础上,均匀地间隔一定时间逐步加刻度值,直到 20972 (如果间隔时间为 0.1 s,则 35×

600=21000) 。这里要注意，判断转速是否增加到 1168 r/min 的比较值必须是转速测量电压信号刻度值。按照此方法，同理可以得到第三阶段减速部分输出的控制方法。

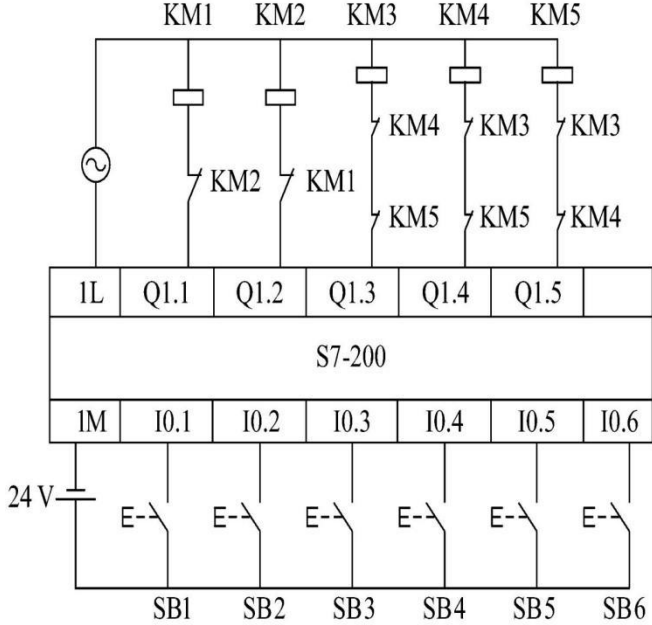
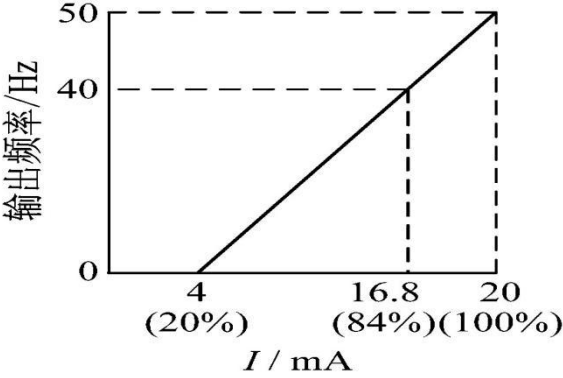
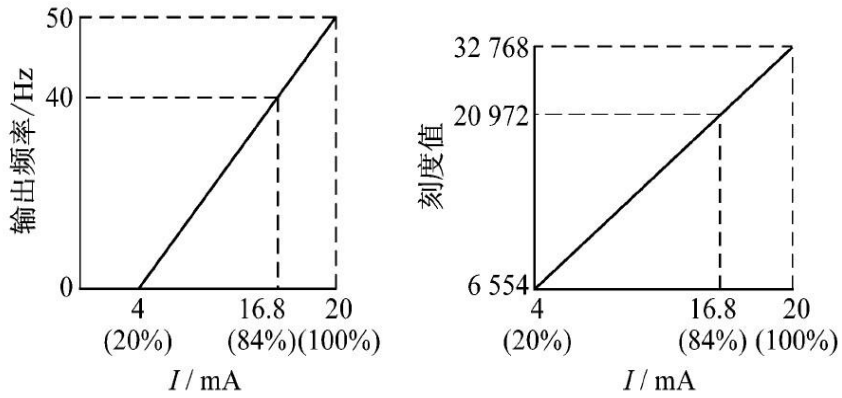
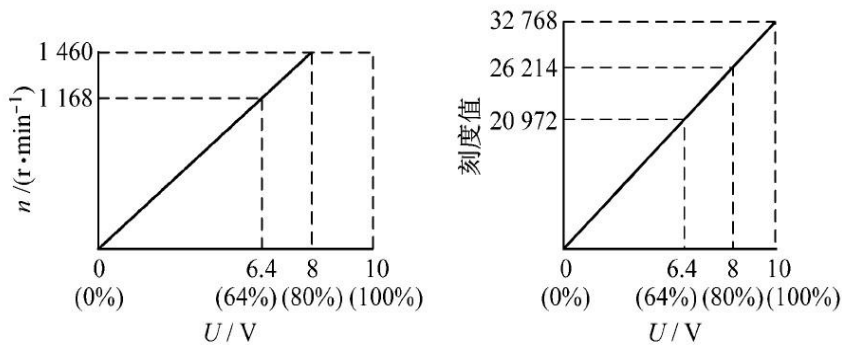


图 4 开关量输入输出接线图





(a) 频率设定电流信号 (b) PLC模拟量输出电流信号刻度值



(c) 转速测量电压信号 (d) 模拟量输入转速电压信号刻度值

图 5 数据转换示意图

四、PLC 软件设计

(一) 控制程序流程图

根据功能要求，PLC 控制系统的软件设计方案主要采用顺序控制继电器指令，软件设计包括加速、恒速、减速三段梯形图。其中主程序流程图如图 6 所示，加速部分流程图如图 7 所示；恒速部分采用 PID 算法，减速部分与加速部分类似。

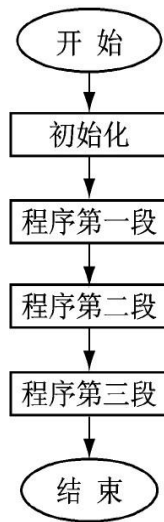


图 6 主程序流程图

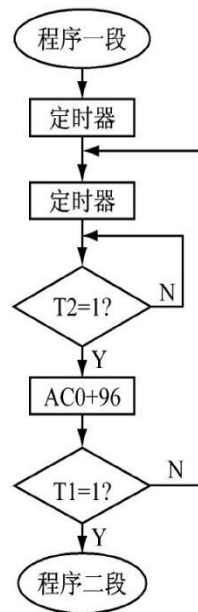
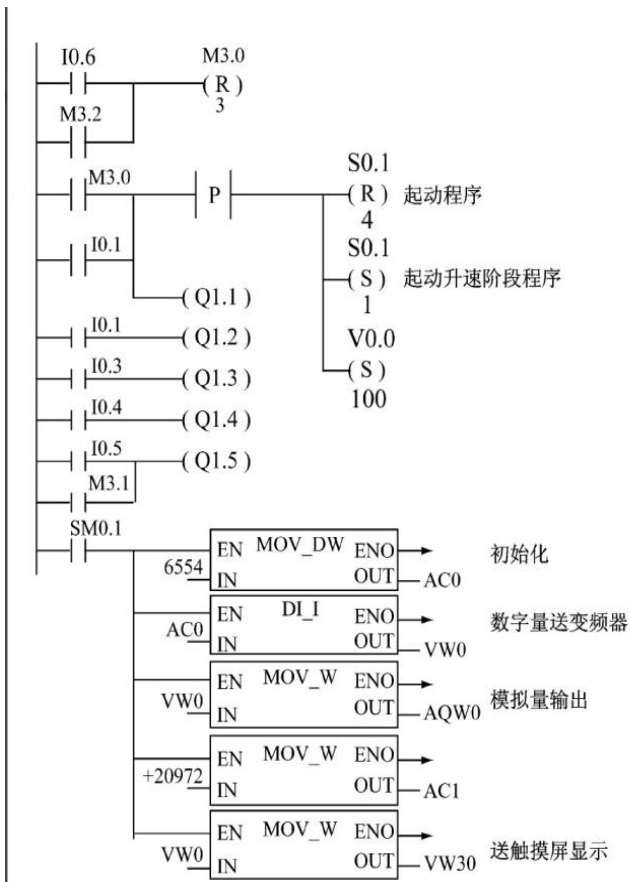


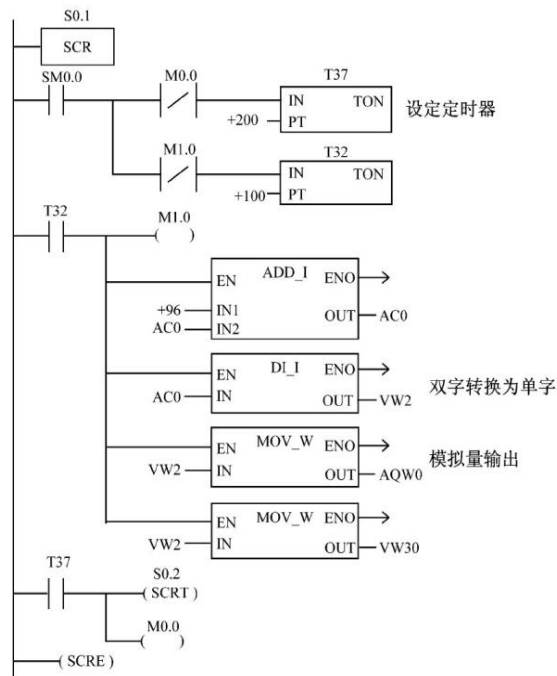
图 7 加速部分流程图

(二) 部分子程序

根据 I/O 输入、输出地址分配表，以及各部分流程图及各种信号转换关系，利用 STEP7-Micro/WIN 32 软件编出相关梯形图。其中初始化子程序及加速阶段子程序如图 8 所示。



(a) 初始化子程序



(b) 加速阶段子程序

图 8 初始化子程序及加速阶段子程序

在程序初始化的时候，由于 PLC 的内部产生的是 0~20 mA 的电流，而 PLC 输出给

变频器的电流则必须是 4~20 mA，因此需要将 4 mA 对应的数字量 6 554 作为 f=0 Hz 时的初始值赋给 AC0，加速阶段则从+6554 进行线性增加。在程序的第一段利用了 T37、T32 两个定时器，当 T32 为 1 时 AC0 增加一次，当 T37 为 1 时程序一段结束。在程序二段，经多次调试得出合理的 PID 参数。参数设置如下：比例常数 K_p 取 0.16、采样时间 T 为 0.1 s、积分时间常数 $T_i=1\ 024$ 、微分时间 $T_d=32$ 。程序三段与一段类似。经多次调试，该程序能够稳定的控制电机按照设定的要求运行，且电机运行的情况能够在触摸屏上实时显示。

五、触摸屏程序设计

将触摸屏使用在变频调速系统中，可以提高调速系统的实用性以及灵活性，操作简便而且直观，可以通过触摸屏远程控制电机的起动与停止。在电机起动后，光电编码器测速系统将转速信号反馈给 PLC，PLC 再将对应的数字量输出给触摸屏。触摸屏实时显示对应的转速值和转速波形，通过观察触摸屏上的数值和转速波形，可以判断电机是否按照设定的要求运转。触摸屏按钮及输出显示信号对应 PLC 的位地址如表 2 所示。

表 2 PLC 与触摸屏连接存储单元分配表

触摸屏	起动	低速	开/关	数值显示	图形显示
PLC	M3.0	M3.1	M3.2	VW30	VW30

六、总结

伴随着我国工业自动化的飞速发展，对于节能及调速要求原来越高，变频器的应用也越来越广泛。利用变频器改变电源频率控制电机转速来实现节能，还能通过远程控制 PLC 或其他控制器来实现速度变化，从而使工业控制系统简单化。

通过将触摸屏加入到变频调速系统中，可以使得变频调速系统的实用性以及灵活性得到提高，使操作变得简单，方便。还可以通过使用触摸屏来对变频调速系统的启动和停止进行远程操作。通过触摸屏能够将变频调速系统的运行状态通过数值以及转速波形简单直观的显示出来。

参考文献

- [1] 吴中俊, 黄永红. 可编程序控制器原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 28-36
- [2] 贾德胜. PLC 应用开发实用子程序[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2016: 20-50
- [3] 田明. 触摸屏可编程序控制器[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015: 8-39
- [4] 杨东. 可编程序控制原理及应用实验指导书讲义[G]. 2015: 5-35
- [5] 赵华军, 钟波. 基于 PLC 和变频器控制的恒压供水系统设计[J]. 自动化与信息工程, 2016: 10-50
- [6] 西门子有限公司. SIMATIC S7-200 可编程序控制系统手册[G]2012: 8-36
- [7] 刘静, 赵泽生, 于洪泽, 王明玥, 于志强, 贾鹏飞, 卢贝贝. 变频器控制板自动测试系统设计[J]. 电气传动, 2017, 51(10): 58-61.
- [8]. 第二十届中国电气自动化与电控系统学术年会(EACS, 2021) [J]. 电气传动, 2020, 51(10): 81.
- [9] 赵媛媛. 基于西门子 1200 PLC 和 G120 变频器的回焊炉调速控制[J]. 农机使用与维修, 2018(05): 35-36.
- [10] 关越, 陈玲. PLC 译码指令在变频器七段速控制中的应用[J]. 电子世界, 2018(08): 142-143.
- [11] 郭晶. PLC 控制交流变频调速控制系统在电梯中的运用[J]. 设备管理与维修, 2020(08): 96-97.

致谢

3年的大学生活已经快结束, 在本专业的学习中使我掌握了许许多多的专业知识,

充分锻炼了自己。毕业设计可以说是三年学习成果的总结和体现，在指导老师的指导和帮助下，我完成了这篇毕业设计。他热心的帮助和循循善诱的指导深深感动了我。这篇设计和三年中所有教育过我的老师也是分不开的，没有他们传授的知识我也不可能完成这个的课题。我无论是在课程学习阶段，还是在设计的选题，资料查询和撰写的每一个环节，无不得到指导教师的悉心指导和帮助。我为我几个月来静心学习，并取得较好成绩而感到欣慰，欣慰之余，我要感谢母校，向关心和支持我学习的所有老师和同学们表示真挚的谢意！感谢他们对我的关心和支持！