Electro-hydraulic Servo System Sampling Period Selection Based on PLC

SHU Yu, LI Ming

College of Communication, Machinery and Civil Engineering, Southwest Forestry University, Kunming Yunnan 650224，China

monkeysy@vip.qq.com

Abstract: The sampling period is decided sampling control system stability and related control performance of one of the important parameters, but the sampling period of no fixed mode selection, this paper, based on PLC electro-hydraulic position servo control system by way of comparing, analyzing and determine the sampling period of system. First, based on the Siemens S7-200 PLC, design electro-hydraulic position servo loop PID control system, Secondly, through the experiments of different sampling cycle control performance, Finally, the experimental results, such a rational range of sampling system.

Keywords: PLC; electro-hydraulic servo; sampling period; PID

基于 PLC 的电液位置伺服系统采样周期选择

舒 宇，李 明

西南林业大学，交通机械与土木工程学院，昆明，中国，650224

monkeysy@vip.qq.com

【摘要】采样周期是决定采样控制系统稳定性及相关控制性能的重要参数之一，但采样周期的选择没有固定的模式，为此，本文针对基于 PLC 的电液位置伺服控制系统，采用实验比较的方式分析和确定系统的采样周期。首先，基于西门子 S7-200 PLC，设计电液位置伺服闭环 PID 控制系统；其次，通过实验研究不同采样周期对控制性能的影响；最后，结合实验结果，提出该类系统采样周期的合理范围。

【关键词】PLC；电液伺服；采样周期；PID

1 引言

在液压伺服控制基础上发展起来的电液伺服控制技术作为连接现代微电子技术、计算机技术和液压技术的桥梁，已经成为现代控制技术的重要构成。由于它具有线性好、死区小、灵敏度高，动态性能好、响应快、精度高等显著优点，因而得到了广泛的应用[1]。PLC 具有控制成本低、通用性强、可靠性高、抗干扰能力强等特点，而且在系统中集成了 PID 运算指令，结构简单，运算速度快，有很强的灵活性和适应性，程序简单容易实现。为此 PLC 在电液控制系统中会得到了广泛的应用[2-5]。本文针对一类电液位置伺服控制系统，采用西门子 S7 200 PLC 作为控制器，并在此基础上设计闭环 PID 控制系统，最后通过实验和比较，对系统采样周期进行分析，为该类系统的采样周期选择提供参考和借鉴。

资助项目：西南林业大学重点建设课程(PLC 原理与应用);西南林业大学重点项目(200602Z)

Fund:Southwest Forestry University, major construction programs (PLC theory and applications); Key Project of Southwest Forestry University(200602Z),

2 电液位置伺服系统的原理与组成

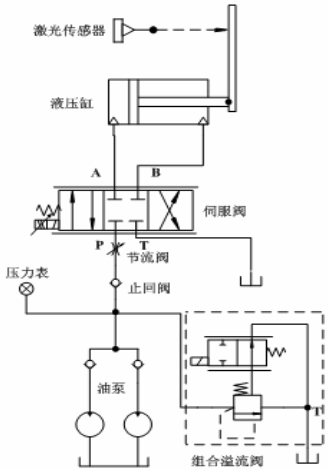

Figure 1. Electro-hydraulic servo system diagram

图 1. 电液伺服系统原理图

978-1-935068-31-0 © 2010 SciRes.

电液位置伺服系统原理图如图 1 所示。该系统由定量泵、变量泵、滤油器、三个单向阀、节流阀、溢流阀和伺服阀、位移传感器等几部分组成，要求液压系统运行平稳，液压缸的定位准确。液压缸的初始位置设为零位，通过对伺服阀的控制，实现在水平方向上的左右平移。

采用基于 PLC 的闭环 PID 控制时，根据目标位置与实际位置的偏差，通过 PLC 向伺服阀功率放大器输出-10～10V 的电压信号，并由此控制伺服阀的开口大小及方向，直到系统达到设定的目标位置为止。

3 基于 PLC 的 PID 控制系统

3.1 控制的基本原理

实验中搭建电液位置伺服系统，针对阀控系统的静、动态特性进行闭环控制系统进行分析，传感器将系统中油缸的位置量反馈到 PLC 中，反馈量与 PLC 内的预设定位置进行比较，比较后的误差信号送入功率放大器，进而驱动伺服阀工作，其原理如图 2。

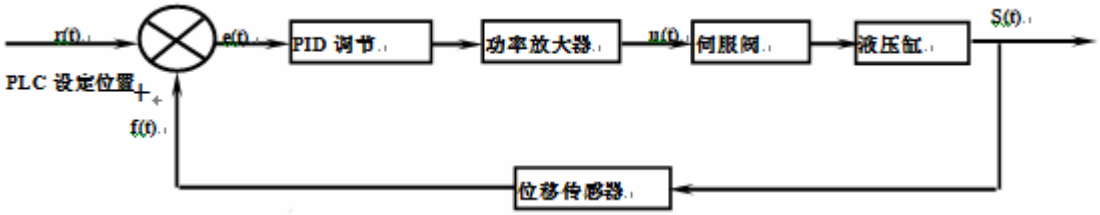

Figure 2. Closed-loop control schemes
图 2. 闭环控制示意图

其中，S7-200 PLC 中内置的 PID 控制算法为

$$M_n = K_c(\mathrm{SP}-\mathrm{PV}_n)+K_c(T_s/T_i)(\mathrm{SP}-\mathrm{PV}_n) +MX+_c(T_d/T_s)(\mathrm{PV}_{n-1}-\mathrm{PV}_n)$$

式中包含了 9 个用来控制和监视 PID 运算的参数，在 PID 指令使用时构成回路表，如表 1

Table 1. PID instruction loop

表 1. PID 指令回路表

偏移地址	域	格式	类型	中断描述
0	过程变量（PVn）	双字-实数	输入	过程变量，必须在 0.0~1.0 之间
4	设定值（SPn）	双字-实数	输入	给定值，必须在 0.0~1.0 之间
8	输出值（Mn）	双字-实数	输入/输出	输出值，必须在 0.0~1.0 之间
12	增益（KC）	双字-实数	输入	增益是比例常数，可正可负
16	采样时间（TS）	双字-实数	输入	单位为秒，必须是正数
20	积分时间（TI）	双字-实数	输入	单位为分钟，必须是正数
24	微分时间（TD）	双字-实数	输入	单位为分钟，必须是正数
28	积分前项（MX）	双字-实数	输入/输出	积分项前项，必须在 0.0~1.0 之间
32	PVn--1	双字-实数	输入/输出	包含最后一次执行 PID 指令时存储的过程变量值。

在本系统的 PID 中，采用比例和积分控制，且确定增益和时间常数为：增益 KC=0.25；积分时间 TD=10min。PID 控制的程序设计流程如图 3。

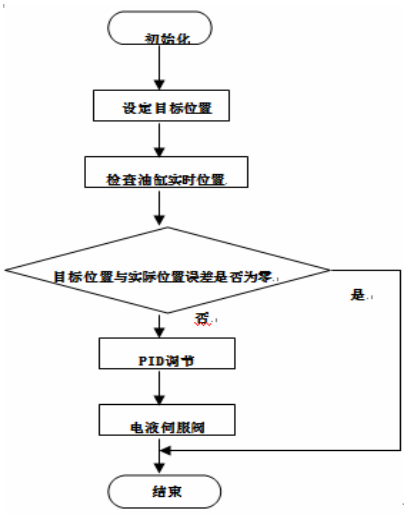

Figure 3. Program design process

图 3. 程序设计流程

3.2 硬件组成

在本系统当中液压控制系统控制和调节 PID 运算均由 PLC 完成，PLC 选用了西门子 S7-200 小型系列中的 CPU222，CPU222 具有 32 位浮点运算指令和内置 PID 调节运算指令及高速计数等功能，适合运用在

电液伺服位置控制系统当中。模拟量模块选择 EM235，进行传感器信号的采集，并通过上位机软件 S7-200 PC Access 完成数据采集。伺服放大器选择 MKZ801.14，传感器采用欧姆龙 zx-ld300 型智能激光传感器。

3.3 数据采集与处理

本控制系统中，我们运用 S7-200 PC Access 和 Excel 来进行数据的采集和存储，通过 Excel 调用 S7-200 PC Access 宏，通过 VB 宏向 Excel 中填写 PLC 中的实时数据。运行效果如图 4

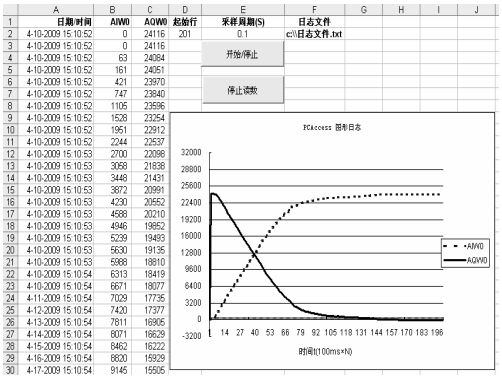

Figure 4. Excel running effect

图 4.Excel 运行效果

图中，A 列从第二行起记录了数据采样的时间，采样周期为 0.1 秒，B 和 C 列从第二行记记录了模拟量输出及模拟量输入的实时数据。“S7-200 PC Access 图形日志”图表描绘了输出/输入随时间变化关系。可以看出，随着液压缸接近预定位置，反馈信号 AIW0 逐渐增大，而反馈输出信号 AQW0 逐渐减小。从图中的曲线还可以看出，采样周期为 0.1s 时，系统无超调。通过 Excel 调用 S7-200 PC Access 宏采集的数据为传传感器输入 AIW0 和从经 PLC 运算后的反馈输出 AQW0。PLC 中的数字量±32000 对应的输入电压为±5V，传感器输出的±5V 与液压缸的±200mm 相对应，利用这一关系便可将采集到的数字量量化为液压缸的实时位移。设采集到的数字量为 D，液压缸的实时位移为 S，则有：

$$S = \frac{D}{32000} \cdot 200$$

4 实验分析描述实验及其结果

为了研究采样周期对系统性能的影响，在增益 KC=0.25，积分时间 TD=10min 的条件下，采用不同采样周期进行实验，并将每次实验的相关性能指标列在表 2 中（试验条件为：限定最大流量为 3.7L/min，控制目标位置均为 150mm，起始位置都是 0mm)。

Table 2. The transient response of different sampling period

表 2. 不同采样周期瞬态响应指标

瞬态指标 周期T(mm)	延迟时间 t_d(s)	上升时间 t_r(s)	峰值时间 t_p(s)	超调量 M_p(s)	调整时间 t_s(s)
100	3.8	16	17.14	0.22%	10
200	3.5	10	15	1.04%	12
250	3.5	10.25	21.75	1.04%	10
500	3.25	8	7.5	2.13%	10
1000	3.2	7.5	9	14.33%	35
1500	3.2	7.5	10.5	24.26%	60
2000	3.15	7	14	33.33%	∞

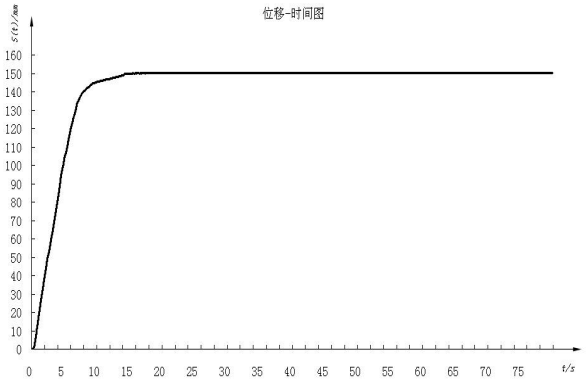

Figure 5. T = 100ms displacement - time chart

图 5.T=100ms 位移-时间图

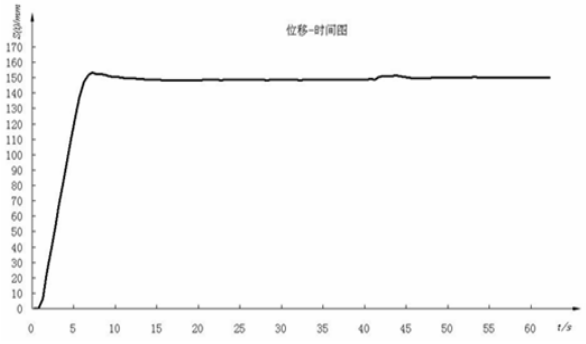

Figure 6. T =500ms displacement - time chart

图 6. T=500ms 位移-时间图

978-1-935068-31-0 © 2010 SciRes.

图 4、图 5、图 6、图 7 分别为采样周期为 100ms、500ms、1500ms、2000ms 的位移-时间图，实验结果表明，当采样周期为 500ms 时出现超调，采样周期为 1500ms 出现了震荡，当采样周期为 2000ms 达到临界离散

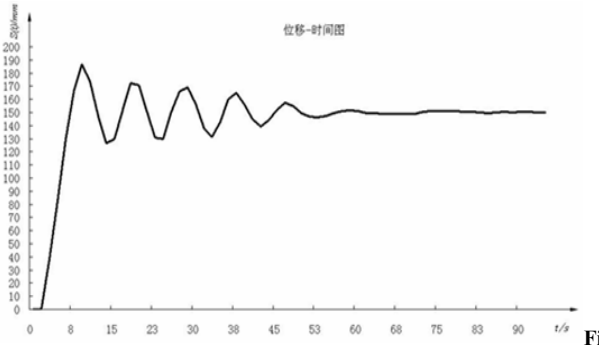

Figure 7. T = 1500ms displacement - time chart

图7. T=1500ms 位移-时间图

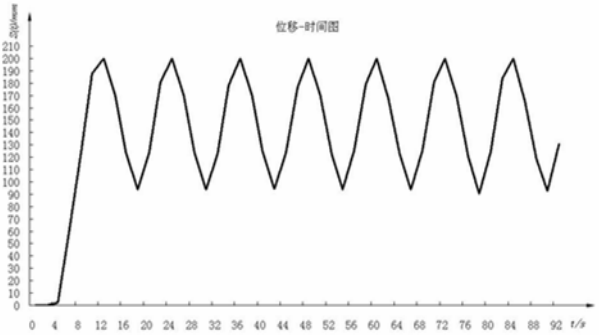

Figure 8. T = 2000ms displacement - time chart

图8. T=2000ms 位移-时间图

可以看出，随着采样周期T的增大，系统的延迟时间td、上升时间tr、峰值时间tp都呈现出减小趋势，说明在一定范围内，采样周期越大，系统响应越快。当采样周期增大到一定值时，系统将出现超调，当采样周期大于2000ms时，系统将出现严重超调而难以进入稳态，故系统设计时应采样周期不能太大。

综上所述，在一定范围内，适当的加大采样周期可以提高系统的响应速度，但付出的代价是系统的超调量的增大，在确定系统采样周期时，可以根据系统的要求，通过实验和分析，得到最合适的采样周期。

5 结论

本文采用西门子 S7-200 可编程控制器，采用 PID 控制策略，设计了一类电液位置伺服控制系统。为了研究采样周期对系统控制性能的影响，本文选择不同的采样周期进行实验研究，并在对实验结果分析的基础上，提出该类系统采样周期的设定的基本原则。

References (参考文献)

[1] Yi J.Q., Chen K.S.. Design of embedded electro-hydraulic servo control system. Proc. of 3rd International Conference on Innovative Computing Information and Control. Dalian, Liaoning, China. June 18-20. pp: 3378. 2008.

[2] Zhou Meifang, Jin Xiangping, Chen Xiexiong, Based on PLC intelligent PID control method and application [J].chemical industry automation and instrumentation,2003,30(6): 46-48.
周梅芳，金向平，陈偕雄，基于 PLC 的智能 PID 控制方法及应用[J]，化工自动化及仪表，2003,30(6): 46-48.

[3] Wu Genmao, Qiu Minxiu, Wang Qingfeng, etc. New practical electrohydraulic proportional technology[M].hangzhou, zhejiang university press, 2006: 226-234.
吴根茂，邱敏秀，王庆丰等，新编实用电液比例技术[M]，杭州：浙江大学出版社，2006: 226-234.

[4] Song Hui, Siemens PLC in the closed-loop control system in the realization of PID algorithm [J]. industrial PC and distributed control system, 2007 (3): 33-35.
宋辉，Siemens PLC 在闭环控制系统中 PID 算法的实现[J]，工控机与集散控制系统，2007(3): 33-35.

[5] Wei Yueguo, Chen Binbing. PLC technology development trend, IT technology BBS，2008 (22) : 45, 77.
魏跃国，陈彬兵，PLC 技术的发展趋势，IT 技术论坛，2008，(22): 45, 77.