

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕК SIM POWER ПАКЕТА MATLAB SIMULINK ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ковбаса С.Н., к.т.н., доцент; Литвиненко Б.С., Смирнов С.А., студенты.
кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода

Введение. При исследовании систем автоматического управления (САУ) двигателями постоянного тока (ДПТ) методом математического моделирования, как правило, используют упрощенные модели полупроводниковых преобразователей. Вместе с тем, в реальных САУ, наличие преобразователя вносит дополнительные динамические процессы, которые не учитываются в упрощенной модели. Примером может служить возникновение режимов прерывистых токов в системе тиристорный преобразователь –ДПТ (ТП-ДПТ).

Целью данной статьи является демонстрация возможностей модуля Sim Power [1],[2] для исследования САУ ДПТ с учетом тиристорного выпрямителя.

Обзор библиотеки Sim Power для ДПТ. В библиотеку Sim Power входят модели перечисленные в таблице 1.

Таблица 1

Four-Quadrant Chopper DC Drive	Четырех-квадрантный транзисторный электропривод ДПТ
One-Quadrant Chopper DC Drive	Одно-квадрантный транзисторный электропривод ДПТ
Two-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive	Двух-квадрантный однофазный тиристорный электропривод ДПТ
Two-Quadrant Three-Phase Rectifier DC Drive	Двух-квадрантный трехфазный тиристорный электропривод ДПТ
Two-Quadrant Chopper DC Drive	Двух-квадрантный транзисторный электропривод ДПТ
Four-Quadrant Three-Phase Rectifier DC Drive	Четырех-квадрантный трехфазный тиристорный электропривод ДПТ
Four-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive	Четырех-квадрантный однофазный тиристорный электропривод ДПТ

Для примера рассмотрим более детально блок для исследования системы ТП-ДПТ с трехфазным тиристорным выпрямителем. Основные параметры блока следующие.

DC Machine (машина постоянного тока): mutual inductance (взаимная индуктивность[Гн]); **armature (параметры цепи якоря):** resistance (активное сопротивление якоря[Ом]), inductance (индуктивность якоря[Гн]); **field (параметры цепи возбуждения):** mechanical parameters (механические параметры); **inertia (момент инерции[кг·м²]):** viscous friction coefficient

(коэффициент вязкого трения[Нм/с]); coulomb friction torque (кулоновский момент трения); initial speed (начальная скорость [рад/с]);

Rectifier (выпрямитель): resistance (сопротивление снабера[Ом]); capacitance (емкость снабера[Ф]); on-state resistans (сопротивление открытого тиристора [Ом]); forward voltage (падения напряжения на открытом тиристоре[B]); smoothing inductance (индуктивность слаживающего дросселя[Гн]); field dc source (напряжение питания цепи возбуждения[B]);

Controller (регулятор): regulation type (тип регулирования (скорость/момент)); sampling time (такт квантования [с]); **speed controller (параметры регулятора скорости):** nominal speed (номинальная скорость [об/мин]); initial speed reference (начальная заданная скорость[об/мин]); low-pass filter cutoff frequency (частота среза фильтра[Гц]); pi regulator (пропорционально-интегральный регулятор); proportional gain (коэффициент пропорциональной части регулятора); integral gain (коэффициент интегральной части регулятора); speed ramps (темп разгона/торможения); acceleration (темпер при ускорении); deceleration (темпер при замедлении); **current controller (параметры регулятора тока):** low-pass filter cutoff frequency (частота среза фильтра[Гц]); reference limit (величина токоограничения); power (номинальная мощность двигателя [В·А]); voltage (номинальное напряжение якоря [В]); pi regulator (пропорционально-интегральный регулятор); bridge firing unit (система импульсно-фазового управления (СИФУ)); firing angle limits (максимальное и минимальное значения угла отпирания тиристоров); frequency of synchronization voltages (частота сети[Гц]); pulse width (ширина импульса в градусах).

Пример использования. Функциональная схема рассматриваемой системы показана на Рисунке 1.

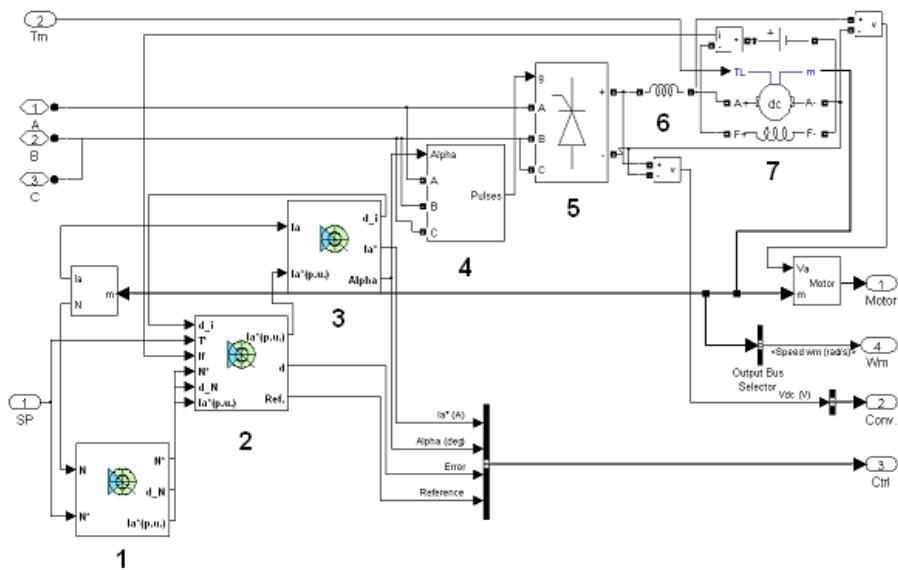


Рисунок 1 Двух-квадрантный трехфазный тиристорный электропривод на основе ДПТ

На схеме обозначены:

- 1) ПИ регулятор скорости;

- 2) Служебный блок, переключающий режим работы схемы между управлением моментом и скоростью;
- 3) ПИ регулятор тока;
- 4) СИФУ;
- 5) Тиристорный выпрямитель;
- 6) Сглаживающий дроссель;
- 7) Двигатель постоянного тока (ДПТ).

Для исследования переходных процессов в системе ТП-ДПТ использован двигатель демонстрационной модели с параметрами, приведенными в таблице 2.

Таблица 2

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Мощность двигателя	149200 [В·А]	Сопротивление якоря	0.0597 [Ом]
Момент инерции	10 [$\text{кг}\cdot\text{м}^2$]	Индуктивность цепи возбуждения	112.5 [Гн]
Индуктивность цепи якоря	0.0009 [Гн]	Сопротивление цепи возбуждения	150 [Ом]

В процессе теста от двигателя требуется разгон с нулевой скорости до 104 рад/с за 4 секунды. При $t = 2$ с к валу двигателя прикладывается номинальный момент, а при $t = 3$ с снимается номинальный момент нагрузки.

Графики переходных процессов угловой скорости и напряжения якоря показаны на Рисунке 2, а тока якоря и момента двигателя на Рисунке 3.

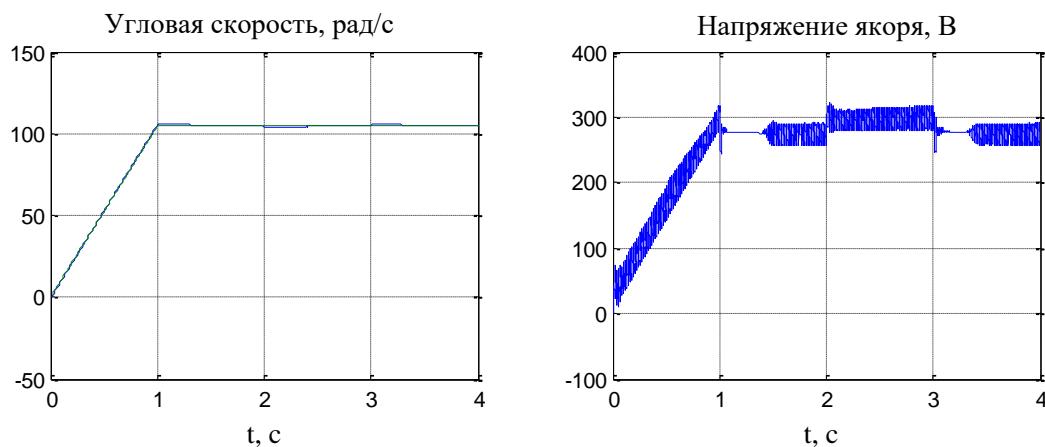


Рисунок 2 Графики переходных процессов угловой скорости и напряжения якоря

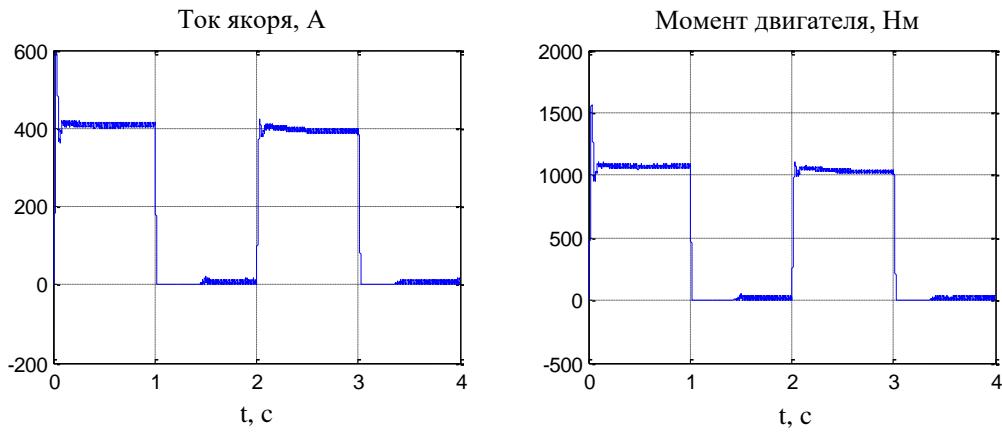


Рисунок 3 Графики переходных процессов тока якоря и момента двигателя

Как видно из графиков напряжения якоря, тока и момента, тиристорный преобразователь вносят дополнительную динамику в процессы регулирования, однако в точке номинального режима она не оказывает существенного влияния на процессы регулирования угловой скорости, то есть регулятор скорости обеспечивает её астатическое регулирование при действии постоянного момента нагрузки.

На основе рассмотренной модели можно исследовать любой другой закон регулирования координат ДПТ. Для этой цепи необходимо: заменить стандартные демонстрационные блоки регуляторов 1-3 на исследуемые; добавить форматирователь угла отпирания тиристоров в соответствии с выражением

$$\alpha = \left(\frac{180}{\pi} \right) \arccos \left(\frac{E_{cp}}{E_{cp0}} \right), \quad (1)$$

где α - угол отпирания тиристоров. E_{cp} – средние значение ЭДС преобразователя (формируется исследуемым регулятором), E_{cp0} - ЭДС преобразователя при $\alpha=0$. Выход формирователя угла отпирания тиристоров (1) подается на вход «Alfa» блока СИФУ.

Заключение. Рассмотрена библиотека Sim Power, которая позволяет выполнять моделирование электроприводов на основе ДПТ с учетом полупроводниковых преобразователей, раскрыты основные параметры и выполнен демонстрационный тест. Показано, что с помощью рассмотренной библиотеки при моделировании можно учесть дополнительную динамику, вносимую полупроводниковым преобразователем в процессы регулирования координат ДПТ.

Перечень ссылок

1. www.mathworks.com
2. Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделювання електромеханічних систем в Simulink. – К.: ВД «Стілос», 2008. - 528 с.