



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Робототехника и мехатроника»

Учебно-методическое пособие
по дисциплине
«Проектирование пневмогидравлических
модулей»

**«Построение модели
гидропривода и
исследование его динами-
ки в SimHydraulics (MATLAB)»**

Авторы
Ивацевич Ю.Б.,
Долгих А.В.,
Коробов И.А.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

В данном учебно-методическом пособии рассматривается вопрос создания модели электрогидравлического мехатронного модуля движения с помощью пакета SimHydraulics в среде Simulink/MATLAB (использовалась версия R2014a 8.3.0.532).

Предлагаемый стартовый пакет предлагает почти готовое решение, которое может быть доработано и использовано при построении новых моделей.

Учебное пособие позволяет исследовать динамические свойства гидравлических приводов, используя пакет SimHydraulics в среде Simulink/MATLAB и предназначено, в основном, для магистрантов, обучающихся по направлению 15.04.09 Мехатроника и робототехника.

Авторы

к.т.н., доцент, профессор каф. «РиМ» Ивацевич Ю.Б.,
магистрант 2 года обучения Долгих А.В.,
магистрант 2 года обучения Коробов И.А.





Оглавление

| | |
|------------------------------|----|
| Введение | 4 |
| Моделирование в MATLAB | 5 |
| Список литературы | 30 |

ВВЕДЕНИЕ

Базовыми функциональными элементами мехатронных и робототехнических систем являются мехатронные модули движения (ММД). Основная функция этих модулей состоит в осуществлении пространственного перемещения рабочих органов и исполнительных устройств по некоторой заранее заданной программой траектории и, как правило, остановке этих устройств с заданной точностью. Наряду с электромеханическими ММД в последнее время большое внимание уделяется разработке и внедрению электрогидравлических ММД, что особенно важно при наличии значительных нагрузок. Современные образцы технологического оборудования могут иметь в своем составе от одного до нескольких ММД.

Проектирование ММД требует использования сложного и дорогостоящего оборудования, проведения предварительных экспериментальных исследований. Для сокращения сроков проектирования прибегают к моделированию – методу, при котором элемент реальной системы или процесса заменяется его моделью. примерами таких CAE-пакетов для моделирования объектов и систем являются Simulink/MATLAB [2, 4], LMS Imagine AMESim [1], HyLib/Modelica [10], MapleSim [11] и некоторые другие. Расчет моделей производится, в основном, с помощью численных методов решения дифференциальных уравнений.

Данное учебное пособие знакомит с основами работы при построении новых моделей в программном пакете SimHydraulics в среде Simulink/MATLAB (использовалась версия R2014a 8.3.0.532). Предлагаемый стартовый пакет имеет почти готовое решение, которое может быть доработано и позволяет исследовать динамические свойства гидравлических приводов.

Моделирование в MATLAB

Для выполнения работ будем использовать пакет компьютерного моделирования MATLAB Simulink

В любом гидроприводе можно выделить следующие подсистемы: исполнительные гидродвигатели (гидроцилиндры, гидромоторы); подсистема изменения направления движения исполнительного двигателя (распределители); подсистема регулирования давления в системе (переливные, редукционные клапаны); подсистема питания гидропривода (регулируемые, нерегулируемые насосы); подсистема нагружения исполнительного двигателя (масса, крутящий момент, силы сопротивления); соединительные трубопроводы; датчики (перемещения, давления) [3, 6, 7, 9].

В качестве примера в стартовом пакете приведена классификация подсистем (рис. 1) и схема исследуемого гидропривода (рис. 2).

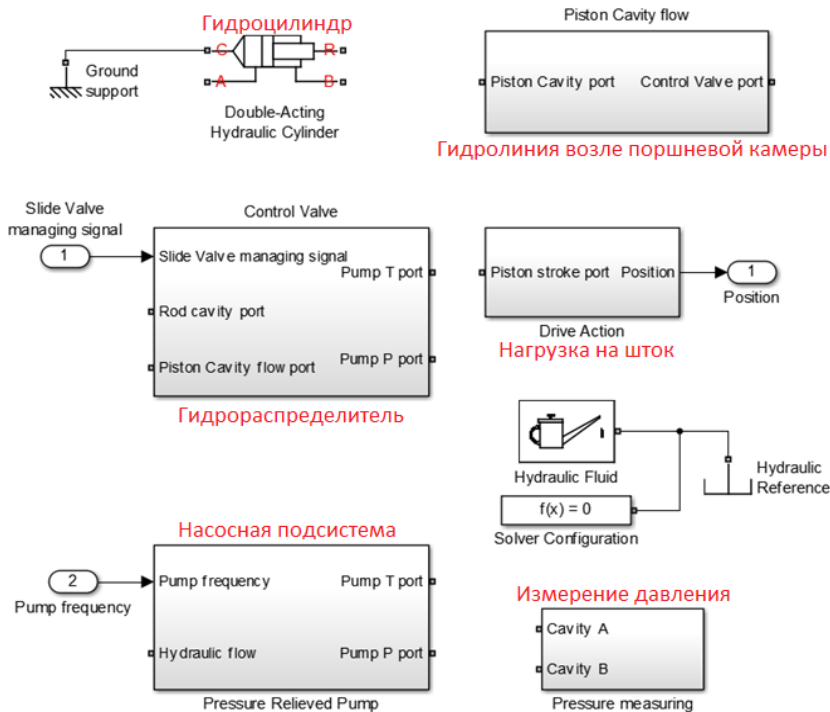


Рис 1. Основные модели подсистем гидропривода

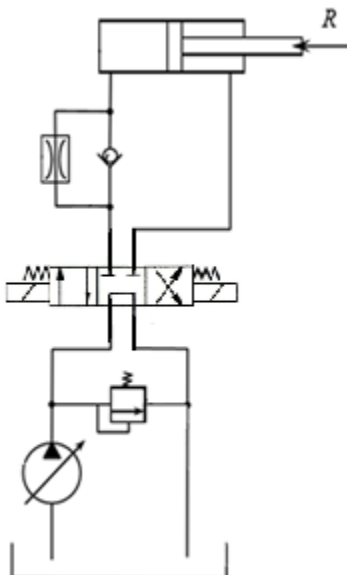


Рисунок 2. Схема исследуемого привода.

Статический расчет ГП

Рекомендуется перед началом моделирования выполнить ориентировочный расчет привода с целью определить исходные данные для моделирования: диаметр гидроцилиндра, величина хода, требуемая скорость перемещения, нагрузка на штоке. Это позволит найти исходные данные для формирования модели исследуемого привода. С этой целью по результатам ориентировочного расчета необходимо, пользуясь справочной литературой [8], выбрать стандартные размеры гидроцилиндра, типоразмеры распределителей и клапанов, тип насоса, диаметры трубопроводов с соответствующими характеристиками. Для исследования динамических свойств привода необходимо также задать диапазоны изменения исследуемых параметров (величины нагрузки, давления, скорости перемещения и т.п.), а также определить какие датчики необходимо встроить в исследуемую модель. Исходными данными задачи могут быть:

- максимальное выдвижение штока – 2 м
- перемещаемая масса – 2 т
- желаемая скорость перемещения вверх (скорость выдвижения штока): 0.03 м/с (1.8 м/мин).

Т.о., необходимо найти размеры гидроцилиндра (диаметры/площади поршня и штока), необходимый расход жидкости,

создаваемое в системе давление и т.д.

На основе требуемого значения хода поршня (2 м) по соответствующим таблицам [8] находим предпочтительное значение диаметра D поршня в поршневой камере – 200 мм.

Далее стоит определить минимально допустимый диаметр штока. Основным условием становится прочность на растяжения (сжатие):

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{max} \cdot n \cdot k}{\pi \cdot \sigma}},$$

где F_{max} - максимальная нагрузка на штоке; $k = 2$ коэффициент запаса по нагрузке; $n = 2$ запас прочности; σ - допустимое напряжение сжатия материала штока = 400 МПа.

Минимально допустимый диаметр штока составил 35.34 мм.

На основе ГОСТ 6540-68 можно подобрать диаметр штока (больший минимально допустимого). Здесь имеет смысл задуматься о том, какая скорость возвратного движения поршня приемлема. Исходя из соотношения

$$d = D \sqrt{1 - \frac{V_{up}}{V_{down}}},$$

где d – диаметр штока, D – диаметр поршня, V_{up} – скорость выдвижения поршня, V_{down} – скорость втягивания поршня, соответствующий ГОСТу диаметр штока в 63 мм позволяет получить скорость обратного движения – 2 м/мин. Такая скорость нас вполне устраивает.

Далее находим площади поршня в поршневой и штоковой камерах:

$$A_A = \frac{D^2}{127},$$

$$A_B = \frac{D^2 - d^2}{127}.$$

В нашем случае площадь поршня в поршневой камере составила 314.96 см², а в штоковой камере – 283,7 см².

Находим расход в поршневой и штоковой камерах при

выдвигании и втягивании штока:

$$QA_{up} = \frac{V_{up} \cdot D^2}{1270}$$

$$QB_{up} = \frac{V_{up} \cdot (D^2 - d^2)}{1270}$$

$$QA_{down} = \frac{V_{down} \cdot D^2}{1270}$$

$$QB_{down} = \frac{V_{down} \cdot (D^2 - d^2)}{1270},$$

где QA_{up} – расход в поршневой камере при выдвигании поршня, QB_{up} – расход в штоковой камере при выдвигании поршня, QA_{down} – расход в поршневой камере при втягивании поршня, QB_{down} – расход в штоковой камере при втягивании поршня, V_{up} – скорость прямого движения поршня, V_{down} – скорость обратного движения поршня, D – диаметр поршня, d – диаметр штока. Получили следующие значения: $QA_{up} = 56.7$ л/мин, $QB_{up} = 51$ л/мин, $QA_{down} = 63$ л/мин, $QB_{down} = 56.7$ л/мин.

Исходя из того, что в рассматриваемой задаче основная нагрузка приходится на выдвигание поршня (прямой ход), выбираем расход насоса – 56.7 л/мин. Тогда угловая скорость вала, равная отношению расхода насоса к его максимальному объему ($5e-6$ м³/рад), составит 189 рад/с.

Давление в насосе вычисляем следующим образом:

$$P_A = \frac{4 \cdot F_{max}}{\pi \cdot D^2 \cdot \eta} - \frac{D^2 - d^2}{D^2} \cdot \Delta P$$

$$P_{up} = P_A + \Delta P$$

$$P_B = \frac{4 \cdot F_{max}}{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \eta} + \frac{D^2}{D^2 - d^2} \cdot \Delta_P$$

$$P_{down} = P_B + \Delta_P$$

$$P_{max} = \max(P_{up}, P_{down})$$

$$P_{range} = ||P_{up} - P_{down}||$$

где P_A – давление в поршневой камере цилиндра, P_B – давление в штоковой камере цилиндра, P_{up} – давление в насосе при прямом движении поршня, P_{down} – давление в насосе при обратном движении поршня, P_{max} – максимальное давление в насосе (для регулируемого насоса), P_{range} – интервал регулирования давления в насосе (для регулируемого насоса), F_{max} – сила, создаваемая нагрузкой на штоке (19620 Н), D – диаметр поршня, d – диаметр штока, η – механический коэффициент цилиндра (0.98), Δ_P – суммарные потери давления (приняли за 0.5 МПа для каждого контура). Максимальное давление в насосе составило 1.8 МПа, интервал регулирования давления в насосе – 1 МПа. Номинальное давление насоса приняли как 16 МПа, что соответствует реальным характеристикам современной техники [5].

В прилагаемом стартовом пакете статический расчет описан в функции HDStaticComputation.m. Данная функция уже используется в инициализационном скрипте Hydraulic_Drive_model_investigation.m перед вызовом модели для расчета основных параметров.

Модель

Подробная методика формирования подсистем модели приведена ниже. Следует отметить, что в стартовом пакете параметры гидропривода уже заданы, но допускают их изменение при исследовании конкретного привода.

Для моделирования гидропривода [8, 9], представленного в стартовом пакете, понадобятся следующие узлы:

- Гидравлический цилиндр.
- Подсистема для моделирования нагрузки на шток цилиндра.
- Подсистема подачи/оттока жидкости к/от поршневой камеры.
- Подсистема, обеспечивающая управление гидрораспределителем.
- Насосная система.
- Гидробак.

Чтобы начать построение модели, необходимо:

- запустить MATLAB (использовалась версия R2014a 8.3.0.532),
- открыть Simulink Library Browser [2, 4, 6],
- создать новую пустую модель (желтый крест с надписью «New»/Simulink model).

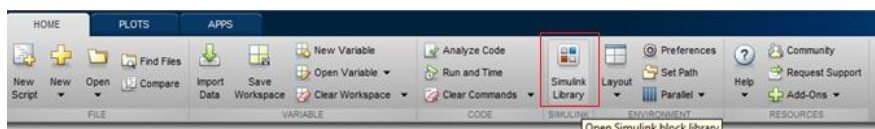


Рисунок 3 - Панель инструментов MATLAB. Simulink Library

В качестве гидравлического цилиндра используем Double-Acting

Hydraulic Cylinder [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**5].

Данный блок находится в Simulink Library, в разделе Simscape/SimHydraulics/Hydraulic Cylinders [04].

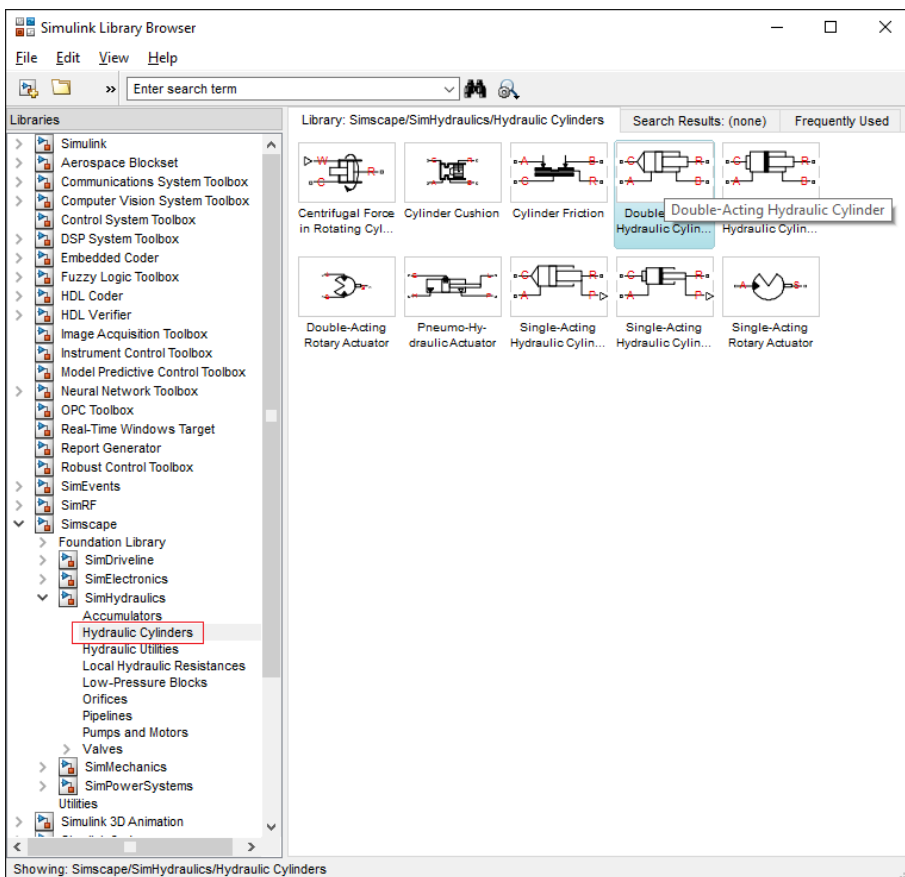


Рисунок 4 - Simulink Library Browser

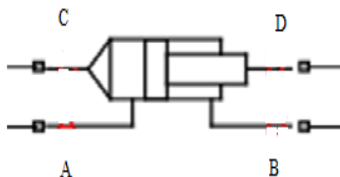


Рисунок 5 – Гидроцилиндр

Гидроцилиндр имеет 4 порта:

А – подача/отток жидкости в/из поршневую камеру

В – подача/отток жидкости в/из штоковую камеру

C – нагрузка, создаваемая самим цилиндром

D – нагрузка на штоке цилиндра

Двойной щелчок мыши по блоку открывает окно с его параметрами [0].

Block Parameters: Double-Acting Hydraulic Cylinder

Double-Acting Hydraulic Cylinder

This block represents a double-acting hydraulic cylinder. The model of the cylinder is constructed from the Translational Hydro-Mechanical Converter, and Translational Hard Stop blocks. The rod motion is limited with the mechanical Translational Hard Stop block.

Connections R and C are mechanical translational conserving ports corresponding to the cylinder rod and cylinder clamping structure, respectively. Connections A and B are hydraulic conserving ports. Port A is connected to converter A and port B is connected to converter B. The block directionality is adjustable and can be controlled with the Cylinder Orientation parameter.

Settings

Basic parameters Hard stop properties Initial conditions

| | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------|
| Piston area A: | 0.04 | m ² |
| Piston area B: | 0.0113094 | m ² |
| Piston stroke: | 2.5 | m |
| Dead volume A: | 1e-04 | m ³ |
| Dead volume B: | 1e-04 | m ³ |
| Specific heat ratio: | 1.4 | |
| Cylinder orientation: | Acts in positive direction | |

OK Cancel Help Apply

Рисунок 6 - Окно с параметрами блока гидроцилиндра

Для того, чтобы смоделировать нагрузку на штоке цилиндра, необходимо построить подсистему, изображенную на 0. Важно отметить, что в рассматриваемой модели цилиндр установлен вертикально на опору так, что поршневая камера оказывается внизу, штоковая –верху, а шток выдвигается/втягивается строго по вертикальной линии. Это позволяет упростить расчеты нагрузки на шток (на него действует сила тяжести, направленная вниз вдоль штока).

В реальности такая конструкция может представлять собой устройство для перемещения вверх/вниз небольшой платформы.

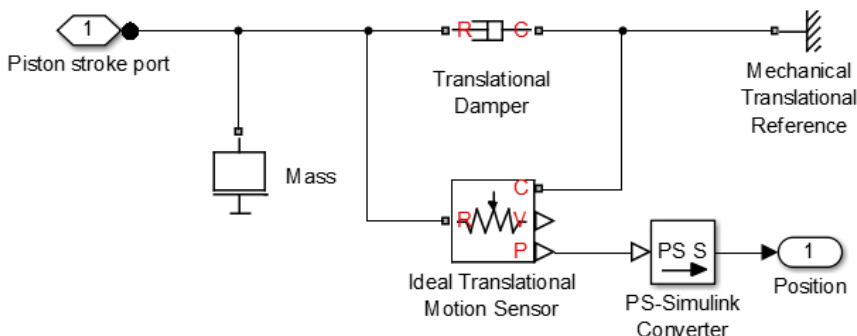


Рисунок 7 - Модель нагрузки на штоке гидроцилиндра

Блок Translational Damper (из Simscape/Foundation Library/Mechanical/ Translational Elements, 0) – это амортизатор, который упирается в неподвижную опору Mechanical Translational Reference (из Simscape/Foundation Library/Mechanical/Translational Elements). Данный амортизатор выполняет вспомогательную роль. Он необходим, для того чтобы измерить смещение штока цилиндра.

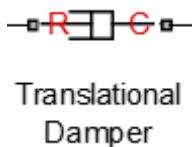


Рис.8 Амортизатор

Для измерения смещения к портам амортизатора параллельно подключаем блок Ideal Translational Motion Sensor (из Simscape/Foundation Library/Mechanical/Mechanical Sensors). Чтобы получить числовое значение смещения, физический сигнал с датчика конвертируем с помощью PS-Simulink Converter (из Simscape/Utilities).

Перед амортизатором помещаем нагрузку, блок Mass (из Simscape/Foundation Library/Mechanical/Translational Elements, 0).

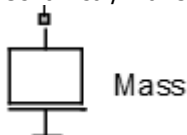


Рисунок 9 - Нагрузка

Для измерения давления в полостях цилиндра используется подсистема, изображенная на 0, основным элементом которой

является Hydraulic Pressure

Sensor (Simscape/Foundation Library/Hydraulic/Hydraulic Sensors, 0).

Поскольку этот датчик измеряет разность давления между двумя гидролиниями, используется бак с условно нулевым давлением.

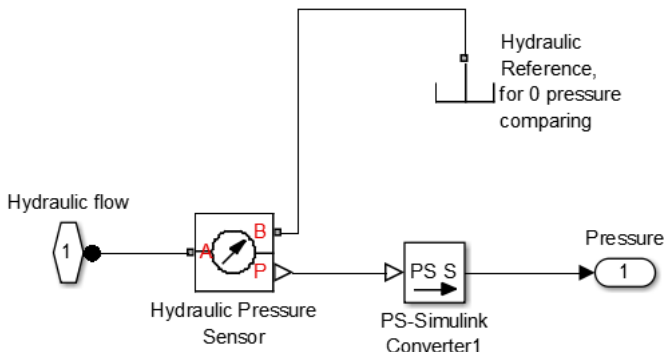


Рисунок 10 - Подсистема измерения давления в гидролинии

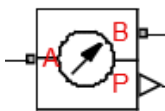


Рисунок 11 - Датчик давления

Для подачи/слива жидкости к/из поршневой камеры строим подсистему, изображенную на 0.

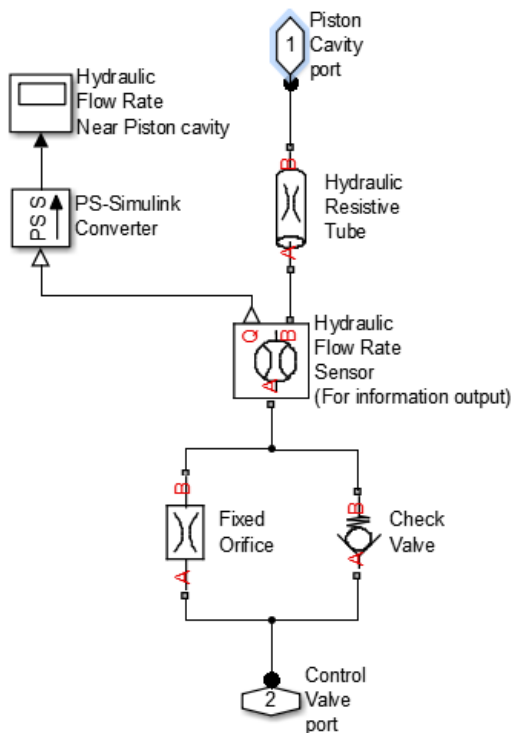


Рисунок 12 - Подсистема подачи/слива жидкости к/из поршневой камеры гидроцилиндра

Соединяем параллельно блокирующий клапан Check Valve (из Simscape/SimHydraulics/Valves/Directional Valves, 0) и дроссель Fixed Orifice (из Simscape/SimHydraulics/Orifices, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

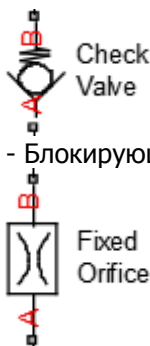


Рисунок 13 - Блокирующий клапан

Рисунок 14 - Дроссель

Клапан (Check Valve) открывается при движении жидкости к цилиндру, но будет заперт при обратном движении. Дроссель (Fixed Orifice) позволяет регулировать поток жидкости.

Элемент Hydraulic Resistive Tube (из Simscape/Foundation Library/Hydraulics/ Hydraulic Elements, рис. 15) необходим для того, чтобы учесть в системе потери в трубопроводе: внутренний диаметр трубы, длина, коэффициент геометрической формы, максимальное число Рейнольдса в ламинарном потоке, минимальное число Рейнольдса в трубопроводе и т.д.

За этим элементом следует выход из подсистемы – его необходимо соединить с поршневой камерой цилиндра. Остальные элементы необходимы лишь для вывода информации о состоянии данного блока.

За этим элементом следует выход из подсистемы – его необходимо соединить с поршневой камерой цилиндра. Остальные элементы необходимы лишь для вывода информации о состоянии данного блока.

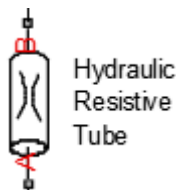


Рисунок 15 - Блок потерь в трубопроводе

Подсистема, обеспечивающая управление гидрораспределителем, представлена на рис.16.

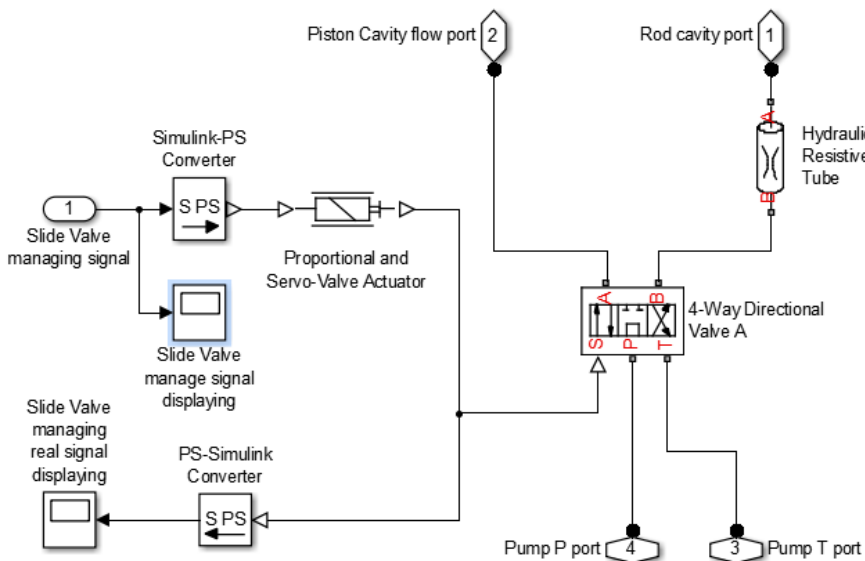


Рисунок 16 - Подсистема управления гидрораспределителем
В качестве гидрораспределителя выбираем 4-Way Directional Valve A (из Simscape/SimHydraulics/Valves/Directional Valves, рис. 17) – типа 4/3 (4 гидрوليнии, 3 позиции).

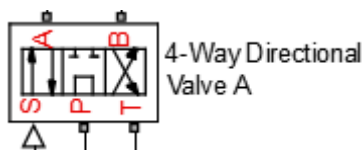


Рисунок 17- Четырехлинейный гидрораспределитель (SimHydraulics)

Его порты Р и Т подключаются к насосной системе, а порты А и В – к цилиндру. Принцип работы гидрораспределителя состоит в том, что с его помощью можно менять направление движения жидкости между насосной подсистемой и цилиндром [12]. Таким образом обеспечивается движение штока цилиндра в ту или иную сторону.

При отсутствии сигнала на порту S [0] все окна гидрораспределителя закрыты. Положительный сигнал, подаваемый на порт S, открывает окна P-A и T-B, что обеспечивает «прямое» течение жидкости. Отрицательный сигнал закрывает эти окна и открывает другие – P-B и T-A. Т.о., жидкость течет в «обратном» направлении. При этом используется дискретное управление: считается, что переключение позиций происходит почти моментально.

Управляющий сигнал с входа подсистемы конвертируется элементом Simulink-PS Converter (из Simscape/Utilities) и прежде чем быть поданным на управляющий вход гидрораспределителя проходит через блок Proportional and Servo-Valve Actuator (из Simscape/SimHydraulics/Valves/Valve Actuators, 08), который на основе желаемого сигнала генерирует более реалистичный сигнал, характерный для сервоприводов.



Proportional and
Servo-Valve Actuator

Рисунок 18 - Пропорциональный привод и привод сервоклапанов

В настройках гидрораспределителя выбираем параметризацию модели «по максимальной площади проходного сечения и положению запорно-регулирующего элемента» (By maximum area and opening). Таким образом, можно указать максимальную площадь проходного сечения полностью открытого отверстия гидрораспределителя (Valve passage maximum area), максимальное открытие гидрораспределителя (Valve maximum opening) и др.

Насосная подсистема представлена на рис. 19.

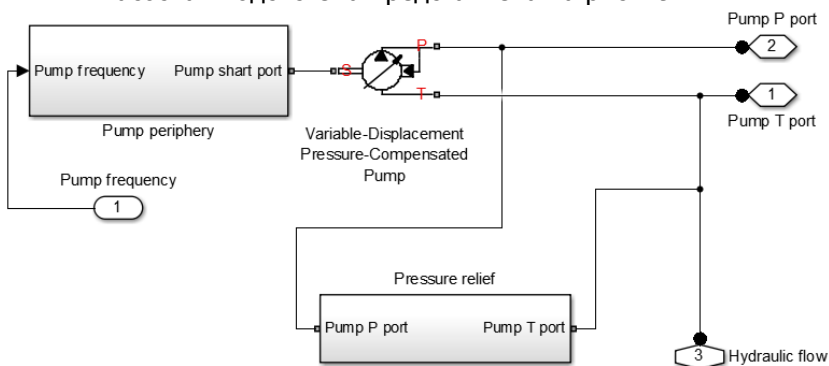


Рисунок 19 - Насосная подсистема

В качестве насоса выбираем Variable-Displacement Pressure-Compensated Pump (из Simscape/SimHydraulics/Pumps and Motors (рис.20,)), который представляет собой регулируемый роторный насос с компенсатором давления. При необходимости насос можно заменить на нерегулируемый. Основными параметрами для этого блока являются максимальный рабочий объем насоса, диапазон регулирования давления, объемный и полный коэффициенты полезного действия, номинальное давление и угловая скорость приводного вала насоса.

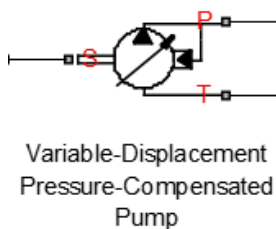


Рисунок 20 - Регулируемый насос

Порт Т соединяется с баком с жидкостью для всасывания, а от порта Р жидкость «толкается» к цилиндру, через дроссель и гидрораспределитель.

Управление (для всех насосов из SimHydraulics) происходит через механический вращательный порт S, связанный с приводным валом насоса.

Значение, подаваемое на этот порт, определяет направление вращения приводного вала гидромотора и его угловую скорость.

Для управления насосом используется небольшая подсистема, представленная на рис. 21.

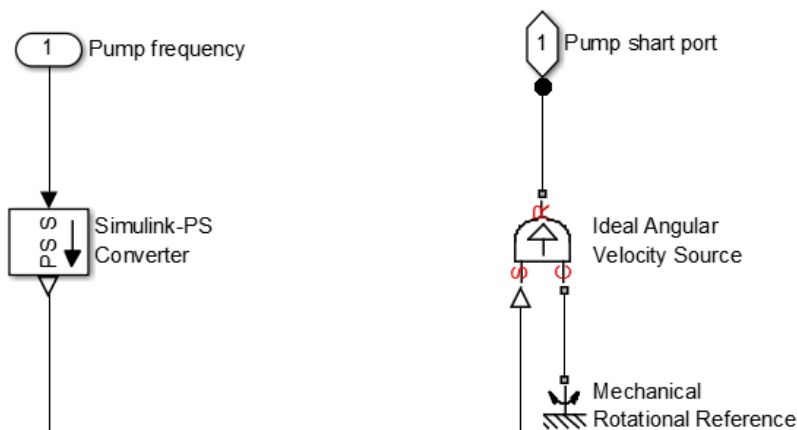


Рисунок 21 - Подсистема управления насосом

На вход подается частота вращения двигателя насоса. Конвертируемая в физический сигнал, она с помощью блока Ideal Angular Velocity Source (из Simscape/Foundation Library/Mechanical/Mechanical Sources), поставленного на опору для вращения, превращается в угловую скорость насоса.

На случай возникновения избыточного давления в системе используем предохранительный клапан [рис.22].

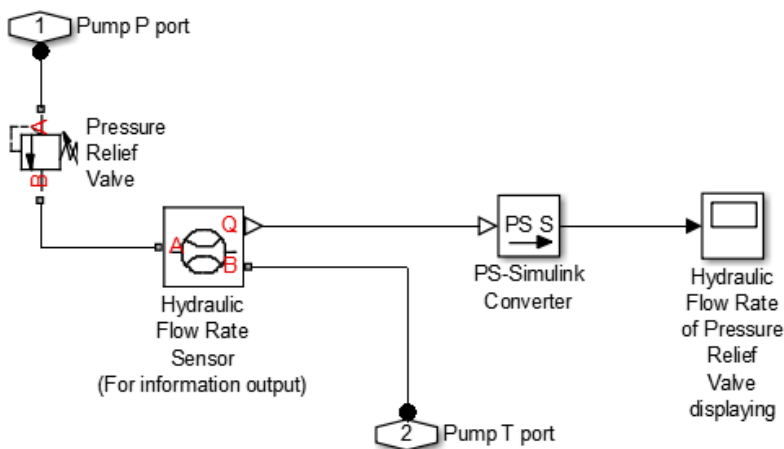


Рисунок 22 - Подсистема предохранительного клапана

Проектирование пневмогидравлических модулей

Предохранительный клапан – это блок Pressure Relief Valve (из Simscape/SimHydraulics/Valves/Pressure Control Valve, рис.23). Его параметрами являются значения максимальной площади проходного сечения, давления, при котором клапан начинает закрываться, диапазона регулирования клапана и др.



Рисунок 23 - Предохранительный клапан

Необходимо также добавить бак с гидравлической жидкостью Hydraulic Reference (из Simscape/Foundation Library/Hydraulics/Hydraulic Elements, рис. 24).

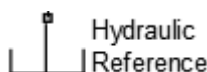


Рисунок 24 - Блок связи с атмосферой

Для того чтобы обеспечить функционирование системы необходимо добавить в модель блок Hydraulic Fluid (из Simscape/SimHydraulics/Hydraulic Utilities, рис. 25), который эмулирует поведение гидравлической жидкости.

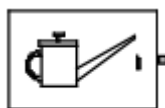


Рисунок 25 - Гидравлическая жидкость

Необходимо также добавить Solver Configuration (из Simscape/Utilities, рис. 26), блок, определяющий настройки параметров решателя для моделирования блочной диаграммы SimHydraulics.

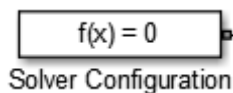


Рисунок 26 - Решатель

В качестве решателя рекомендуется использовать ode15s (stiff/NDF). Для его установки выберем соответствующий solver в панели конфигурирования модели [рис. 27] на вкладке Solver (рис. 28).

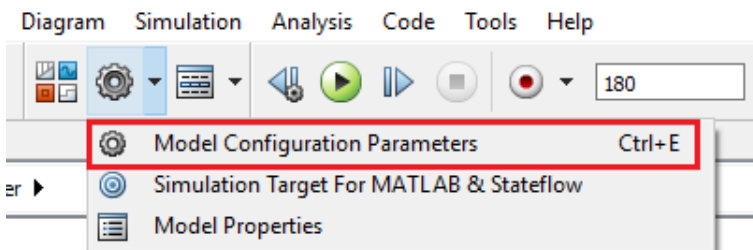


Рисунок 27 - Вызов панели конфигурирования модели

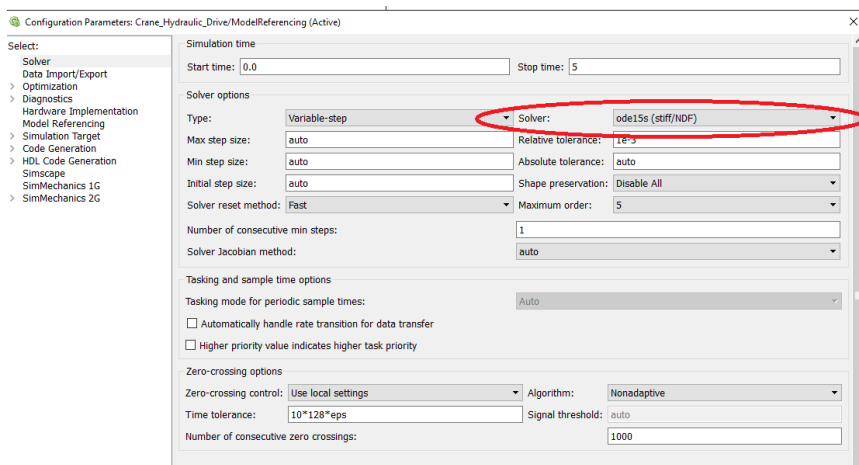


Рисунок 28 - Выбор решателя в конфигурации модели

На рис. 29 представлена полностью собранная модель.

Проектирование пневмогидравлических модулей

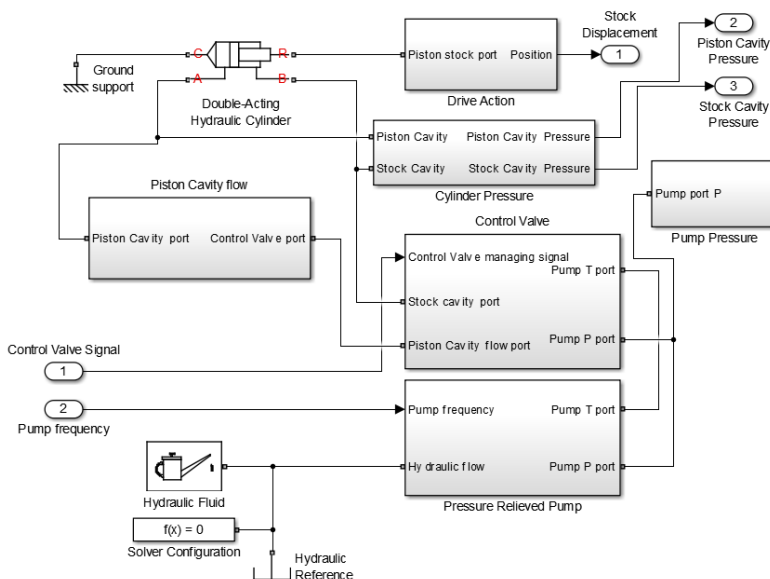


Рисунок 29 - Полностью собранная модель

Исследование динамики гидропривода

Вместе с электронной версией данной методички поставляется стартовый пакет (готовая модель в Simulink/MATLAB). Для запуска модели необходимо запустить скрипт `Hydraulic_Drive_model_investigation.m`.

Элементы модели, поставляемой в стартовом пакете параметризованы следующим образом:

- Цилиндр:
 - площади поршня:
 - камера A: 314.96 см²
 - камера B: 283,7 см²
 - длина штока: 2 м
- Нагрузка на шток (значение массы): 2 т
- Потери в трубопроводе:
 - внутренний диаметр: 0.02 м
 - форм-фактор: 64
 - длина: 1 м (2 блока по 0.5 м)
- Площадь сечения дросселя «обратного» хода перед поршневой камерой (A): 0.01 м²
- Блокирующий клапан перед поршневой камерой (A):
 - давление срабатывания: 30 кПа

- максимальное давление открытия: 17.5 МПа
- Гидрораспределитель:
 - максимальная площадь проходного сечения полностью открытого отверстия гидрораспределителя (Valve passage maximum area): 0.5 см^2
 - максимальное открытие гидрораспределителя (Valve maximum opening): 5 мм
- Насос:
 - максимальный рабочий объем насоса: $5 \text{ см}^3/\text{рад}$
 - объемный КПД насоса: 0.95
 - максимальное давление: 1.8 МПа
 - диапазон регулирования давления: 1 МПа
- Предохранительный клапан насосной подсистемы:
 - площадь сечения: 1 см^2
 - давление, при котором клапан открывается максимально: 1 МПа
 - диапазон регулирования клапана: 0.4 МПа

Главная модель (Hydraulic_Drive_wrapper.slx) [рис. 30] содержит блок, формирующий управляющий сигнал гидрораспределителя, а также – блок с угловой скоростью насосной системы гидропривода. Т.о., 2 эти величины являются базовыми для вложенной модели (Hydraulic_Drive.slx) [рис. 29] и подаются на её вход. Выходом вложенной модели (как это видно из рис. 30) является сигнал, описывающий перемещение штока поршня гидроцилиндра.

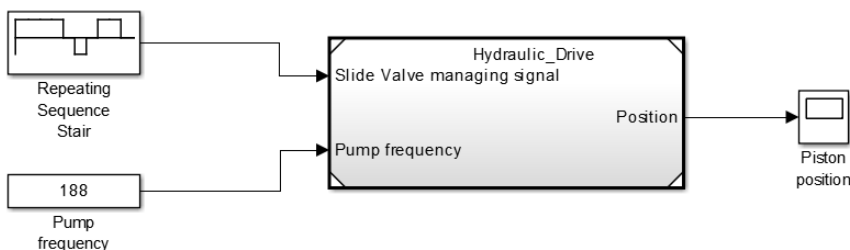


Рисунок 30 - Главная модель для исследования динамики гидропривода

Допустим нам необходимо обеспечить перемещение штока вверх на определенное расстояние (н-р, до упора – в нашем случае – на 2 м), задержаться на некоторое время, опуститься вниз, опять подождать и подняться снова. Т.о., нам следует сформиро-

вать соответствующий управляющий сигнал. Для этого мы выбираем дискретность нашего сигнала (параметр Sample time блока «Control Valve Managing Signal»), согласуемую с общим временем симуляции. Предлагаемое время симуляции – 200 секунд, а Sample time можно выбрать, равный 20 секундам. Тогда управляющий сигнал будет состоять из нескольких импульсов с положительным значением (0.01), отсутствующего импульса (0), нескольких импульсов с отрицательным значением (-0.01) и т.д. В нашем случае сигнал, управляющий переключением контуров (сменой позиции гидрораспределителя) может иметь следующий вид: [0.01 0.01 0.01 0 -0.01 -0.01 -0.01 0 0.01 0.01 0.01].

Частота вращения насоса: 189 (rad/s). Этот параметр определяет производительность насоса.

Во время симуляции получим управляющий сигнал, представленный на рис. 31. Данный график можно увидеть, открыв блок «Slide Valve manage signal displaying» в подсистеме «Control Valve» вложенной модели «Hydraulic_Drive.slx». Как можно увидеть из графика, в течение 60 секунд на гидрораспределитель подается положительный импульс (обеспечивается выдвижение штока), после чего на 20 секунд импульс отсутствует (средняя позиция гидрораспределителя, при которой жидкость осуществляет движение по малому контуру, минуя камеры гидроцилиндра), затем – 60 секунд отрицательного сигнала (втягивание штока), 20 секунд отсутствия импульса и 60 секунд положительного импульса.

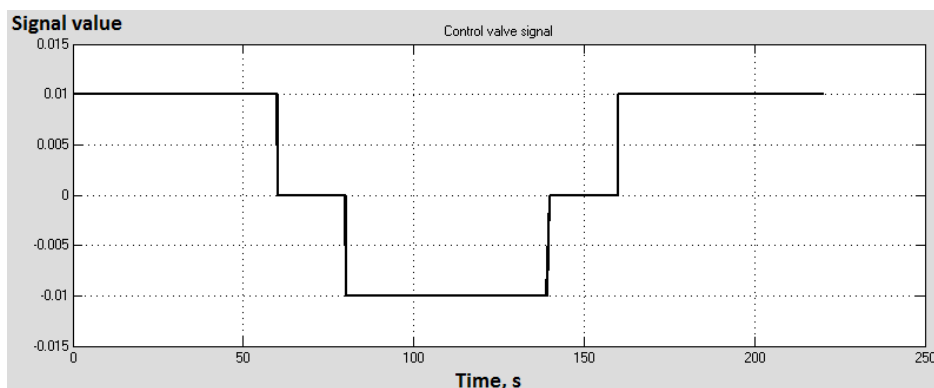


Рисунок 31 - Сигнал управления гидрораспределителем

Время симуляции можно задавать в верхней панели инструментов окна Simulink модели [рис. 32].

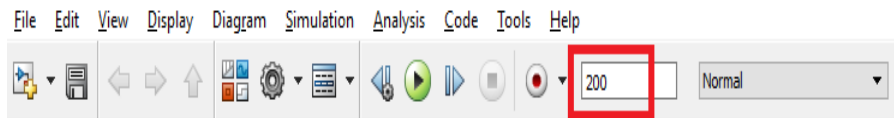


Рисунок 32 - Задание времени симуляции

Соответствующий график движения штока цилиндра представлен на рис. 33. Данный график можно увидеть, открыв блок «Stock Displacement displaying» главной модели «Hydraulic_Drive_wrapper.slx».

Для исследования динамики полученного гидропривода необходимо менять значения (в некотором диапазоне) следующих параметров блоков модели:

- Цилиндр:
 - площади поршня (для камер А и В)
 - длина штока
- Нагрузка на штоке (значение массы)
- Потери в трубопроводе
- Площадь сечения дросселя «обратного» хода перед поршневой камерой (А)
- Блокирующий клапан перед поршневой камерой (А)

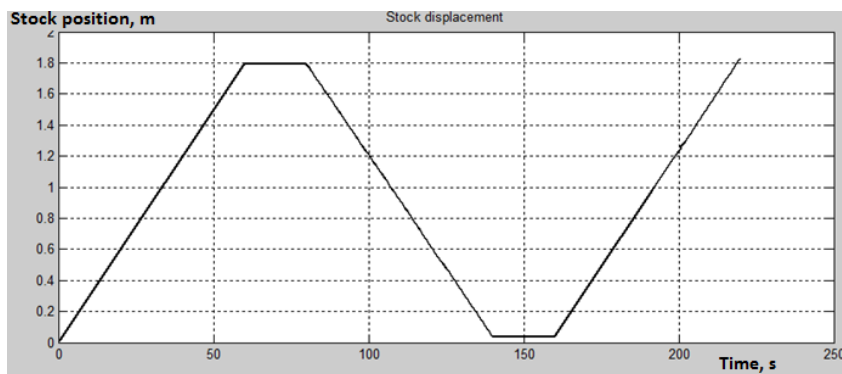


Рисунок 33 - График движения штока цилиндра из модели стартового пакета

- Гидрораспределитель:
 - максимальная площадь проходного сечения полностью открытого отверстия гидрораспределителя (Valve passage)

maximum area)

- максимальное открытие гидрораспределителя (Valve maximum opening)
- сигнал, управляющий сменой позиции гидрораспределителя

- Насос:

- производительность насоса
- максимальный рабочий объем насоса
- диапазон регулирования давления

Предохранительный клапан:

- площадь сечения
- давление, при котором клапан открывается

и т.д.

Допустим, нам необходимо изменить параметры блока гидроцилиндра. Два клика по блоку цилиндра открывают окно с параметрами блока [рис. 34].

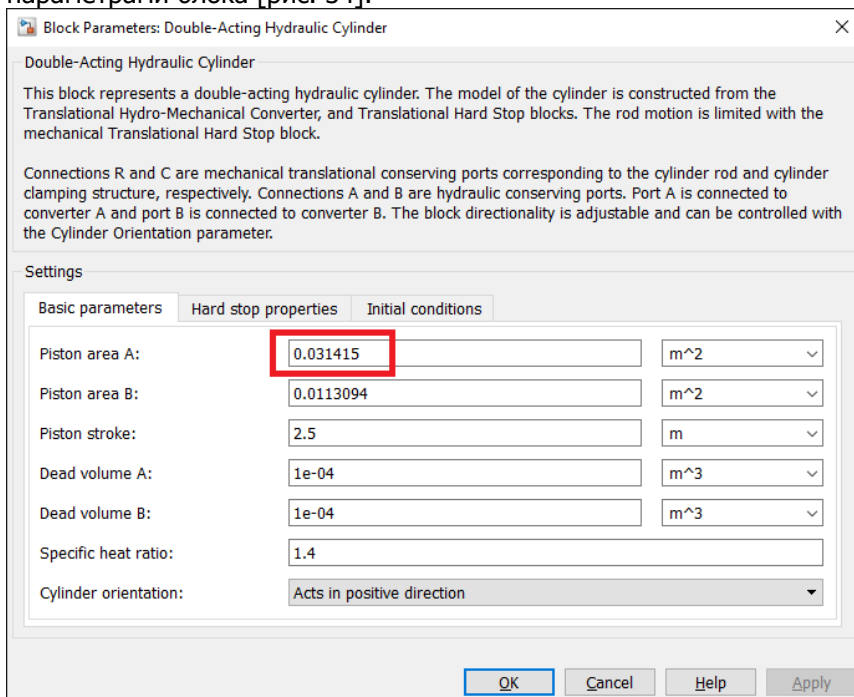


Рисунок 34 - Окно параметров блока цилиндра

Увеличим площадь диаметр поршня в поршневой камере цилиндра до 250 см². И запустим симуляцию. В результате полу-

чим график движения штока цилиндра, представленный на рис. 35. Данный график можно увидеть, открыв блок «Stock Displacement displaying» главной модели «Hydraulic_Drive_wrapper.slx».

Очевидно, что на этот раз график более пологий и с тем же управляющим сигналом не успевает достичь 2 м. Причина проста: объем цилиндра увеличился и, т.к. требуется больше гидравлической жидкости, а скорость её подачи в цилиндр осталась прежней, перемещение поршня происходит медленнее.

Модель, поставляемая в стартовом пакете, снабжена блоками типа Scope, содержащие графики динамики состояния той или иной подсистемы. Наблюдение за ними позволит получить детальное представление о динамических свойствах полученного гидропривода.

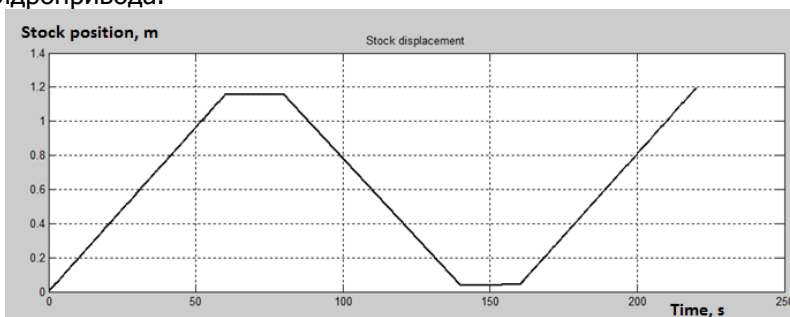


Рисунок 35 - График движения штока цилиндра с измененными параметрами

Допустим, мы хотим проследить работу предохранительного клапана. В насосной подсистеме находим соответствующий блок. К порту В этого клапана подсоединен датчик. Этот датчик имеет вывод на scope-блок, двойной клик по которому откроет окно с показаниями датчика. [рис. 36]. Данный график можно увидеть, открыв блок «Hydraulic Flow Rate of Pressure Relief Valve displaying» в подсистеме «Pressure Relieved Pump/Pressure relief» вложенной модели «Hydraulic_Drive.slx».

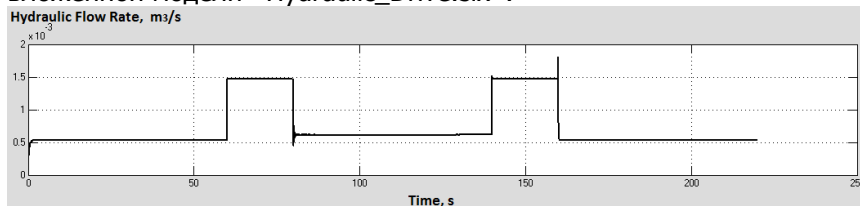


Рисунок 36 - Показания датчика предохранительного клапана

Для измерения давления в полостях цилиндра к его соответствующим портам параллельно можно подключить специальные датчики. Графики давления можно увидеть, открыв блок «Pressure» в подсистеме «Cylinder Pressure» вложенной модели «Hydraulic_Drive.slx».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гимадиев, А.Г. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / А.Г. Гимадиев, П.И. Грешняков, А.Ф. Синяков. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014. — Режим доступа: <http://www.ssc.smr.ru/media/publications/978-5-93424-722-6.pdf>, свободный (дата обращения: 25.12.2016). — Загл. с экрана.
2. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. – СПб: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.: ил.
3. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебник. Ч. 2. Гидравлические машины и гидропневмопривод / Под ред. А.А. Шейпака. – М.: МГИУ, 2003. – 352 с.
4. Моделирование и визуализация движений механических систем в MATLAB: Учебное пособие / В.С. Щербаков, М.С. Коротов, А.А. Руппель, В.А. Глушец, С.А. Милушенко. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 84 с.
5. Никитин О.Ф. Некоторые вопросы статического расчета при проектировании высокоэффективного объемного нерегулируемого гидропривода: эл. науч.-техн. ж-л «Инженерный вестник», 6 июня 2014, МГТУ им. Баумана. – с.8-24. — Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/716022.html>, свободный (дата обращения: 25.12.2016). — Загл. с экрана.
6. Руппель А.А., Сагандыков А.А., Коротов М.С. Моделирование гидравлических систем в MATLAB: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172 с.
7. Свербилов В.Я. Гидропривод и гидравлические средства автоматики: учеб. пособие / В.Я. Свербилов, А.Б. Прокофьев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 126 с.
8. Свешников В.К., Станочные гидроприводы: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1995. – 448 с.: ил. (Б-ка конструктора)
9. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебное пособие. Ч.1. Основы механики жидкости и газа. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГИУ, 2003. –192 с.
10. Beater P. Modeling and Digital Simulation of Hydraulic Systems in Design and Engineering Education using Modelica and HyLab. – Modelica Workshop 2000 Proceedings, pp. 33-40. — Режим

доступа:

<https://modelica.org/events/workshop2000/proceedings/Beater.pdf>, свободный (дата обращения: 25.12.2016). — Загл. с экрана.

11. MapleSim. Hydraulic Library Overview. — Режим доступа: <http://www.maplesoft.com/support/help/MapleSim/view.aspx?path=componentLibrary/hydraulic/overview>, свободный (дата обращения: 25.12.2016). — Загл. с экрана.

12. Valery Tchkalov, Steve Miller. Parameterization of Directional and Proportional Valves in SimHydraulics, MathWorks. — Режим доступа:

https://www.mathworks.com/tagteam/63032_Parameterization_Valve_Models_SimHydraulics_PDF.pdf, свободный (дата обращения: 25.12.2016). — Загл. с экрана.