

УДК:621.225

Лурье Зиновий Яковлевич¹, д.т.н., проф., Аврунин Григорий Аврамович², к.т.н, доцент, Воронков Александр Иванович², д.т.н. проф., Тесленко Эдуард Викторович², ассистент, Соловьев Владимир Михайлович³, к.т.н., Цента Евгений Николаевич¹, к.т.н, Мороз Ирина Ивановна², старш. преподаватель

¹ Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт,

² Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

³ Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А. А. Морозова

Динамика мехатронного объемного гидропривода впускного клапана пневмомотора

Аннотация. Разработана математическая модель объемного гидропривода толкателя впускного клапана пневмомотора гибридного двигателя автомобиля. В качестве привода толкателя использован гидрораспределитель с пропорциональным электромагнитным управлением. С помощью программы VisSim решены нелинейные дифференциальные уравнения динамики гидропривода и определены значения давления, развиваемого насосом, скорости и перемещения толкателя при его разгоне. Полученные максимальные значения давления позволяют оценить адекватность выбора параметров насосной установки гидропривода. Предлагаемый переход к построению замкнутой гидросистемы с обратной связью по перемещению толкателя привода впускного клапана позволяет полностью решить вопрос задания перемещения толкателя и точности его отработки.

Ключевые слова: Динамика мехатронного объемного гидропривода, впускной клапан пневмомотора, гидрораспределитель с пропорциональным электромагнитным управлением.

Одним из путей реализации современных требований по экологии является создание энергетических установок, в основу которых положены новые принципы использования энергии. Уменьшение запасов топлива минерального происхождения также требует поиска новых источников энергии и технологии ее использования [1]. При этом рассматриваются варианты решения этой проблемы путем перехода на альтернативные двигатели и виды топлива, включая использование в качестве рабочего тела сжатого воздуха. Поэтому в последнее время возросло количество научных исследований по использованию пневмодвигателей вращательного движения (пневмомоторов) на автотранспорте [2;3]. Создание комбинированных энергетических установок, использующих пневмомоторы и ДВС, не только удовлетворяют современным требованиям по экологии, но и существенно повышают экономичность транспортной установки. В ХНАДУ на кафедре ДВС создан экспериментальный образец одноцилиндрового пневмомотора на базе ДВС модели ЗМЗ-402. В качестве механизма управления впускным клапаном принят объемный гидропривод (ОГП) с электромагнитным пропорциональным управлением [4].

Целью настоящей статьи является разработка математической модели (ММ) ОГП толкателя впускного клапана пневмомотора, соответствующей режиму разгона толкателя для проведения последующего динамического анализа. Динамический анализ предусматривает исследование колебаний давления РЖ в ОГП, скорости и перемещения толкателя в зависимости от подаваемого гидрораспределителем расхода РЖ к толкателю привода впускного клапана с учетом характера изменения внешней нагрузки, сил инерции и трения, и учета сжимаемости РЖ (модуля упругости).

При построении ММ ОГП клапана принимаем плотность РЖ (ρ) постоянной, пренебрегаем утечками по толкателю гидроцилиндра, не учитываем волновые процессы в трубопроводах в связи с их небольшой длиной и давление на выходе из насоса принимаем постоянным [5].

Динамический анализ работы ОГП впускного клапана ДВС проводим на режиме его открытия, т.е при подаче расхода в полость толкателя. Целью моделирования пускового режима является анализ колебаний давления в ОГП и скорости толкателя в зависимости от времени открытия окна золотника гидрораспределителя. Такое моделирование позволяет сделать вывод о достаточности выбора насоса по рабочему давлению и оценить его долговечность, так как работа на давлении, превышающем номинальные по технической характеристике насоса, существенно влияет на его износ.

Для получения осциллограмм переходных процессов переменных давления p , скорости v , перемещения y , усилия F_c (внешней нагрузки со стороны возвратной пружины клапана), расхода от гидрораспределителя к толкателю клапана Q_p и хода золотника гидрораспределителя с пропорциональным электромагнитным управлением X_p в замкнутом ОГП, используем вычислительные блоки пакета VisSim. Эти блоки позволяют численным методом при дискретности интегрирования 10^{-4} с решить дифференциальные уравнения для расчета указанных переменных.

Исследование динамических характеристик в режиме пуска проводились для случаев учета и неучета сил вязкого и полусухого трения в золотниковом распределителе. В состав блоков VisSim вошел также имитационный модуль пропорционального гидрораспределителя в составе математической модели замкнутой системы, который улучшает динамические характеристики в части снижения числа колебаний и амплитуд давления, и дает возможность введения различных управляющих сигналов и повышая тем самым адекватность модели натурному объекту. Кроме того, в модель вводился эвристический модуль с постоянной и переменной составляющими нагрузки [6], с помощью которого можно существенно улучшить переходный процесс разгона толкателя впускного клапана пневмомотора.

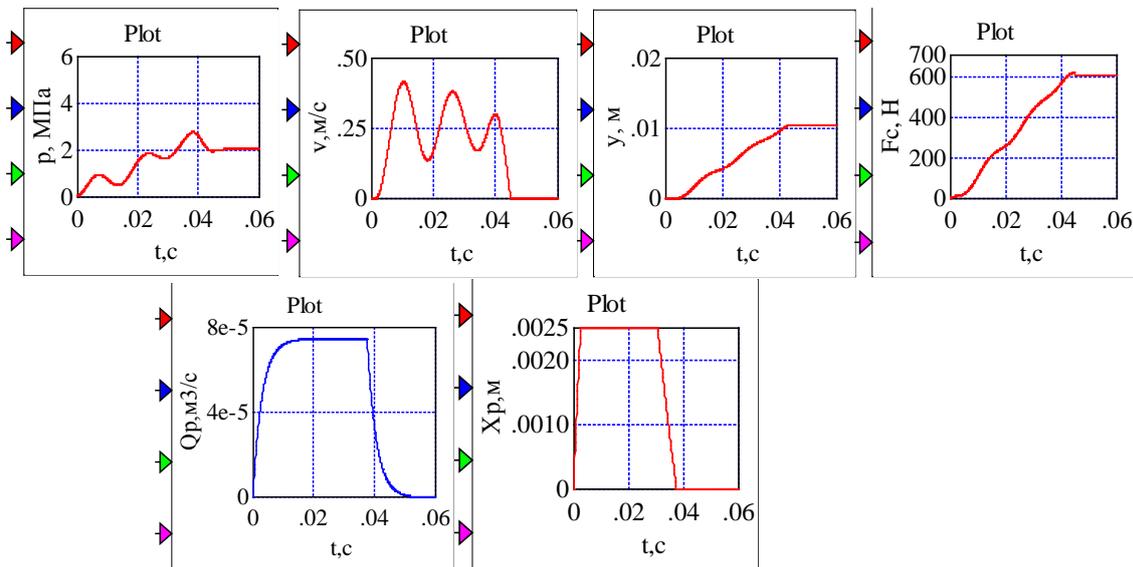


Рис. 1. Переходные процессы пуска толкателя ОГП и выхода на установившейся режим (останов): $p = 2,1$ МПа, $v = 0$, $y = 10,1$ мм, $F_c = 603,7$ Н, $Q_p = 0$ и $X_p = 0$

На Рис. 1 приведены осциллограммы динамических процессов гидропривода впускного клапана пневмомотора.

Реализация замкнутой гидросистемы по положению толкателя, связана с вводом электронного устройства управления, что в целом характеризует ОГП как мехатронный привод.

Выводы

1. Разработана нелинейная математическая модель объемного гидропривода впускного клапана пневмомотора с имитационным модулем гидрораспределителя с пропорциональным электромагнитом, и эвристическим модулем стадийности нагружения на режимах от холостого хода до номинального нагружения, открывает возможности для широкого комплекса исследований динамических задач. В первую очередь, это относится к пуску гидропривода, при котором под нагрузкой возникают негармонические, затухающие колебания давления в нагнетательной магистрали насоса со значительными начальными амплитудами.

2. Предложенный эвристический модуль в модели гидропривода впускного клапана позволяет реализовать научный поиск в виде подбора оптимального цикла работы толкателя пневмомотора.

3. Переход к построению замкнутой гидросистемы по перемещению толкателя привода впускного клапана позволяет полностью решить вопрос задания перемещения толкателя и точности его отработки.

4. Динамика гидропривода с использованием предложенной математической модели позволяет оценить адекватность выбора насосной установки исходя из определения расчетного экстремального значения давления при пуске и его сопоставлении с установившимся значением на рабочем режиме.

Список использованной литературы

1. Концепция создания пневматического двигателя для автомобиля: монография / А. И. Воронков, Д. Б. Глушкова, В. А. Карпенко и др. – Харьков: ХНАДУ, 2019. – 256 с.
2. Автомобили с комбинированным энергетическим приводом : обзор разработок за рубежом // Автостроение за рубежом. – 2002. – № 3. – С. 5 – 11.
3. Крайнюк О.І. Регульовані системи газорозподілу ДВЗ: монографія / О. І. Крайнюк. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. – 232 с.
4. Выбор схемы электрогидроавтоматики для управления впускным клапаном поршневого пневмодвигателя / А. И. Воронков, Г. А. Аврунин, И. Н. Никитченко и др. // Вестник ХНАДУ, Сб. научных трудов, выпуск № 78, 2017, с. 144-150.
5. Лурье З. Я. Динамика двухмерной системы управления мехатронного гидроагрегата навесным оборудованием трактора / З. Я. Лурье, Е. Н. Цента, А. И. Панченко. – Промислова гідроліка і пневматика, 2017, №3(57), с. 29–46.
6. Лур'є З.Я. Метод поліпшення динамічних характеристик процесу пуску об'ємного гідропривода з замкненим ланцюгом циркуляції робочої рідини / З. Я. Лур'є, В. Б. Самородов, Г.А. Аврунін, Є.Н. Цента // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Гідролічні машини та гідроагрегати: Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Hydraulic machines and hydraulic units: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-тет «Харків. політехн. ін-т. – Х.: – НТУ «ХПІ». – 2019. – № 2 (2019). – С. 68-76.