

基于 AMESim 的船闸启闭机液压系统设计仿真

季立

(江苏省交通运输厅港航事业发展中心, 江苏 南京 210007)

摘 要: 船闸作为内河航运常见的水工建筑物, 其闸阀门、启闭机在充水放水保障船只进出闸室起到了重要作用。本文以在建项目魏村枢纽为研究对象, 设计了船闸启闭机液压系统, 并利用 AMESim 仿真软件对液压系统进行简化模拟仿真, 分析运行情况。

关键词: 启闭机; 液压系统; AMESim; 仿真

中图分类号: U641

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 08—0072—03

1 引言

船闸是内河航运常见的水工建筑物, 在航道存在阶梯性水位差的段落利用船闸的闸阀门可以调节闸室内水位差, 帮助船只通过闸室以起到保障上下游通航的作用。船闸的闸阀门是重要的挡水设施启闭机是开启或关闭闸阀门的驱动装置, 类似于起重机^[1]。启闭机主要有机械和液压两种驱动方式。现代内河船闸闸门形式有人字门、三角门和横拉门, 其中人字门和三角门主要以液压驱动为主, 横拉门主要依靠电机齿轮和齿条轨道驱动。

2 启闭机液压系统设计

目前省内常用的船闸三角门和人字门启闭装置多为液压系统控制。为了对启闭机液压系统进行设计仿真, 本文对船闸三角门启闭机液压系统进行研究, 以在建项目魏村枢纽扩容改建工程为研究对象。

2.1 工程概况

魏村船闸位于德胜河上, 为魏村水利枢纽重要组成部分。随着水路货运需求不断增长, 内河运输船型向大型化发展, 原船闸已无法满足通航需求, 需要扩容改造。改建的魏村双线船闸规模为 $180 \times 23 \times 4.0$ (m), 为Ⅲ级通航建筑物, 设计最大船型为 1000 吨级船舶。船闸承受双向水头作用, 最大正向设计水头为 3.81m, 最大反向设计水头为 -3.21m。上下闸首采用钢制弧形三角门, 阀门采用钢制提升平板门。闸阀门采用液压式启闭机驱动^[2]。

2.2 启闭机液压系统设计

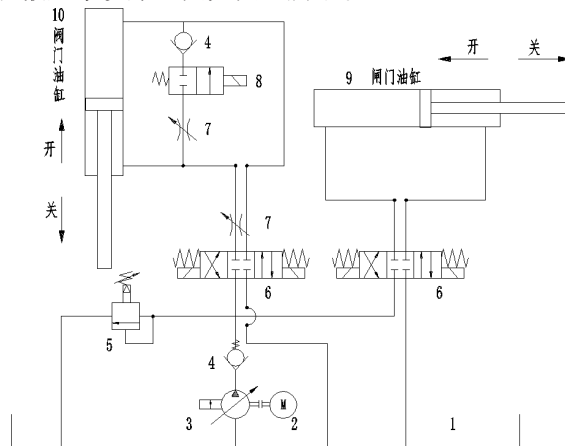
依据《船闸启闭机设计规范》等闸阀门启闭机设计规范及一般设计办法, 采用直推式液压机型。每个闸首一侧的闸门和阀门启闭机共用一台泵站控制系统。闸门启、闭时间均控制在 3min 以内, 阀门设置自落关门功能。

系统最大压力设定为 16Mpa, 超过系统最大压力则停止运行。启闭机液压系统主要设计参数见表 1。

表 1 启闭机主要设计参数表

工作行程 (mm)	闸门油缸	4560
	阀门油缸	3000
系统最大工作压力 (Mpa)	16.0	
油缸内径 D (mm)	闸门油缸	250
	阀门油缸	180
活塞杆外径 d (mm)	闸门油缸	180
	阀门油缸	180
电动机	P=15.0kW, n=1460r/min	
电比例泵	排量 46ml/r, p=35Mpa	

系统主油路采用一台变量泵供油, 由功率 15kW 的电动机驱动。闸门启闭油路和阀门启闭油路分别由两个三位四通电磁换向阀控制。阀门有杆腔油管外接可调节流阀, 用来控制阀门在下落过程中在重力作用下速度过快的情况。设计阀门自动下落的工况, 采用联通阀门油缸有杆腔和无杆腔的方式, 油管回路设置可调节流阀和单向阀, 用以控制自落过程中阀门下落速度过快的情况并确保油液从有杆腔流向无杆腔。在系统主油路设置溢流阀, 溢流压力设置为 16Mpa, 用来控制系统压力。启闭机液压系统原理图如图 1 所示。



1. 油箱 2. 马达 3. 液泵 4. 单向阀 5. 溢流阀 6. 三位四通换向阀
7. 节流阀 8. 二位二通换向阀 9. 闸门油缸 10. 阀门油缸

图 1 启闭机液压系统原理图

3 液压系统的建模与仿真分析

利用 AMESim 软件, 将已经初步设计完成的液压系统原理图转化为液压模型, 并依据各种工况设置参数, 进行仿真模拟, 分析液压系统运行情况及相应数据。

3.1 液压系统的 AMESim 模型建立

在 AMESim 软件中对启闭机液压系统建立模型。AMESim 软件的元件库, 包括液压系统库、液压组件库、机械元件库、信号元件库、电子元件库等等。船闸的闸阀门工况主要包括闸门启闭机的开启和关闭以及阀门启闭机的提升和下落。根据以上特点, 启闭机液压系统模型采用液压系统元件、机械元件和信号元件组成。

利用 AMESim 软件建立的液压系统模型^[3]与启闭机液压系统原理图基本一致。电磁换向阀通过信号元件控制, 闸门的开启和关闭承受水的阻力可以利用摩擦元件来模拟, 阀门的提升和下落的受力可以利用重力元件进行模拟。系统模型建立完毕后, 进入参数设置, 将油缸活塞直径、杆径、行程、电机转速、液压泵排量、溢流阀压力等参数进行预定义。AMESim 软件建立的液压系统模型如图 2 所示。

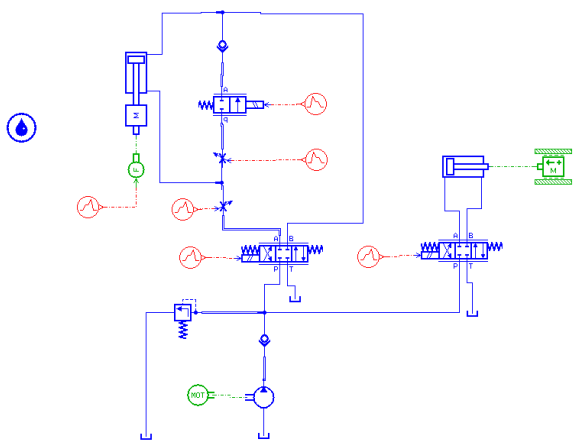
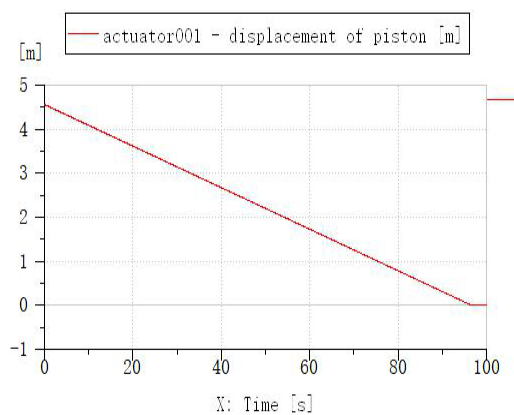


图 2 液压系统的 AMESim 模型

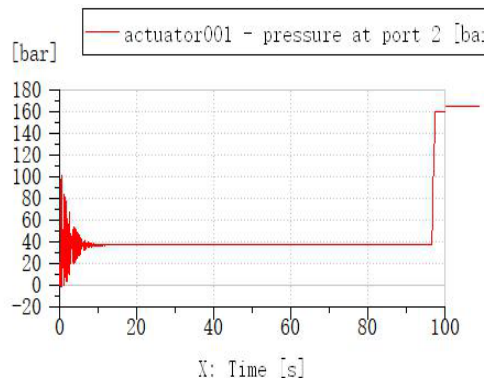
3.2 闸门开启和闭合的仿真与分析

对闸门的开启和闭合进行仿真, 根据闸门的设计要求, 闸门的启闭均控制在 3min 以内。因此, 在仿真模式下设置运行参数^[4], 设置仿真时间为 240s, 仿真步长 0.1s。

闸门在开启时, 控制闸门的换向阀处于左位, 控制阀门的换向阀不通电处于中位。信号控制元件输出为 40mA。对液压系统模型进行仿真, 结果如图 3 所示。



(a) 活塞运行情况



(b) 有杆腔压力曲线

图 3 闸门开启的仿真结果

闸门在关闭时, 控制闸门的换向阀处于右位, 控制阀门的换向阀不通电处于中位。信号控制元件输出为 -40mA。对液压系统模型进行仿真, 结果如图 4 所示。

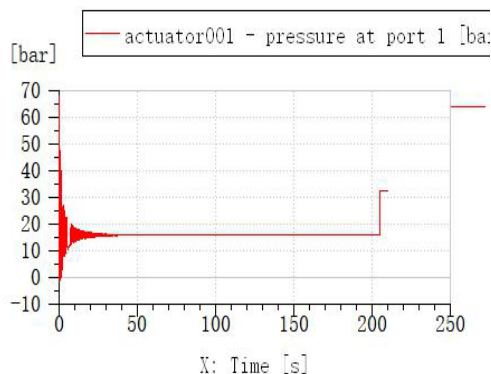


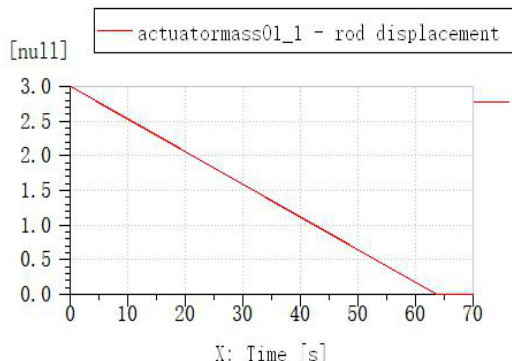
图 4 闸门关闭的仿真结果

根据仿真结果可知, 闸门在开启时在 100s 内完成动作; 有杆腔的压力一开始有波动, 随后稳定在 38bar 左右。闸门在关闭时在 210s 内完成动作, 比设计时间略慢; 闸门无杆腔压力一开始有波动, 随后稳定在 16bar 左右。

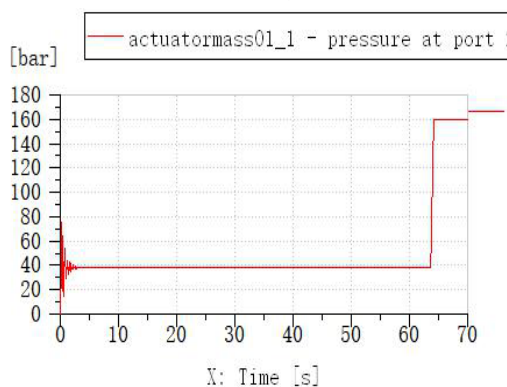
3.3 阀门提升和下落的仿真与分析

对阀门的提升和下落进行仿真。在仿真模式下设置运行参数, 设置仿真时间为 120s, 仿真步长 0.1s。

阀门在提升时,控制阀门的三位四通阀处于右位,二位二通阀处于左位以切断差动回路,信号控制元件输出为-40mA 结果如图 5 所示。



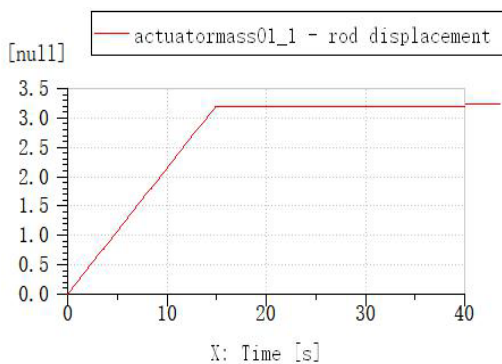
(a) 阀门位移情况



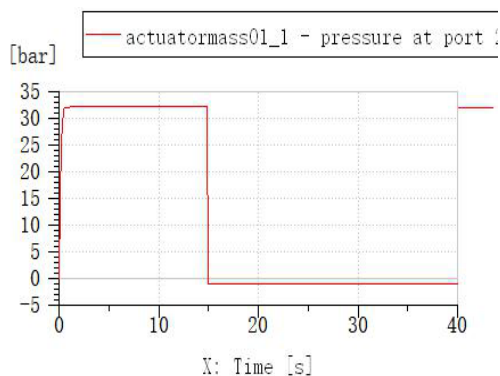
(b) 有杆腔压力曲线

图 5 阀门提升的仿真结果

阀门在自由下落的工况下,两个三位四通阀都不通电,二位二通阀通电换至有位形成差动回路。在回路中设置变量节流阀控制下落速度。利用单向阀控制差动回路中油液的流向^[5]。仿真结果如图 6 所示。



(a) 阀门位移情况



(b) 有杆腔压力曲线

图 6 阀门下落的仿真结果

据仿真结果可知,阀门在提升过程中用时较长,在 70s 内完成动作;阀门有杆腔的压力一开始有波动,随后稳定在 40bar 左右;活塞行程到终点,如果液压泵不停止运行,有杆腔压力继续增加,直至达到溢流压力。阀门在自落过程中用时较短,需要通过节流阀控制下落时间;阀门有杆腔下落过程中压力稳定在 32bar,下落完成后压力基本归零。

4 结论

本文对船闸启闭机液压系统进行设计,并利用 AMESim 软件进行模拟仿真。仿真结果可以证明,液压系统初步设计可以满足使用要求,仿真结果与实际运行情况基本吻合。在后续的深化设计过程中,可以增加流量传感器、溢流阀等增加压力稳定性,使用行程开关来控制液压泵的启闭,增加启闭机运行的平稳性。

参考文献:

- [1] 刘镇淮. 苏北运河人字门船闸液压系统可靠性分析 [J]. 中国水运, 2018, 18 (11): 85-86.
- [2] 戴科荣, 等. 船闸液压启闭机设计方案 [J]. 河南科技, 2015, 3 (2): 61-62.
- [3] 左英杰, 等. 基于 AMESim 稳罐装置液压系统设计与仿真分析 [J]. 机床与液压, 2019, 47 (22): 115-117.
- [4] 唐海斌, 等. 基于 AMESim 的换轨车液压系统振动仿真 [J]. 液压与气动, 2020, (10): 162-166.
- [5] 段惠玲, 等. 液控单向阀在液压系统回路中的合理设计 [J]. 液压气动与密封, 2018(1): 77-80.