

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРВОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РЫЧАГА МЕХАНИЧЕСКОГО ДОЗАТОРА МАШИНЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

А.Н. Михайлова, Л.В. Жесткова

Аннотация. В статье представлены результаты исследования сервопривода механизма перемещения рычага механического дозатора машины для литья под давлением. Описан порядок построения модели с целью получения характеристик сервопривода.

Ключевые слова: сервопривод, моделирование, характеристики сервопривода, регуляторы.

Сервопривод механизма перемещения рычага механического дозатора машины для литья под давлением можно представить в виде блок-схемы, изображённой на рисунке 1.

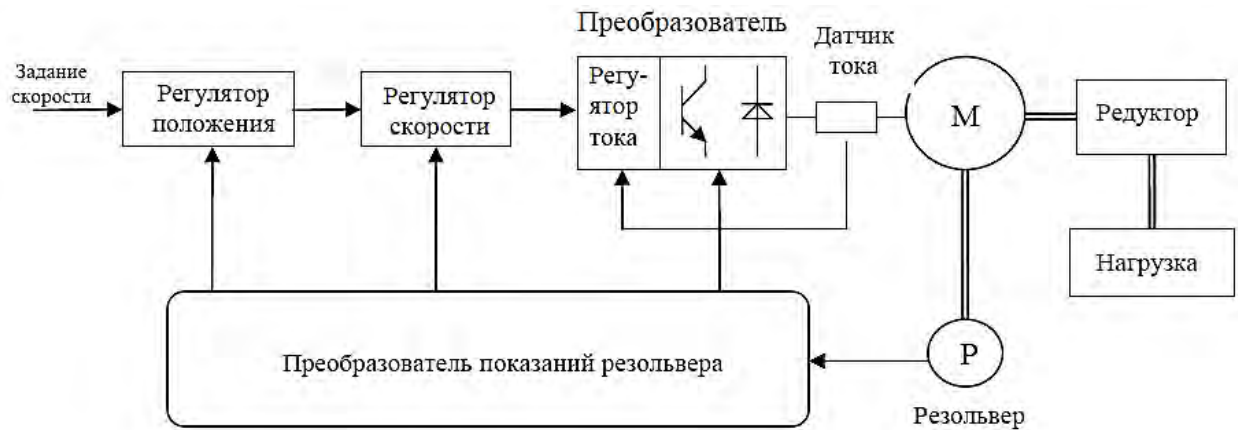


Рис. 1. Блок-схема сервопривода перемещения рычага механического дозатора

Сервопривод состоит из синхронного двигателя с постоянными магнитами и тормозом, сервопреобразователя в модульном исполнении и датчика положения (резольвера).

Функциональная схема сервопривода представлена на рисунке 2. Для достижения хорошей управляемости по положению организовывается контур по току, скорости и положению [1].

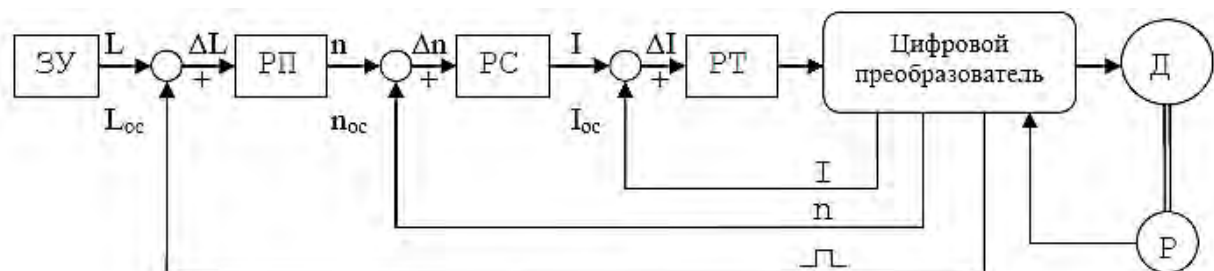


Рис. 2. Функциональная схема сервопривода

На рисунке 2 приняты обозначения: ЗУ – задающее устройство; РП – регулятор положения; РС – регулятор скорости; РТ – регулятор тока; Д – двигатель; Р – резольвер.

С датчика, отслеживающего положение ротора двигателя, в цифровой преобразователь поступает информация о положении ротора двигателя в каждый момент времени. Производная от положения даёт информацию о скорости двигателя.

Внешним (и ведущим) контуром является контур положения ротора двигателя. Разница заданного и фактического значений скорости (ошибка) подаётся на пропорционально-интегральный регулятор положения (ПИ-РП).

Подчинённым контуром является контур скорости.

Заданное значение с РП и фактическое значение скорости сравниваются в РС. Ошибка подвергается корректировке при помощи пропорционально-интегрального регулятора скорости (ПИ-РС).

Сигнал с ДС подаётся в цепь ограничителя тока, который обеспечивает защиту двигателя и инвертора от скачков тока. Выходной сигнал из цепи ограничителя служит заданным током для внутреннего контура тока.

Оцененные значения текущего и фактического тока поступают на преобразователь, выдавая управляющие импульсы на транзисторы инвертора.

Настройку контура РТ можно реализовать как ПИ-регулятор. Входным сигналом является разница между величиной текущего и фактического фазного тока, питающего двигатель. Выходным сигналом является управляющее напряжение для широтно-импульсного модулятора (ШИМ).

Расчёт параметров выполняется согласно [1].

Контур тока в следящих системах настраивается на оптимум по модулю.

Регулятор скорости вычисляет фактическую скорость серводвигателя, сравнивает её с заданием и вырабатывает сигнал управления в блок регулятора тока. Управляющее воздействие регулятора должно за определённый интервал времени привести к устранению рассогласования между заданной и фактической скоростью. В дальнейшем регулятор поддерживает заданную скорость вращения сервопривода независимо от крутящего момента со стороны нагрузки. Обратная связь по скорости замыкается в сервоприводе через резольвер, установленный непосредственно на валу серводвигателя. Контур скорости в следящих системах настраивается на модальный оптимум.

Контур положения также настраивается на модальный оптимум.

Построение модели сервопривода выполнено в системе MATLAB. Математическая модель сервопривода представлена на рис. 3. Для её исследования используются приложения Simulink и Power System Blockset. В состав математической модели входят следующие основные блоки: вентильный двигатель; преобразователь координат; ШИМ-инвертор; блок измерения переменных состояния двигателя.

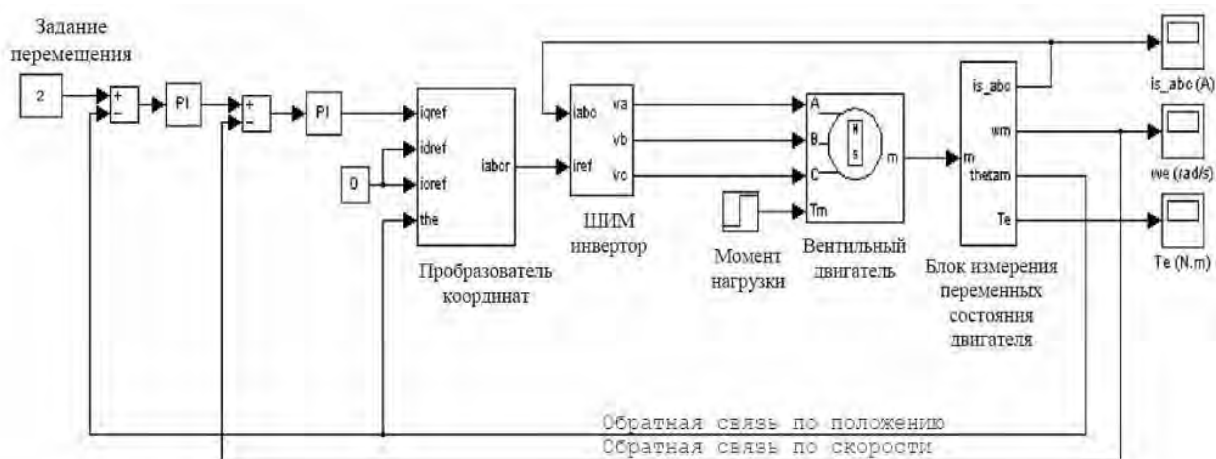


Рис. 3. Математическая модель сервопривода в MATLAB



Для задания параметров, соответствующих характеристикам двигателя, используем окно настройки, представленное на рисунке 4.

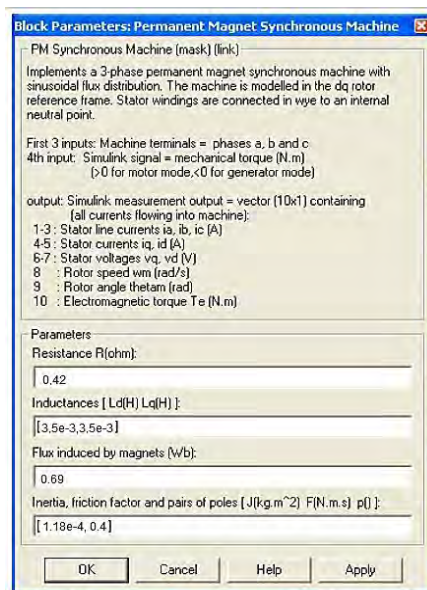


Рис. 4. Окно настройки переменных состояний двигателя

Окно настройки позволяет задавать следующие значения:

1. активное сопротивление статора  $R$  (Ом);
2. индуктивность статора по продольной и поперечной оси  $L_d$  и  $L_q$  (Гн);
3. поток возбуждения  $\Phi$  (Вб);
4. момент инерции ротора  $J$  (кг·м<sup>2</sup>), коэффициент вязкого трения  $h$  (Н·мс),
5. число пар полюсов  $p$ .

Контур стабилизации скорости вращения сервопривода полностью реализован внутри сервоприводов с микроконтроллерным управлением. Его основной задачей является достижение максимально полного соответствия между фактической и задаваемой скоростями вращения двигателей.

На вход сервоконтроллера привода поступает сигнал задания скорости, который попадает в блок регулятора скорости. Регулирование скорости вращения мотора осуществляется встроенной ШИМ схемой. Эта схема изменяет среднее значение напряжения на статоре двигателя за счёт изменения скважности выходного сигнала пропорционально изменению скорости двигателя. Схема содержит усилитель ошибки и компаратор ШИМ. Усилитель ошибки усиливает сигнал пропорциональный скорости вращения двигателя, а компаратор ШИМ формирует сигнал управления затворами нижних транзисторов, длительность которого пропорциональна величине скорости. Входы (инвертирующие и не инвертирующие) усилителя и компаратора доступны для внешнего управления. Это позволяет организовать любой алгоритм управления скоростью (без обратной связи, с положительной и отрицательной обратной связью, пропорциональный и, интегральный, дифференциальный) в зависимости от решаемой задачи и особенностей применения конечного устройства.

В блоке преобразования координат осуществляется переход к величинам, связанным с неподвижными обмотками статора синхронной машины. Формируются токи трёх фаз. Для получения на выходе необходимого напряжения применяется широтно-импульсная модуляция.

В состав преобразователя координат входит преобразователь поворота вектора и преобразователь фаз в прямом канале. Преобразователь вектора приводит выходные сигналы регуляторов  $u_{sd}$ ,  $u_{sq}$  к осям якоря и формирует сигналы  $u_{sa}$  и  $u_{sb}$ , далее преобразователь фаз преобразует их к фазным осям и формирует сигналы  $U_{sA}$ ,  $U_{sB}$ ,  $U_{sC}$ .

Кроме прямого канала преобразования фаз имеется и обратный канал преобразования фаз и поворота вектора. В нём при помощи преобразователя фаз формируются сигналы  $I_{sA}$ ,  $I_{sB}$ ,  $I_{sC}$ , поступающие от датчика тока к осям  $a$  и  $b$  и формирующие сигналы  $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$ . Далее эти сигналы преобразуются к осям  $d$  и  $q$  индуктора преобразователем поворота вектора, формируя сигналы обратной связи  $i_{sd}$  и  $i_{sq}$ .

Трёхфазная цепь обеспечивает питание вентильного двигателя. При увеличении момента на валу двигателя скорость его снижается; при этом уменьшается ЭДС, наводимая ротором в обмотках двигателя, и соответственно токи в обмотках возрастают. Механические характеристики двигателя достаточно близки к линейным, но имеют крутизну существенно большую, чем у двигателя постоянного тока.

Для снятия динамических характеристик привода перемещения были заданы расстояние перемещения привода  $S$  и момент нагрузки  $M$ . Снятые характеристики изменения токов  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ , скорости  $\omega$  и момента двигателя  $M_{эм}$  представлены на рисунках 5, 6, 7.

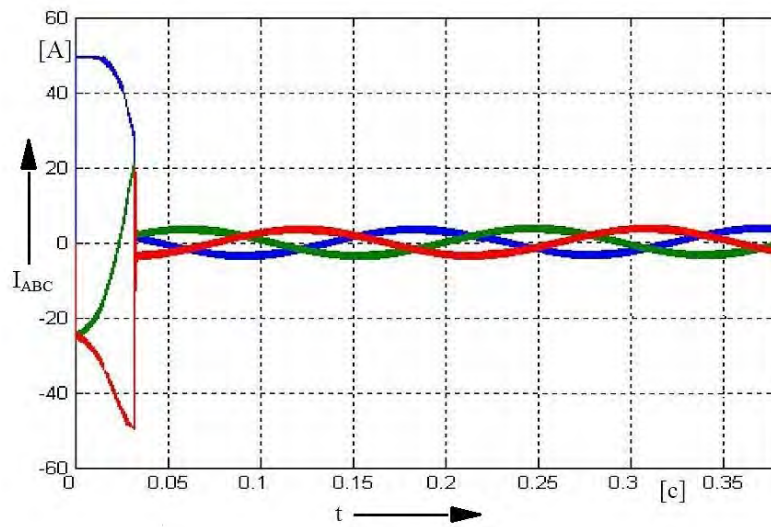


Рис. 5. График переходных процессов фазных токов  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$

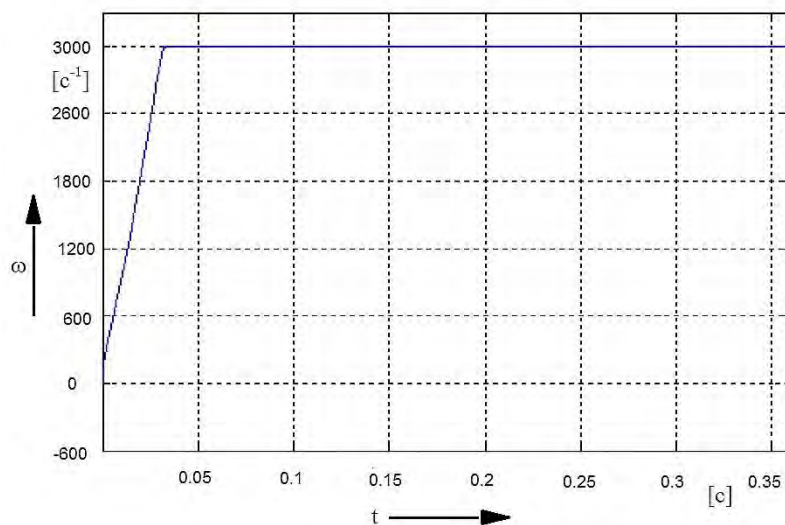


Рис. 6. График переходного процесса по скорости  $\omega$

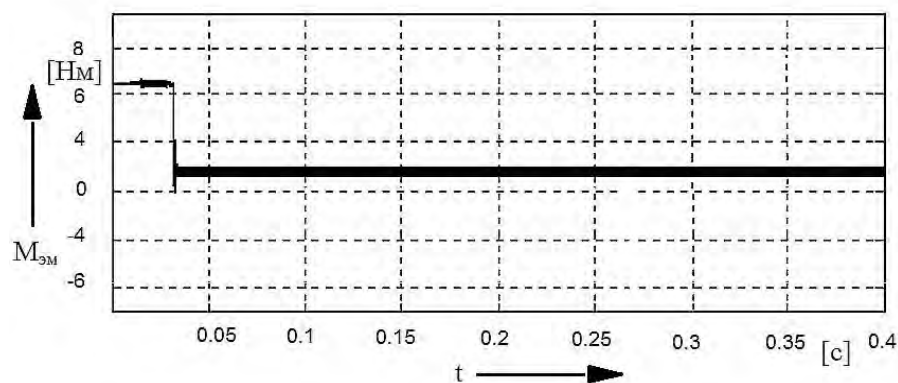


Рис. 7. График переходного процесса по моменту двигателя  $M_{эм}$

По результатам моделирования можно сделать вывод, что система работает верно. Значения токов, момента и скорости при переходных процессах не превышают допустимые.

#### Литература

1. Автоматизированный электропривод портального подъемника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/6620.pdf/download/6620.pdf?lang=en> (24.05.2017).

#### Михайлова Анна Николаевна

Студент электротехнического факультета  
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», г. Могилёв  
Тел.: +375(25) 535-43-92

E-mail: [forget-me-not245@yandex.by](mailto:forget-me-not245@yandex.by)

#### Жесткова Людмила Владимировна

Старший преподаватель кафедры «Электропривод и АПУ»  
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», г. Могилёв  
Тел.: +375(29) 350-89-31

E-mail: [lvzhest@rambler.ru](mailto:lvzhest@rambler.ru)