

doi: 10.7690/bgzd.2016.07.025

一种传输线物流系统的实际运用

徐亮, 李培

(西南自动化研究所弹药中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为满足自动物流控制系统在不同环境中的生产要求, 设计一种以最优化算法为核心的自动物流控制系统。该系统由 PLC、变频器、电机及传送带组成, 通过对变频器建模分析, 建立物流自动控制系统、中央控制系统处理模拟量和比例控制过程, 并通过 PLC 程序编写速度响应程序段, 解决了由于模具过多产生的拥堵卡滞现象, 提高了系统的效率。分析结果表明: 该系统提高了响应速度, 满足控制性能的要求, 在提高系统效率和降低成本上成效显著, 并已在自动物流控制生产线上成功运行。

关键词: 变频器; 模拟量; 远程控制

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Practical Application of Transmission Line Logistics System

Xu Liang, Li Pei

(Center of Ammunition, Southwest Automation Research Institute, Mianyang 621000, China)

Abstract: For met manufacture requirements of automatic logistics control system in different environment, designed automatic logistics control system which taking optimal algorithm as the core. The system consists of PLC, inverter, motor, and transmission belt, by analyzed inverter modeling, established logistics automatic control system, central control system processing analog and proportion control process, compile speed response program segment by PLC program, and solved the phenomenon of jam and seizure caused by many grinding tools, and improved the system efficiency. The analysis results show the system improves response speed, satisfy control performance requirements, and the system is good at improving system efficiency and reducing cost. It has been applied in automatic logistics control line.

Keywords: inverter; analog; remote control

0 引言

在工业控制自动化领域的发展过程中, 用手工操作进行工业生产的设备已经逐渐被淘汰, 取而代之的是利用先进设备及软件系统实现远程控制。先进设备及软件系统的引用使得生产过程简单化, 生产车间标准化, 生产效率大大提高, 控制性能大大加强。目前, 硬件设备中 PLC 与变频器逐渐成为现代生产过程中的重要组成部分^[1]。

为满足生产的需要和提高效率的要求, 单个电机或单机转化为多电机协同的生产线。作为生产线上的一道重要的工序, 产品部件和成品物流是否稳定和流畅决定着整条生产线的效率。随着计算机控制技术的发展、普及, 自动物流控制系统被广泛应用; 但由于产品制造对传输的要求和环境不同, 使其在不同环境中的控制系统也不同。为此, 笔者设计了一种以最优化算法为核心的自动物流控制系统。该系统硬件主要由 PLC、变频器、电机及传送带组成, 已在自动物流控制生产线上成功运行, 并取得了令人满意的效果。实践结果证明, 该系统在

精度、成本及快速反应上都具有较为显著的特点。

1 系统的应用环境

该系统应用于控制模具回送的物流线上, 其难点在于: 首先要控制模具输入及产品输出的效率达到生产指标; 其次回送模具中也要保持模具输送过程中不发生卡料等拥堵现象; 还要保证模具回送的效率稳定性, 以满足生产加工需要的模具数量。生产线上生产、输出和回送分别用不同电机带动, 则需要对电机速率进行协调控制。

系统由传感器、电机、变频器、人机交互界面、控制器等组成。控制器设计采用西门子 S7-300PLC 为核心的控制系统。笔者采用闭环控制原则, 对试验中得出的实际数据进行数据处理, 得出传输线的最优化控制拟合曲线, 使执行器件参照人机界面的输入效率为基准, 并按照拟合曲线输出^[2]。系统结构如图 1 所示。控制系统由现场传感器检测系统和 S7 300 系列 PLC 构成的中央控制系统组成。

本系统的最大特点是采用控制电机转速来减少自由传输过程中产生的拥堵和缺料, 进而减少人工

收稿日期: 2016-04-11; 修回日期: 2016-05-21

作者简介: 徐亮(1986—), 男, 湖北人, 硕士, 助理工程师, 从事控制理论与工程研究。

干预来提高工作效率或减少工作人员。主轴转子为加工工序，其生产效率由主轴速度决定，为保证生产线生产节拍指标，主轴速度不改变，其效率与工序 1 和工序 2 相关，需要针对工序 1 和工序 2 两个电机进行协调控制。其效率流程如图 2。

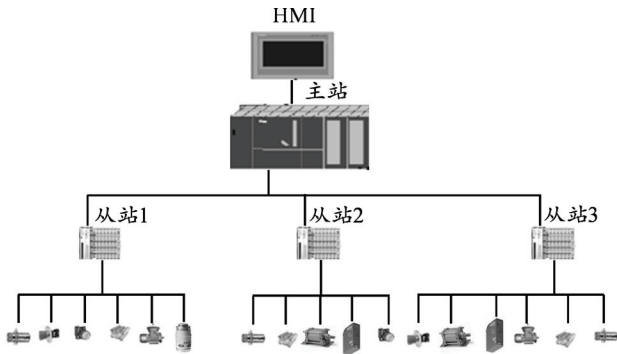


图 1 系统主要元器件组成

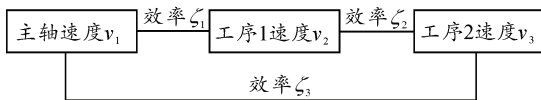


图 2 系统效率流程

控制电机的转速通过中央控制器输出模数转换信号到变频器进而由变频器控制电机转速，控制器与变频器之间的数模转换关系如图 3。

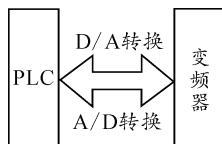


图 3 数模转化

2 变频器数学模型

根据文献 [3] 提出的 IIM (idealized induction motor) 模型，异步电机转子的运动方程可表示为

$$J \dot{\omega} = K_m (\omega_0 - \omega) - M_1 \quad (1)$$

式中： J 为转子转动惯量； M_1 为转子阻力矩； ω 为转子的角速度； ω_0 为电机的理想空载角速度 ($\omega_0 = \frac{2\pi}{P} \times f$)； P 为电机的极对数； f 为供电电源电压频率。

$$K_m = (3/2)P^2 L_m \tau_0 |\bar{i}_m|^2 \quad (2)$$

式中： $L_m = a_m L_{12}$ ， a_m 为任意常数， L_{12} 为定子与转子之间的互感； $\tau_0 = L_m / r_2$ ， r_2 为转子绕组电阻； \bar{i}_m 为等效励磁电流。

这里 K_m 为常数，其原因是：

- ① V/f 控制， $|\bar{i}_m|^2$ 保持常值；
- ② 假设控制系

统的响应快于电动机的电磁瞬变和转子的动态过程；③ 忽略磁场减弱问题。

令 $K_f = 2\pi/P$ ，则式 (1) 可以写成：

$$J \dot{\omega} = K_m (K_f f - \omega) - M_1 \quad (3)$$

变频器可以简化为比例环节，即

$$f = K_b u \quad (4)$$

式中： K_b 为比例系数； u 为变频器控制端电压。

将式 (4) 代入式 (3)，得：

$$J \dot{\omega} - K_m \omega = K_u - M \quad (5)$$

式中 $K = K_m K_f K_b$ 。

令 $a = K_m / J, b = K / J, d = -M / J$ ，式 (5) 可以写成：

$$\dot{\omega} + a\omega = bu + d \quad (6)$$

由此可以得到 x, y 轴以速度和加速度为状态变量的状态方程：

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_2(t) & x_1(0) &= x_{10} \\ \dot{x}_2(t) &= -a_1 x_2(t) + b_1 u_1 + d_1 & x_2(0) &= x_{20} \end{aligned} \right\}; \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}_1(t) &= y_2(t) & y_1(0) &= y_{10} \\ \dot{y}_2(t) &= -a_2 y_2(t) + b_2 u_2 + d_2 & y_2(0) &= y_{20} \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

设 $x_{1d}(t)$ 、 $y_{1d}(t)$ 为给定的关于时间的函数，

且其具有二阶导数；下面设计控制规律 u_1 、 u_2 ，使得系统输出位置信号 $x_1(t)$ 、 $y_1(t)$ 在同一时刻 $0 \leq t^* < \infty$ 开始跟踪参考输入 $x_{1d}(t)$ 、 $y_{1d}(t)$ ，当 $t > t^*$ 时，有 $x_1(t) = x_{1d}(t)$ ， $y_1(t) = y_{1d}(t)$ 。

3 非线性同步控制规律及其实现

控制系统将可调增益放大器用作控制器。得到如图 4 所示的信号流，其中状态变量为 x_1 和 x_2 。该开环系统对阶跃输入或阶跃干扰会产生无阻尼的响应，需要用合适的反馈来矫正系统^[4]。

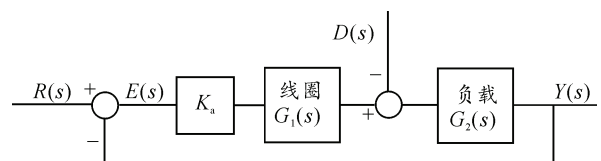


图 4 系统信号流

首先确定当输入为单位阶跃信号系统的状态微分方程为： $R(s) = 1/s$ ，干扰为 $D(s) = 0$ 时，系统内

部的稳态误差。当 $H(s)=1$ 时，得到

$$E(s) = \frac{1}{1 + K_a G_1(s) G_2(s)} R(s)^\circ$$

于是：

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \left[\frac{1}{1 + K_a G_1(s) G_2(s)} \right] \frac{1}{s} = 0,$$

即系统对单位阶跃输入的稳态跟踪误差为零，结论不会随着系统参数更改而改变。即可实现：

$$\begin{cases} x_1(t) = x_{1d}(t) \\ y_1(t) = y_{1d}(t) \end{cases} \text{的实时响应控制系统}^{[5]}.$$

3.1 系统应用分析

本系统由同一个 PLC 分别控制的 2 个电机，运行过程中 2 个电机相互结合，完成传输功能。前述已证实电机的实时响应过程，笔者通过 PID 控制使 2 个电机与主电机的速度进行匹配，以达到系统运行效率最优化。

系统主电机速度与 1 号电机之间存在速度匹配的关系，其因素 $\mu_1 = 1.3$ 。1 号电机的带动传输链的传输效率 $\mu_2 = 0.85$ ；2 号电机的带动传输链的传输效率 $\mu_3 = 0.76$ 。

3.2 系统编程

通过 PLC 程序编写速度响应程序段如下：

```

    A(
    A(
    A(
    L    "MW96"
    T    LD    0
    SET
    SAVE
    CLR
A    BR
    )
    JNB  _001
    L    LD    0
    L    1.300000e+000
    *R
    T    LD    4
    AN   0V
    SAVE
    CLR
_001:A BR
    )
    JNB  _002
    L    LD    4
    RND-
```

```

    T    LD    8
    AN   0V
    SAVE
    CLR
    BR
_002:A )
    JNB  _003
    L    LD8
    T    "MW104"
_003:  NOP    0
    A    L    20.0
    =    L    21.0
    BLD  103
    A(
    A    L    20.1
    =    L    21.1
    BLD  103
    A    M    90.0
    JNB  _001
    CALL "SCALE"
    IN    :=MW104
    HI_LIM :=1.000000e+001
    LO_LIM :=0.000000e+000
    BIPOLAR:=L21.1
    RET_VAL:=MW106
    OUT    :=MD108
_001:A BR
    )
    JNB  _002
    CALL "SCALE"
    IN    :=MW94
    HI_LIM :=1.000000e+001
    LO_LIM :=0.000000e+000
    BIPOLAR:=L21.0
    RET_VAL:=MW114
    OUT    :=MD116
_002: NOP    0
A(
    A(
    L    MD    108
    L    8.500000e-001
    *R
    T    MD    120
    AN   OV
    SAVE
    CLR
    A    BR
    )
    JNB  _003
    L    MD    116
    L    7.600000e-001
```

```

*R
T MD 124
AN OV
SAVE
CLR
_003: A BR
)
JNB _005
L MD 120
L MD 124
-R
T MD 128
_005: NOP 0

A L 20.0
= L 21.0
BLD 103
A(
A L 20.2
= L 21.2
BLD 103
CALL "CONT_C", DB10
COM_RST :=
MAN_ON :=L21.2
PVPER_ON:=
P_SEL :=
I_SEL :=
INT_HOLD:=
I_ITL_ON:=
D_SEL :=
CYCLE :=T#100MS
SP_INT :=
PV_IN :=
PV_PER :=
MAN :=1.000000e+001
GAIN :=2.000000e+000
TI :=T#30S
TD :=T#5S
TM_LAG :=T#2S
DEADB_W :=1.000000e+001
LMN_HLM :=
LMN_LLM :=
PV_FAC :=
PV_OFF :=
LMN_FAC :=
LMN_OFF :=
I_ITLVAL:=
DISV :=MD128
LMN :=MD116
LMN_PER :=
QLMN_HLM:=
QLMN_LLM:=

```

```

LMN_P :=
LMN_I :=
LMN_D :=
PV :=
ER :=
A BR
)
JNB _004
CALL "UNSCALE"
IN :=MD116
HI_LIM :=1.000000e+001
LO_LIM :=0.000000e+000
BIPOLAR:=L21.0
RET_VAL:=MW92
OUT :=MW94
_004: NOP 0

```

此程序通过西门子 300 step7 V5.5 编程软件编程, 程序由 OB35 调用 FB41 实现 PID 程序调用, 经过 FC106 数据转换, 对电机速度调整。结果显示: 电机之间的协调性能有很大提高, 解决了由于磨具过多产生的拥堵卡滞现象, 提高了系统的效率^[6]。

4 结束语

由于时间关系, 在调试过程中, 笔者采用经验值设定 PID 参数。对于多电机协调传动控制, 可以先采用相应的仿真软件进行模拟, 得出相对较好的参数值之后, 再将参数值输入程序, 其响应效果应该会更好。类似的传输系统都可采用此方法, 可解决多电机间不匹配和负载的不确定性。

该物流控制系统集机械、电子、传感器和自动控制等技术于一体, 以搬运机械化、控制自动化为特征, 并可集成提升到通信、网络, 为上位机实现信息管理自动化和工厂作业的自动化打下坚实基础, 为提高工厂或货物流通效率发挥作用。

参考文献:

- [1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993: 3-4.
- [2] 吴中俊, 黄永红. 可编程逻辑控制其原理及应用[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 2003: 109-113.
- [3] 刘福才, 张学莲. 多级电机传动同步控制理论与应用研究[J]. 控制工程, 2002, 9(4): 87-90.
- [4] 王仁祥. 通用变频器选型与维修技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001: 27-56.
- [5] 潘湘高, 李晓峰. 计算机在新型多电机同步系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2007, 23(19): 128-130.
- [6] 闫雅君, 赵迎春, 李哲, 等. 自动连续分步压装工艺完善及装备工程化控制系统[J]. 兵工自动化, 2015, 34(11): 42.