

容积节流调速回路 AMESim 仿真研究

唐梅,陶柳

(四川工程职业技术学院 交通工程系,四川 德阳 618000)

摘要:在分析节流调速回路工作原理的基础上,基于 AMESim 建立容积节流调速回路仿真模型,仿真分析液压缸泄漏对系统稳定性的影响。结果表明:随着液压缸泄漏间隙的增大,活塞的平均速度逐渐降低;随着负载的增加,系统速度的稳定性逐渐降低。该结论可为调速回路的设计及优化提供理论依据。

关键词:AMESim; 液压系统; 调速回路; 泄漏; 稳定性; 仿真分析

中图分类号:TH137.51 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2022)06-0151-03

Simulation Study of Volume Throttling Speed Control Circuit Based on AMESim

TANG Mei, TAO Liu

(Department of Traffic Engineering, Sichuan Engineering Technical College, Deyang 618000, China)

Abstract: Based on the analysis of the working principle of throttle speed control loop, a simulation model of volume throttle speed control loop is built with AMESim, and the influence of hydraulic cylinder leakage on system stability is analyzed. The results show that with the increase of the leakage clearance of the hydraulic cylinder, the average speed of the piston gradually decreases, and with the increase of the load, the stability of the system speed gradually decreases. The conclusion provides theoretical basis for the design and optimization of speed regulating circuit.

Keywords: AMESim; hydraulic system; speed control circuit; leakage; stability; simulation analysis

0 引言

节流调速回路结构简单,使用维护方便,但因定量液压泵的输出流量总是大于执行元件负载所需的流量,多余的流量要在系统工作压力之下,经溢流阀(串节流调速)或流量阀(并节流调速)流回油箱,所以总是不可避免地存在着节流损失和溢流损失。因其功率损耗大,回路效率低,发热量大,只适用于小功率调速系统。

容积调速回路虽然具有效率高、发热量少的优点,但也不同程度地具有与节流调速回路相类似的缺点,即执行元件的速度随负载的变化而改变。针对速度稳定性要求较高的液压系统,采用变量液压泵同流量阀相配合,可以大大提高速度的稳定性^[1-2]。

容积节流调速回路利用流量阀配合变量液压泵,来实现对执行元件速度的调节。这种回路的特点是变量液压泵的输出流量能自动接受流量阀调节并与之吻合,无溢流损失,效率高,速度的稳定性较好。因此该回路适用于负载变化较大,要求速度稳定与高效率的场合。但研究发现,系统中元件的泄漏,特别是关键元件液压缸的泄漏对系统速度稳定性有一定的影响,尤其是在高负载液压系统中^[3-4]。

本文基于 AMESim 仿真软件,建立了容积节流调速回路的仿真模型,仿真验证了所建立模型的正确性,同时通过对液压缸泄漏间隙大小的设定,定量分析了液压缸泄漏

对于系统稳定性的影响。

1 容积节流调速回路工作原理

图 1 所示为容积节流调速回路。这种回路采用变量液压泵 1 与调速阀 2 相配合,常用于机床的液压系统。对于单活塞杆液压缸,为了获得更低的稳定速度,将调速阀 2 安装在无杆腔这侧的进油路上,有杆腔的回油路上安装背压阀 6。在液压缸活塞快进时,二位二通阀 3 处于左位,调速阀 2 被短接,液压泵 1 以最大流量给液压缸供油。工进时,压力继电器 5 使二位二通阀 3 电磁铁通电,液压泵 1 输出的压力油须经调速阀 2 进入液压缸,工作速度由调速阀 2 来控制,调节调速阀 2 开口的大小,可改变进入液压缸的流量,从而实现液压缸工作速度的调节。若液压泵 1 的输出流量大于液压缸负载所需的流量,由于回路中没有溢流阀,多余的油液没有出路,液压泵 1 的出口压力就会上升。由限压式变量液压泵工作原理可知,通过压力反馈可使液压泵 1 的流量自动减小,直至二者相等。如果液压泵 1 的输出流量小于液压缸负载所需的流量,液压泵 1 的出口压力就会下降,通过压力反馈又使液压泵 1 的输出流量自动增大,直至二者相等。所以液压泵的输出流量总是与液压缸负载所需的流量相吻合。工进结束后,压力继电器 5 使二位二通阀 3 和二位四通阀 4 换向,调速阀 2 再次被短接,液压缸活塞实现快退。

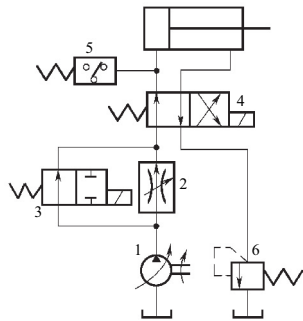


图1 容积节流调速回路工作原理

2 AMESim 仿真分析

2.1 模型建立

根据容积节流调速回路工作原理^[5-6],利用 AMESim 软件搭建的仿真模型如图 2 所示。

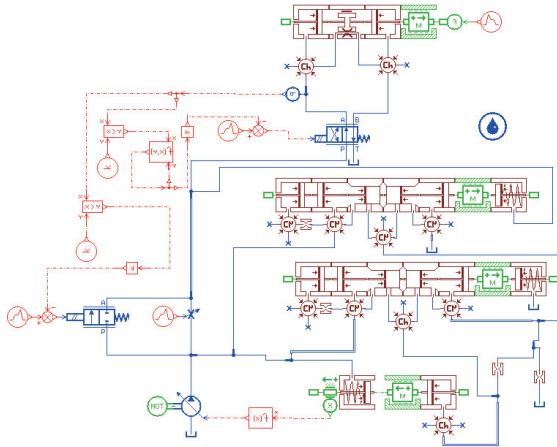


图2 容积节流调速回路 AMESim 仿真模型

2.2 参数设置

各子模块的参数设计如表 1 所示,其他参数保持默认。

表 1 参数设置表

元件名称	参数	数值
活塞模块	活塞直径/mm	100
	活塞杆直径/mm	50
	零位移时液压腔长度/mm	50
活塞质量模块	质量/kg	0.4
	最低行程/m	-2
	最高行程/m	2
	力输入信号源	开始信号值
力输入信号源	结束信号值	3 520
	持续时间/s	10
	间隙长度/mm	20
泄漏模块	间隙宽度/mm	0.2
	最大泵排量/(mL·r ⁻¹)	95
液压泵	转速/(r·min ⁻¹)	800

2.3 仿真结果分析

根据已知条件,设定负载变化情况为:仿真时间 0~5 s 之间为 500~1 000 N,此时回路处于快进阶段;仿真时间 5~10 s 之间为 2 000~20 000 N,此时容积调速回路处于工进阶段;仿真时间 10~15 s 之间为 500~1 000 N,此时容积调速回路处于快退阶段。利用 AMESim 信号模块,设定参数得到负载随时间变化曲线如图 3 所示。

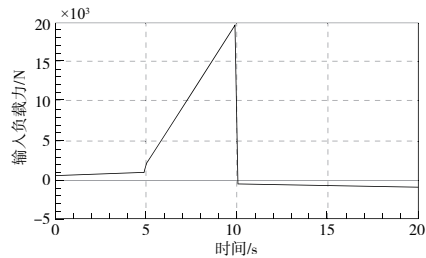
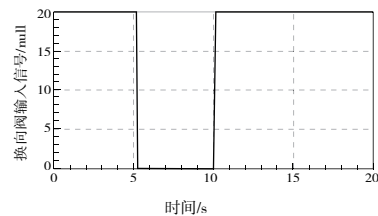
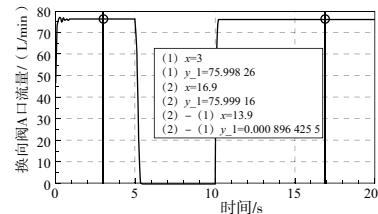


图3 负载力随时间变化曲线图

通过 AMESim 信号库对系统压力继电器 5 进行建模及参数设置,图 4 所示为控制仿真得出的两位两通输入信号变化曲线及流量变化曲线。



(a) 两位两通换向阀输入信号



(b) 两位两通换向阀A口流量

图4 两位两通输入信号及流量变化曲线图

从仿真结果看出,在仿真时间为 0~5 s 及 10~20 s 时,两位两通电磁换向阀处于左位工作,此时节流阀被短接,液压泵 1 以最大流量 $q=75.99 \text{ L/min}$ 给液压缸供油,实现快速进给。由液压泵设定参数,以及计算可得理论流量为

$$q = V \times n = 800 \times 95 = 76 \text{ (L/min)} \quad (1)$$

仿真得出值与理论值基本一致,说明了模型的正确性。

图 5 为液压缸速度变化曲线图。从仿真结果可以看出,在仿真时间为 0~5 s 及 10~20 s 时液压缸的速度绝对值都约为 0.21 m/s;仿真时间为 5~10 s 时速度约为 0.16 m/s。同时可以发现,在工进过程中,虽然外加负载由 2 000 N 增加到 20 000 N,由于节流阀 2 和负载敏感泵相互补偿作用,整个过程总液压缸的速度基本保持恒定,不受负载变化的影响。

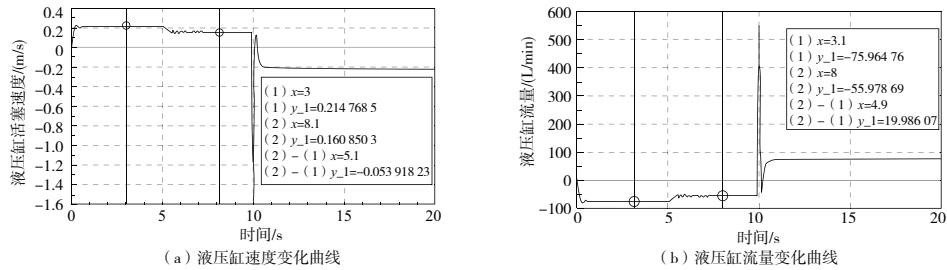


图5 液压缸速度、流量变化曲线图

又由液压缸速度公式

$$V = \frac{q}{A} = \frac{4q}{\pi(D^2 - d^2)} \quad (2)$$

将仿真获得的快进、工进流量 75.9 L/min、55.9 L/min 以及液压缸活塞直径及活塞杆直径 100 mm、50 mm 代入式(2),计算可以得出仿真获得的快进、快退的速度值基本一致,约为 0.21 m/s,再一次验证了模型的正确性。

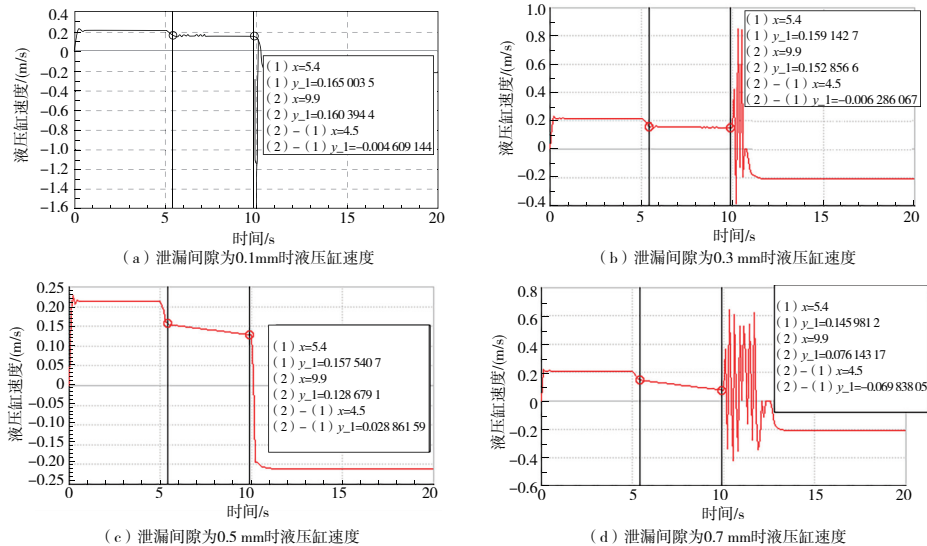


图6 不同液压缸泄漏间隙下速度曲线

仿真发现在泄漏间隙为 0.1 mm 时,活塞工进过程的速度基本恒定;仿真时间为 5.4 s 和 9.9 s 时速度分别为 0.165 m/s、0.160 m/s;泄漏间隙为 0.3 mm 时,活塞工进过程的速度基本恒定,但是整体速度有所降低;仿真时间为 5.4 s 和 9.9 s 时速度分别为 0.159 m/s、0.152 m/s;泄漏间隙为 0.5 mm 时,活塞工进过程的速度随着负载增加而逐渐降低;仿真时间为 5.4 s 和 9.9 s 时速度分别为 0.157 m/s、0.128 m/s,降低幅值为 0.029 m/s;当泄漏间隙为 0.7 mm 时,速度降低的幅值进一步增加到 0.069 m/s。

由此得出随着液压缸泄漏间隙的增大,活塞的平均速度逐渐降低,并且随着负载的增加,系统速度的稳定性逐渐降低。同时发现在泄漏间隙为 0.5 mm 时,系统换向时速度的冲击最小,这也为容积节流调速回路结构设计及优化提供了一定的参考。

3 结语

本文基于 AMESim 建立了容积节流调速回路仿真模型,仿真研究了模型的正确性,同时分析研究了液压缸泄

漏对系统稳定性的影响。下面通过改变液压缸泄漏间隙值的大小;分别取值为 0.1 mm、0.3 mm、0.5 mm、0.7 mm,来仿真不同泄漏间隙下液压缸速度的大小。

图 6 定量分析了泄漏量对阀芯速度大小及稳定性的影响,改变 BAF01 模型参数,分别对泄漏模块中直径间隙取值为 0.1 mm、0.3 mm、0.5 mm、0.7 mm,定量分析泄漏量对阀芯速度的影响。

漏对系统稳定性的影响。

仿真得出随着液压缸泄漏间隙的增大,活塞的平均速度逐渐降低,并且随着负载的增加,系统速度的稳定性逐渐降低;同时发现在本工况下,泄漏间隙为 0.5 mm 时,系统换向时速度的冲击最小。该结论为提高调速回路的精度提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 刘新钊,刘军营,刘军,等.基于 AMESim 的容积调速系统仿真分析[J].山东理工大学学报(自然科学版),2012,26(2):61-64.
- [2] 张怀亮,赵丽娜,周井行.硬岩掘进机液压阀块设计方法[J].西南交通大学学报,2020,55(1):52-59.
- [3] 黄小江,毕龙.液压系统节流调速回路动特性仿真[J].机床与液压,2006,34(12):214-215,218.
- [4] 卞强,蒋超利,冯国利,等.舰船主交流机组仿真研究及其验证[J].海军工程大学学报,2021,33(2):52-56,96.
- [5] 付永领,祁晓野. AMESim 系统建模和仿真从入门到精通[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [6] 李欣星.基于 AMESim 的节流调速回路仿真及实验研究[D].成都:西南交通大学,2018.

收稿日期:2022-01-27