

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЁМА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ (ВСПЫШЕК)

Замулко С.В.

*Замулко Сергей Викторович – магистрант, инженер-электрик,  
кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок и технологических комплексов,  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация:** в статье анализируется моделирование автоматизированного электропривода подъёма осветительных приборов (вспышек), которое является типичным для процесса экспертизы документов. А также реализация математической модели по средствам программного обеспечения MATLAB 6.0 SimPowerSystems и Simulink.

**Ключевые слова:** анализ, моделирование, автоматизация, matlab, simpowersystem, simulink, аэп.

Задача автоматизации электропривода (АЭП) подъёма осветительных приборов (вспышек) является типичной для процесса экспертизы документов, ценных бумаг и даже валюты. Это объясняет существование огромного количества работ по тематике математического моделирования автоматизированного электропривода подъёма легковесных конструкций, разработке новых методов, вариаций и модификаций существующих, а также неослабевающий интерес исследователей экспертно-дознавательной сферы к этой задаче, и к настоящему времени предложены различные методы и алгоритмы построения регулирования силы светоизлучения и разработаны многочисленные подсистемы машинной графики и геометрического моделирования, занимающие центральное место в приборостроении низкого вольтажа.

Актуальность задачи автоматизации электропривода подъёма осветительных приборов (вспышек) обусловлена решением данной проблемы по средствам отдаления/приближения как постоянного, так и регулируемого источника света, обеспечивая тем самым куда более широкий спектр регулирования освещения осматриваемого образца. Отсутствие универсальных критериев выбора того или иного метода автоматизации электропривода для решения каждой конкретной прикладной задачи подъёма осветительных приборов, имеющих высокую степень математической строгости и учитывающих последующую практическую реализацию в виде одной модульной системы (трассированной платы-драйвера управления АЭП), делает актуальной задачу разработки системы с максимальным охватом теоретически возможных конструкций, получаемых в результате моделирования, а также реализующей максимально унифицированный подход к построению функций регулирования с учётом сегодняшних реалий их применения на практике. Заслуживает внимания идея обобщения различных методов и алгоритмов при общей схеме подъёма легковесных конструкций средствами АЭП. Как показал обзор публикаций, наиболее естественным способом обобщения является выделение трёх основных стадий, являющихся общими при реализации подобных установок: выбор типа двигателя для решения данной задачи; выбор базиса - набора линейно независимых функций для определения характера и скорости подъёма; непосредственное построение системы управления АЭП – реализация системы управления, трассирование платы. Каждая из выше приведённых задач имеет далеко не одну вариацию исполнения. От того было решено построить математическую модель автоматизированного электропривода подъёма осветительных приборов (вспышек).

## 1. Реализация общей модели электропривода

В ходе исследований для реализации задуманной установки был выбран двигатель шаговый гибридный Siemens SIMOSTEP 1FL3 со стояночным тормозом [1].

На рис. 1.1 показана схема электропривода на базе гибридного шагового двигателя.

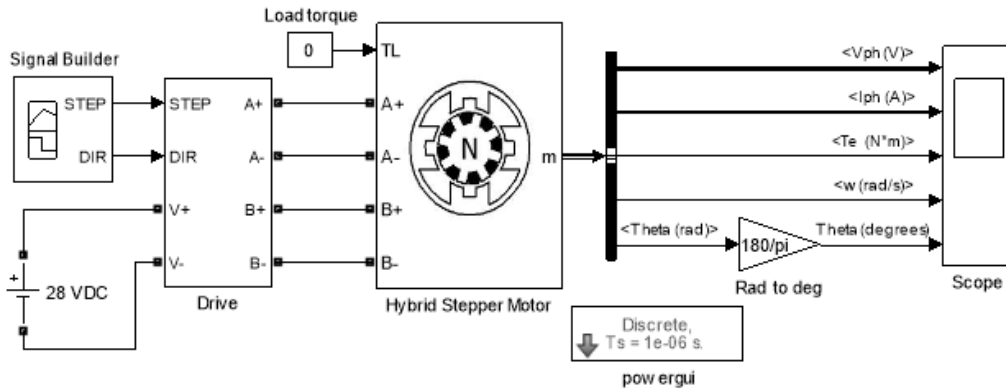


Рис. 1.1. Электропривод на базе гибридного шагового двигателя

Шаговый двигатель управляется сигналами STEP и DIR, поступающими из блока Signal Builder (рис. 1.2). Сигнал STEP регулирует угловые перемещения шагового двигателя: при единичном сигнале происходит ступенчатый сдвиг (шаг) поворота ротора, при нулевом – остановка. Сигнал DIR регулирует направление перемещения ротора: 1 – прямое, 0 – обратное [3].

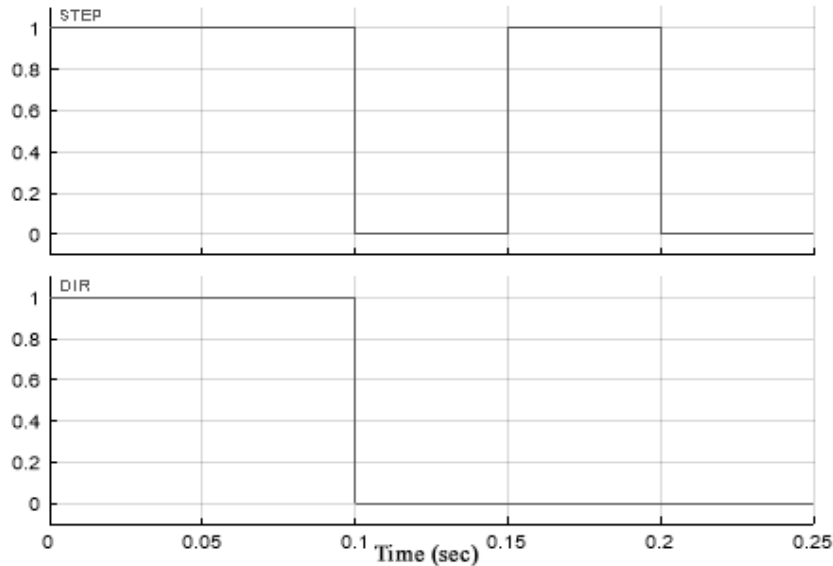


Рис. 1.2. Задание сигналов STEP и DIR в Signal Builder

## 2. Моделирование блока шагового электродвигателя

Блок шагового двигателя (Stepper Motor) - SimPowerSystems (раздел Specialized, Technology/Fundamental, Blocks/Machines [2]), в блоке, при его непосредственной настройке для нашей задачи, необходимо выбрать тип двигателя – гибридный (Hybrid), число фаз – 2 и задать остальные параметры, указанные на рис. 2.1, из каталожных данных [1].

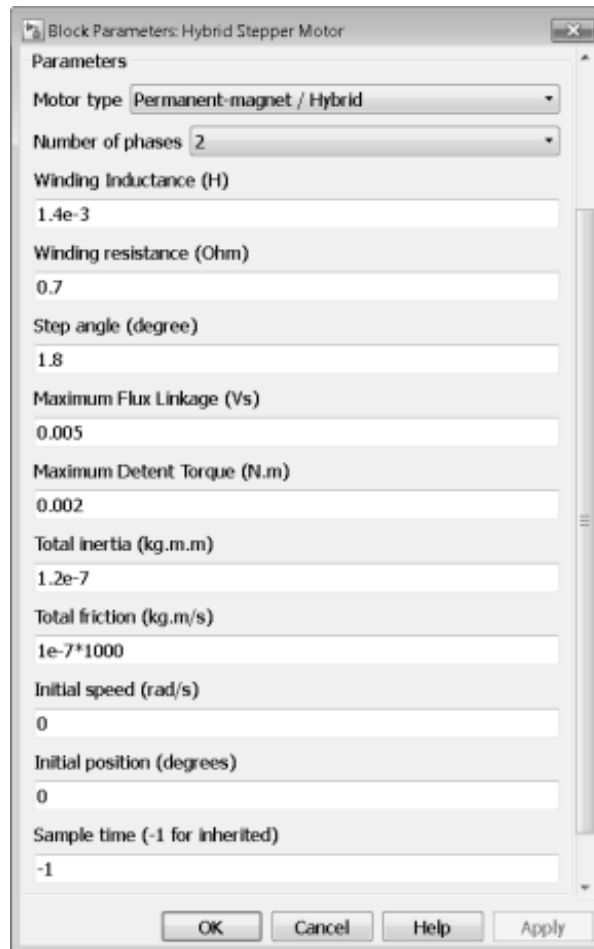


Рис. 2.1. Окно параметров гибридного шагового двигателя (Hybrid Stepper Motor)

### 3. Математическая модель драйвера электропривода

Блок-подсистема Drive, в свою очередь, представлена на рис. 3.1.

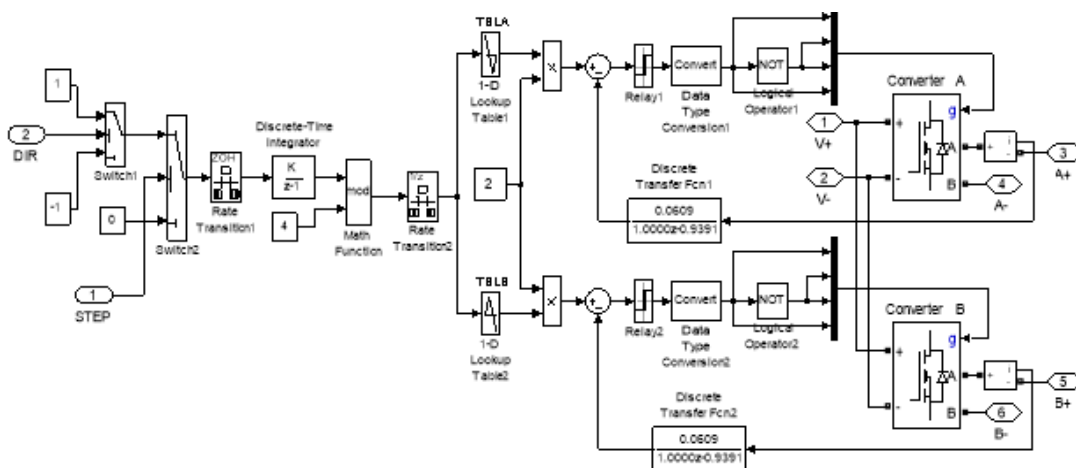


Рис. 3.1. Блок Drive

В параметрах переключателей Switch1 и Switch2 устанавливаем нижнее значение порога Threshold: 0.5. В блоке Math Function выбираем функцию mod, что обозначает моделируемый сигнал на протяжении всех измерений системы. В блоках Logical Operator установить оператор NOT. В блоке Discrete-time integrator задаём следующие параметры [5]:

- Integrator method: Accumulation Forward Euler;
- Initial condition setting: Output;
- Sample time:  $\text{round}(1/500/T_s) * T_s$ .

Что определяет метод интеграции, режим работы по умолчанию (вход/выход) и минимальную

итерацию времени для округления.

В свойствах константы со значением 4, подводимой к блоку Math Function, также устанавливаем идентичный параметр параметр Sample time:  $\text{round}(1/500/T_s) * T_s$ .

Параметры элементов TBLA и TBLB (блоки 1-D Lookup Table 1 и 2) представлены на рис. 3.2.

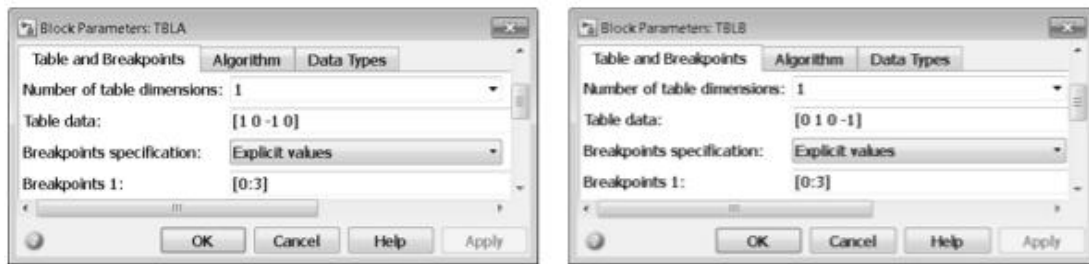


Рис. 3.2. Параметры блоков TBLA и TBLB

Параметры блоков Relay:

- switch on point: 0.01;
- switch off point: -0.01;
- output when on: 1;
- output when off: 0;
- input processing: Inherited.

В свойствах блоков Discrete Transfer Fcn задаём следующее:

- Числитель (Numerator): [0, 0.0609];
- Знаменатель (Denominator): [1.0000, -0.9391].

Converter A и Converter B представлены блоками Universal Bridge, их параметры приведены на рис. 3.3.

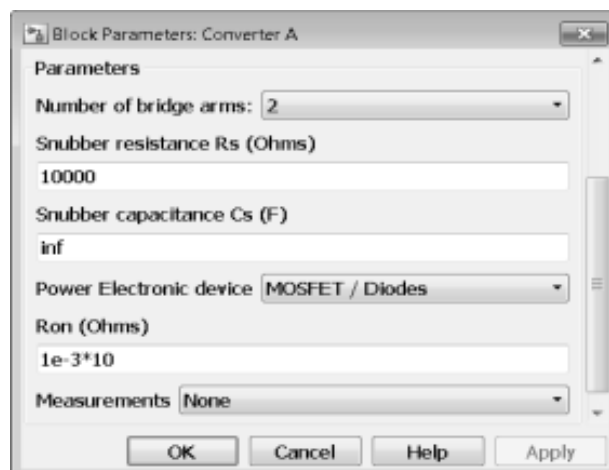


Рис. 3.3. Параметры блоков Converter A и Converter B

Для работы модели в SimPowerSystems необходимо добавить блок Powergui, обеспечивающий нам имитацию системы питания всей установки АЭП в котором необходимо установить следующие параметры:

- Simulation type: Discrete;
- Sample time: Ts.

#### 4. Результаты математического моделирования шагового двигателя

Результаты математического моделирования шагового двигателя Siemens SIMOSTEP 1FL3 со стояночным тормозом [1] в SimPowerSystems приведены на рис. 4.1, 4.2, 4.3 и 4.4.

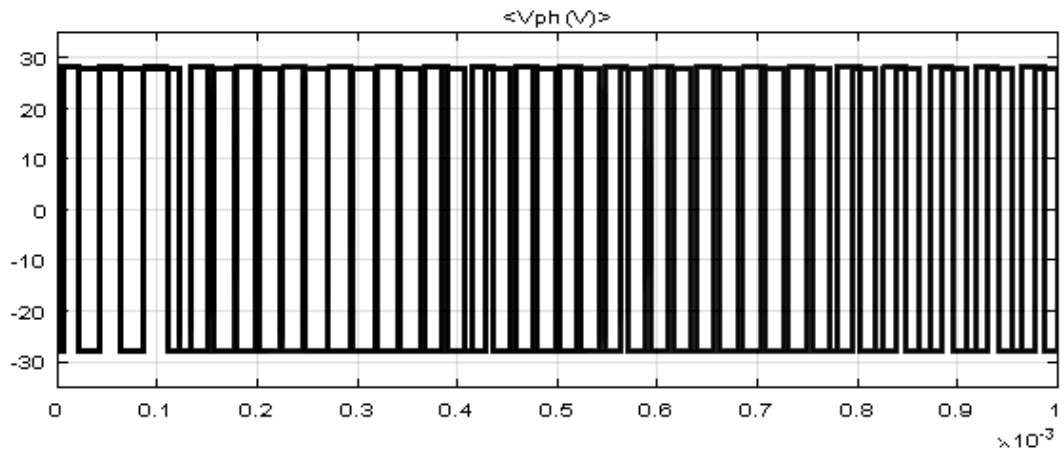


Рис. 4.1. Напряжения на двух обмотках шагового двигателя

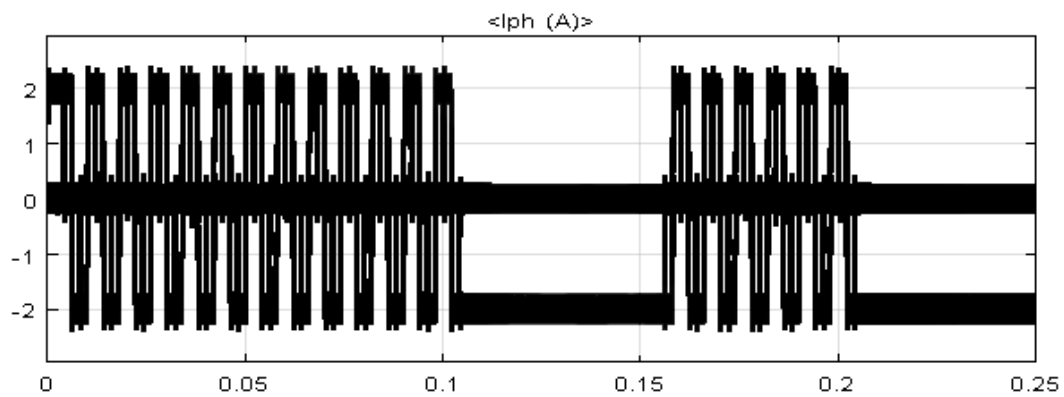


Рис. 4.2. Токи на двух обмотках шагового двигателя

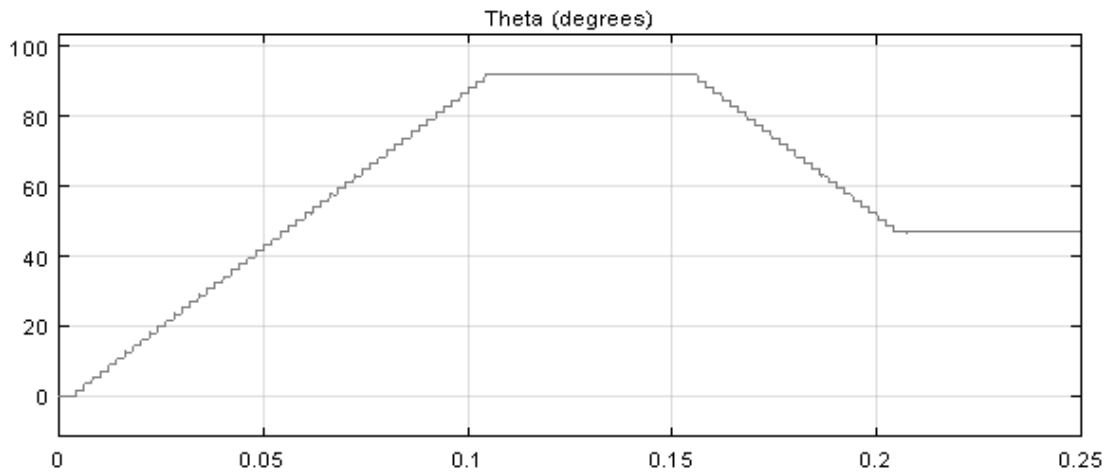


Рис. 4.3. Угол поворота на валу шагового двигателя

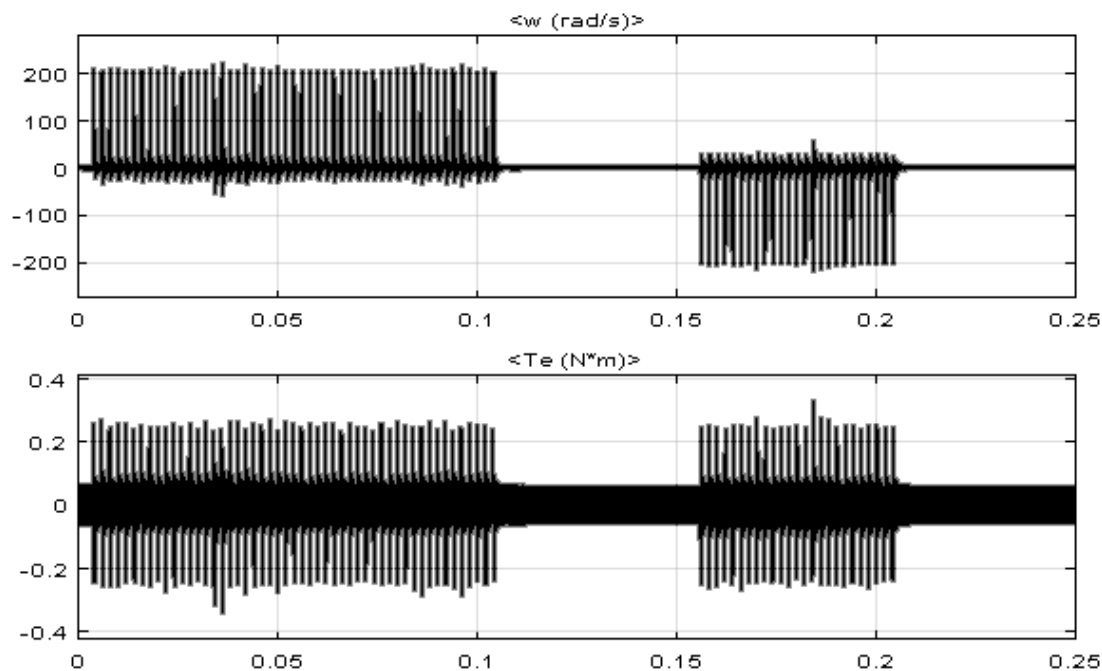


Рис. 4.4. Скорость и электромагнитный момент шагового двигателя

Примечание: во избежание ошибок при запуске расчета модели в меню Diagnostics в настройках сопряжения Connectivity были установлены значение Mux blocks used to create bus signals: error.

В результате математическое моделирование системы автоматизированного электропривода подъема осветительных приборов (вспышек) была реализована модель, максимально приближенная к реальным условиям работы физического объекта моделирования в соответствии со всеми действиями (группами внутренних факторов системы) выполняемыми на каждом из этапов унифицированной технологии подъема осветительных приборов с использованием микроконтроллера. Также разработана общая структура автоматизированного электропривода заданной темы с конкретным электродвигателем, и реализована с использованием парадигм математического моделирования ЭД. А именно:

- ни скорость, ни момент не превышают критические при смоделированных максимальных нагрузках, более того, держатся в пределах норм, заданных каталогом-производителем;
- угол поворота на валу шагового двигателя соответствует заданным требованиям для установки подъема осветительных приборов;
- токи на обоих обмотках не превышают номинальные более чем на 0,3;
- напряжение соответствует номинальному.

#### Список литературы

1. Каталог компании Siemens. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.siemens.el-complex.com/index.php/](http://www.siemens.el-complex.com/index.php/) (дата обращения: 10.02.2018).
2. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. СПб.: КОРОНА-Век, 2008. 368 с.
3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. СПб.: КОРОНА принт, 2007. 320 с.
4. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс. СПб.: Питер, 2008. 288 с.
5. Simscape Power Systems Examples. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples.html/](http://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples.html/) (дата обращения: 11.02.2018).
6. Емельянов А.А., Бесклеткин В.В., Авдеев А.С., Габзалилов Э.Ф., Прокопьев К.В., Ситенков А.А., Пестеров Д.И., Юнусов Т.Ш. Математическое моделирование короткозамкнутого асинхронного двигателя в пакете SimPowerSystems // Молодой ученый, 2016. № 14. С. 28-34.