



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые
процессы»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

«Имитационное моделирование и разработка систем управления»

Автор
Антоненко В.И.

Ростов-на-Дону, 2014



Аннотация

Дана обобщенная методика разработки и исследования систем управления с использованием Simulink-моделей и задания к расчетной работе.

Для студентов 4 курса направления 141100 Энергетическое машиностроение профиль "Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника" всех форм обучения по дисциплине «Системы управления энергомашинами»

Автор

канд. техн.наук, доц. В.И.Антоненко





Оглавление

1. Цель работы	4
2. Основные теоретические положения	4
3. Задачи работы	7
4. Методика выполнения работы.	10
5. Требования к оформлению работы	12
6. Литература	12



1. Цель работы

Изучение на практике метода проектирования и исследований систем управления энергомашинами с использованием Simulink-моделей.

2. Основные теоретические положения

Нерегулируемые насосы широко используются в качестве энергомашин автоматизированных устройств машин и механизмов, работающих в режиме стабилизации, слежения или по заданной программе. Регулирование расхода жидкости подаваемого потребителю от нерегулируемого объемного насоса может быть реализовано путем установки в контуре потребителя регулируемых дросселирующих устройств, сопротивление которых может меняться либо оператором, либо автоматически по определенному закону от систем управления или при использовании системы частотного регулирования асинхронного двигателя, приводящего в движение нерегулируемый насос.

Основой многих автоматизированных систем является электромагнит, наиболее простой преобразователь электрического сигнала в механическое усилие и перемещение.

Электромагниты дискретного действия, снабженные контактной системой, называются электромагнитными реле. Они являются основой систем управления, выполненных на элементах с жесткой логикой с управлением по пути, нагрузке и времени. По конструктивному исполнению реле подразделяются: с якорем клапанного типа, втяжным и поворотным якорем. Применяются однообмоточные реле с группой контактов и многообмоточные реле с одним контактом. Электромагнитные реле обычно используют для коммутации цепей с током от долей ампера до нескольких ампер. Для коммутации электрических цепей с током от десяти до нескольких сотен ампер применяют специальные реле контакторы.

Для управления работой трехфазных асинхронных электродвигателей используются специальные контакторы - магнитные пускатели.

Электромагнитные реле в системах управления, блокировки, сигнализации обычно выполняют логические функции. Входные сигналы поступают на обмотку реле от специальных управляющих устройств пусковых клапанов, конечных и проходных выключате-



Имитационное моделирование и разработка систем управления

лей, датчиков положения и давления, реле давления, счетчиков циклов и т.д. Управляющие устройства являются различного типа преобразователями сигналов и позволяют осуществить тот или иной способ управления электромагнитным реле. Ключи и кнопки обычно используют для пуска систем и ручного управления ими. Датчиками положения, давления, реле давления, концевые и промежуточные выключатели, счетчики циклов позволяют обеспечить автоматический переход от одного элемента цикла работы к другому.

Высокое качество средств управления с жесткой логикой способствует их широкому внедрению в промышленность. В то же время они имеют недостатки, затрудняющие решение сложных задач управления, особенно гибкого, введение новых функций, решение задач оптимизации процессов, диагностирования и ремонта. Устройства программируемой логики лишены этих недостатков. К этим устройствам относятся микропроцессоры и построенные на их основе микро-ЭВМ и программируемые контроллеры и реле. При использовании в системе управления программируемого контроллера или реле исполнительные механизмы и датчики соединяются через модули ввода-вывода контроллера или реле. Порядок соединения исполнительных механизмов и датчиков с входами и выходами контроллера не играет роли. Связи входных и выходных сигналов задаются программой, которая записана в память контроллера и под управлением которой процессор реализует необходимый алгоритм управления. Программа представляет собой последовательность команд, каждая из которых содержит сведения об исходной информации и методе ее обработки. При обработке информации происходит опрос модулей ввода-вывода, запись или чтение данных из памяти, логические или математические операции, проверки и изменения порядка операций в зависимости от выполнения различных условий. Процессор выполняет операции последовательно в соответствии с шагами алгоритма управления[5].

До настоящего времени процесс проектирования такого типа систем опирался на эксперимент, в большей степени это так остается и сегодня. Однако дальнейшее повышение качества разработки и исследования систем управления ЭМ при одновременном сокращении сроков и затрат возможно только при использовании современных методов имитационного моделирования. [1,2].

Для математического моделирования и исследований комбинированных по источникам энергии систем целесообразно ис-



Имитационное моделирование и разработка систем управления

пользовать программное обеспечение Simulink. Simulink это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы. Simscape – это основная библиотека Simulink для моделирования объектов различной физической природы. Она позволяет создавать модели гибридных мультидоменных объектов в виде принципиальных схем, элементов и соединений, реальных физических величин с учетом единиц измерения, служит основой для моделирования в Simulink электросиловых, механических и гидравлических объектов. Библиотека расширяется специализированными пакетами SimMechanics, SimDriveline, SimHydraulics и позволяет строить модели сложных гибридных мультидоменных объектов для различных задач анализа, в том числе для разработки цифровых систем управления.

SimHydraulics – это среда моделирования для инженерного проектирования и имитации гидравлических систем в Simulink и MATLAB. Оно содержит полную библиотеку гидравлических блоков, которая является расширением Simscape-библиотек базовых гидравлических, электрических и механических вспомогательных блоков.

Программное обеспечение SimHydraulics позволяет анализировать переходные процессы в гидромеханических системах. Можно использовать блоки высокоуровневых библиотек или можно модернизировать стандартные блоки из программного обеспечение SimHydraulics. SimHydraulics позволяет конструировать гидросистемы, не входящие в эти библиотеки. Программное обеспечение SimHydraulics разработано специально, чтобы охватить сценарии моделирования с гидравлическими системами, являющимися частью системы управления. Оно также подходит для систем, которые допускают как сосредоточенные, так и распределенные параметры. К достоинствам реализации моделирования гидравлических систем при помощи SimHydraulics в Simulink могут быть отнесены простота создания моделей, наглядность и высокая скорость вычислений при моделировании систем с большим числом элементов.

В отличие от большинства других блоков Simulink, которые выполняют математические действия или обрабатывают сигналы, блоки SimHydraulics представляют собой непосредственно элементы гидросистем или связи между ними. При этом набор стандартных блоков достаточно широк и позволяет моделировать практически любые гидравлические системы. позволяя разработ-



Имитационное моделирование и разработка систем управления

чикам систем имитировать взаимосвязанную работу контроллеров и остального оборудования.

С помощью продукта SimHydraulics инженеры могут рассчитать давление и напор жидкости в системах, построенных на базе стандартных и нестандартных компонентов. Предлагаемые инструменты позволят смоделировать преобразование гидравлической энергии в крутящий момент, приводящий в действие различные механизмы, а также оценить эффект, вызванный срабатыванием того или иного блока.

Таким образом, пакет SimHydraulics позволяет решать задачи статики, кинематики и динамики различных гидравлических систем [3].

Программное обеспечение SimHydraulics разработано в предположении, что температура текучей среды остаётся постоянной в течение временного интервала моделирования, и эта температура должна быть установлена как параметр вместе с относительной величиной нерастворённого воздуха. Для получения максимально точных результатов в состав SimHydraulics добавлена библиотека распространенных рабочих жидкостей

3. Задачи работы

3.1 Реализовать приведенную на рис.1 гидравлическую Simulink-модель управления параметрами насоса, являющегося составной частью автоматизированной системы, работающей по циклу: быстрый подвод - движение вправо; рабочий ход - движение вправо; быстрый отвод – движение влево. Регулирование расхода жидкости, подаваемого потребителю от нерегулируемого объемного насоса в данной модели реализовано путем установки в контуре потребителя регулируемого дросселя Fixed Orifice 1 и напорного гидроклапана Pressure Relief Valve (рис.1).

Для реализации системы частотного регулирования асинхронного двигателя, приводящего в движение нерегулируемый насос, Simulink-модель управления разработать самостоятельно[2].

3.2 В работе привести математическое описание функционирования используемых блоков разработанной Simulink-модели.

3.3 Предварительно, по величине давления в поршневой полости гидроцилиндра определить значение внешней нагрузки для рабочего хода; величина нагрузки при быстрых перемещениях составляет 0,15 от нагрузки рабочего хода, а длина рабочего хода равна половине полного хода.



3.4 Параметры блоков Simulink-модели системы управления параметрами насоса не заданные в исходных данных установить самостоятельно, исходя из эксплуатационных параметров.

3.5 Графики изменения управляющего сигнала на гидрораспределителях, задаваемые на блоках Controller, Controller2 и график изменения внешней нагрузки на штоке гидроцилиндра, задаваемый на блоке Controller1 рассчитать самостоятельно исходя из производительности насоса величин полного и рабочего хода и эффективных площадей цилиндра.

3.6 Подобрать сопротивление дросселя Fixed Orifice 1, при котором будет обеспечено движение поршня гидроцилиндра в режиме рабочего хода со скоростью в два раза меньше скорости быстрого подвода;

3.7 Исследовать в соответствии с вариантом задания исходных данных, приведенных в Таблице, работу системы и проанализировать динамические характеристики системы;

3.8 В работе привести графики изменения рабочих параметров для всех элементов цикла, вместе с графиком изменения управляющего сигнала на гидрораспределителях и графиком изменения внешней нагрузки на штоке гидроцилиндра (пример приведен на рис.2).

3.9 Разработать ,привести в пояснительной записке к работе и описать принципиальную электрическую схему системы управления параметрами насоса, выполненную на элементах с жесткой или программируемой логикой с управлением по пути от конечных выключателей.

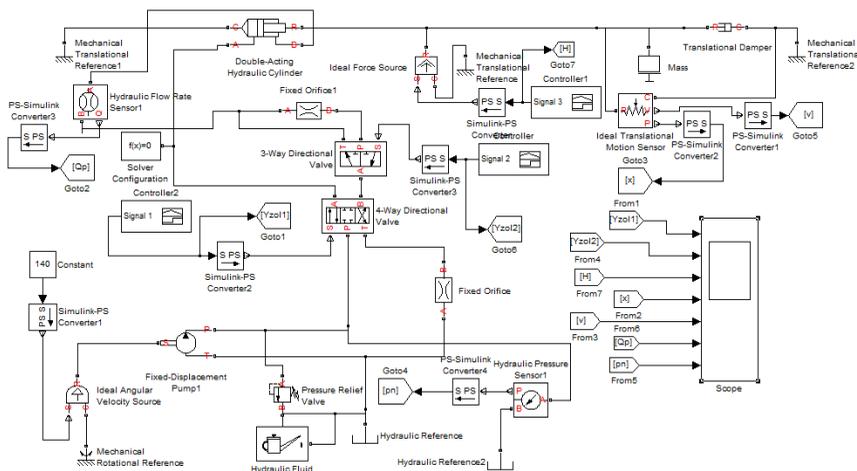


Рисунок 1. Гидравлическая Simulink-модель управления параметрами насоса.

Таблица Исходные данные к лабораторной работе

№ варианта	Рабочий объем насоса $q, \text{см}^3/\text{об}$	Частота вращения вала насоса $n, \text{об}/\text{мин}$	Диаметр поршня/штока гидроцилиндра $D/d, \text{мм}$	Ход поршня/штока гидроцилиндра $L, \text{мм}$	Давление в поршневой полости гидроцилиндра $p_{\text{н}}, \text{МПа}$	Приведенная масса $m, \text{кг}$
1	2	3	3	4	5	6
1	2	3000	30/20	0,2	10,0	100
2	3	2800	50/30	0,32	20,0	150
3	6	2700	60/20	0,4	12,5	200
4	8	2600	80/40	0,4	16,0	250
5	10	2500	90/50	0,24	14,0	350
6	12	2400	75/25	0,36	16,0	450
7	14	2300	75/35	0,22	6,3	300
8	20	2200	75/40	0,38	12,5	200
9	22	2100	80/35	0,3	10,0	300
10	24	1700	90/60	0,26	12,5	400
11	26	1900	80/20	0,22	10,0	500
12	28	2000	100/55	0,24	14,0	600
13	30	1800	120/20	0,18	10,0	700
14	32	1600	130/20	0,3	12,5	800
15	34	1400	125/90	0,38	6,3	900
16	36	1200	130/60	0,26	25,0	1000
17	7	1780	140/80	0,23	6,3	100
18	5	1720	135/95	0,24	10,0	100
19	9	1960	60/25	0,4	6,3	100
20	13	1980	70/30	0,36	12,5	100
21	6	1600	40/20	0,2	14,0	120
22	9	1500	60/40	0,25	16,0	150

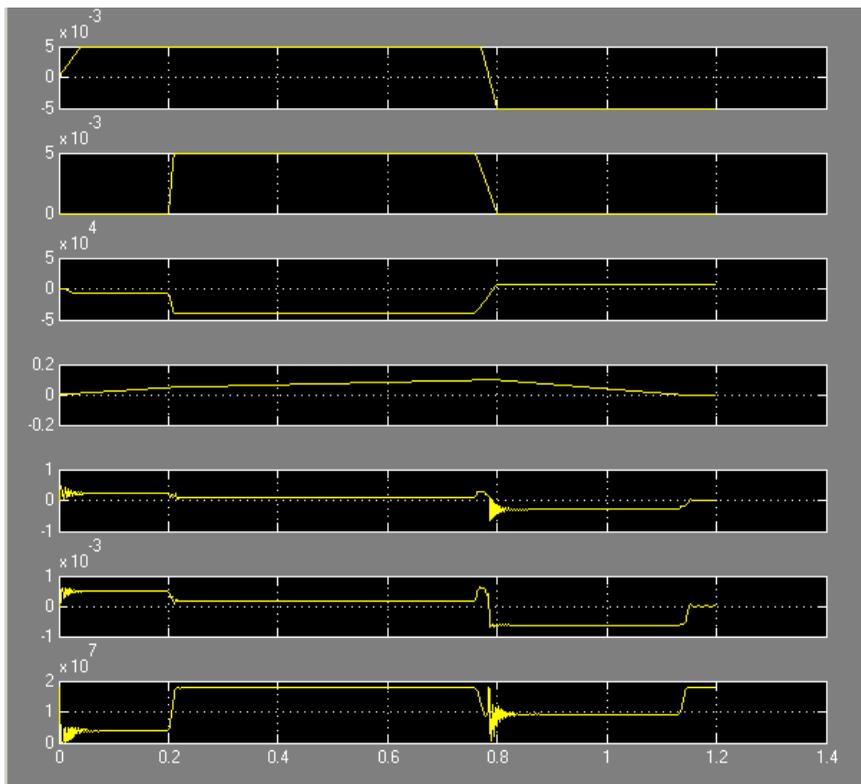


Рисунок 2. Графики изменения рабочих параметров для всех элементов цикла Simulink-модели управления параметрами насоса $Y_{z01}f(t)$; $Y_{z02}f(t)$; $Hf(t)$; $xf(t)$; $vf(t)$; $Q_p f(t)$; $p_n f(t)$.

4. Методика выполнения работы.

4.1 Для выполнения работы проработать теоретический материал по моделированию мехатронных систем в пакете Matlab Simulink и в отдельной библиотеке SimHydraulics.[1,3]

4.2 Дать полное описание функционирования используемых блоков Simulink-модели, обосновать выбор конкретного варианта и привести их математическую модель. При необходимости вернуться и откорректировать параметры выбранных блоков после выполнения всех последующих пунктов методики.

4.3 Внешнюю нагрузку на штоке гидроцилиндра для рабочего хода, быстрого подвода и быстрого отвода определить из выражений:



4.4 Время рабочего хода, быстрого подвода и быстрого отвода определить из выражений:

4.4 Давление настройки напорного гидроклапана Pressure Relief Valve выбрать в пределах $(1,1-1,25) \cdot p_{ц}$, диапазон регулирования клапана целесообразно выбрать максимальным (в пределах 1 Мпа), чтобы начало регулирования совпадало с давлением в режиме рабочего хода на насосе (с учетом потерь давления в гидросистеме);

4.5 Максимальное смещение запорно-регулирующего элемента гидрораспределителей выбираем по диаметру условного прохода гидроаппаратов [4]

$$y_{zol1,2} = \frac{d_y}{2};$$

4.6 По полученным значениям $t_{рх}$, $t_{бп}$, $t_{бo}$, $y_{zol1,2}$ смоделировать графики смещение запорно-регулирующего элемента на гидрораспределителях, задаваемые на блоках Controller, Controller2;

4.7 По полученным значениям $t_{рх}$, $t_{бп}$, $t_{бo}$, $H_{рх}$, $H_{бп}$, $H_{бo}$ смоделировать график изменения внешней нагрузки на штоке гидроцилиндра, задаваемый на блоке Controller1;

4.8 Используя исходные данные и полученные результаты расчетов, исследовать работу системы по Simulink-модели. В ходе исследования, уменьшая площадь проходного сечения дросселя Fixed Orifice 1, обеспечить движение поршня гидроцилиндра в режиме рабочего хода со скоростью в два раза меньше скорости быстрого подвода. При необходимости откорректировать исходные данные.

4.8 По полученным осциллограммам изменения основных параметров системы проанализировать ее динамические характеристики;

4.9 Для разработки принципиальной электрической схемы системы управления параметрами насоса на базе жесткой или программируемой логики с управлением по пути от конечных выключателей проработать материал по правилам выполнения принципиальных электрических схем[6];

4.10 Используя элементы жесткой логики - электромагнитные реле или программируемой логики – программируемые реле или контроллеры, разработать схему системы управления по пути от конечных выключателей, обеспечивающую после пуска



отработку в автоматическом режиме быстрого подвода, рабочего хода и быстрого отвода.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

5.1 В пояснительной записке привести обоснованные результаты разработки системы управления параметрами насоса, выполненную на элементах с жесткой или программируемой логикой с управлением по пути от конечных выключателей и ее модели. сделать заключение по разработанной системе управления и результатам анализа ее динамических характеристик.

5.2 Графическая часть работы включает в себя:

а) принципиальную электрическую схему системы управления параметрами насоса, выполненную на элементах с жесткой или программируемой логикой с управлением по пути от конечных выключателей.

б) гидравлическую Simulink-модель управления параметрами насоса,

в) графики изменения рабочих параметров для всех элементов цикла, вместе с графиками изменения управляющего сигнала на гидрораспределителях и графиком изменения внешней нагрузки на штоке гидроцилиндра

6. Литература

1 Разработка методов построения виртуальных лабораторных комплексов : монография / В.В. Исакова, Н.Н. Портнягин. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2012. – 107 с.

2. Герман-Галкин С.Г. Matlab&Simulink Проектирование мехатронных систем на ПК. - СПб: КОРОНА – Век, 2008, 368с.

3. А.А. Руппель, А.А. Сагандыков, М.С. Корытов
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ В MATLAB учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172с.

4. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов "Машиностроение"1991

5. Пашков Е.В. Электropневмоавтоматика в производственных процессах: Учеб.пособие – 2-е изд., перераб. и доп.- Севастополь: Из-во СевНТУ, 2003-496 с.,ил.

6.ГОСТ 2.702-75 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ