

*А.П. Корнеев, ст. преп.; Г.С. Ленеvский, к.т.н., доц.
(Белорусско-Российский Университет, г. Могилёв)*

ПРИМЕНЕНИЕ MATLAB ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Представлен способ моделирования систем с распределенными параметрами. Для моделирования использован способ замены непосредственных вычислений резонансных частот интерполяцией значений. Разработаны модели в MATLAB в Simulink с применением элементов библиотеки Power System Blockset. Получены графики тока при частотах меньше и равной первой резонансной частоте.

Ключевые слова: моделирование, система с распределенными параметрами, резонанс, аппроксимация, гиперболическая тригонометрическая функции.

Наличие в передаточных функциях систем с распределенными параметрами (СРП) гиперболических функций делает моделирование СРП в общем виде во временной области затруднительно, так как существующие математические программы используют численный расчет. Аппроксимация передаточной функции любым известным способом решает эту проблему. Но при функционировании происходит постоянное изменение собственных резонансных частот. Вследствие этого, необходимо постоянно рассчитывать не только резонансные частоты, но выполнять другие вспомогательные вычисления в зависимости от метода аппроксимации, например вычеты. Расчет на каждом шаге моделирования приведет к резкому увеличению мощности ПК при увеличении времени моделирования [1].

Для упрощения и ускорения процесса моделирования СРП разработан способ аппроксимации СРП при разложении на произведения $(p^2 + \omega^2)$ подробно описанный в [2]. При такой аппроксимации не требуются дополнительные вспомогательные вычисления. Для еще большего упрощения и ускорения процесс моделирования СРП использован способ замены непосредственных вычислений резонансных частот интерполяцией значений, рассчитанных в некоторых промежуточных точках. При моделировании применяется метод интерполяции сплайнами, который является достаточно простым и точным для инженерных расчетов.

Разработана математическая модель электромеханической системы с распределенными параметрами, которая представлена на рисунке 1. Математическая модель построена в MATLAB/Simulink с применением элементов библиотеки Power System Blockset.

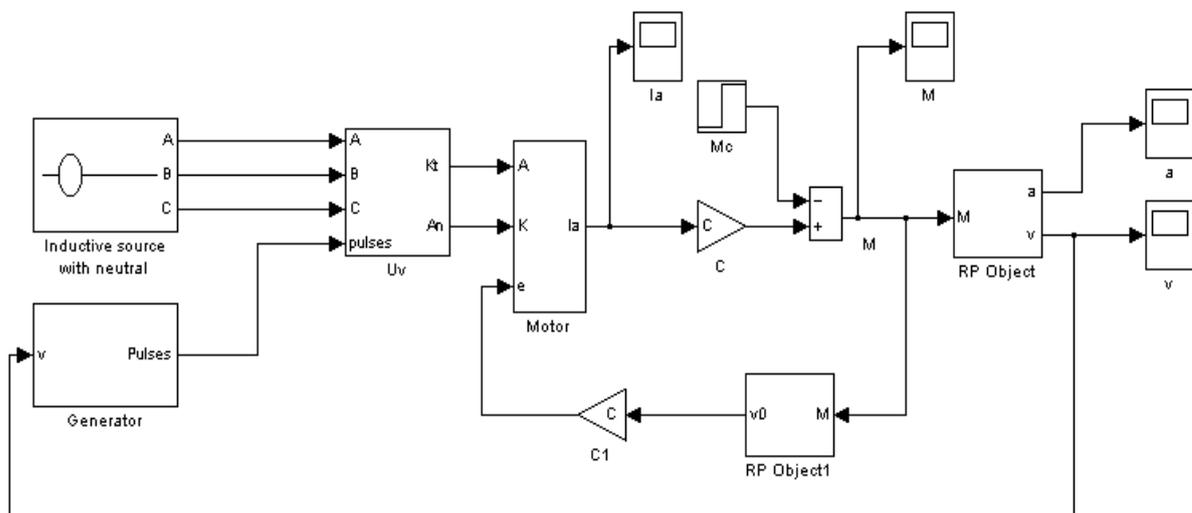


Рисунок 1 – Модель системы с распределенными параметрами

На рисунке 2 представлена модель тиристорного преобразователя, реализованная при помощи моделей тиристоров для получения данных о мгновенных значениях напряжения и тока для каждого тиристора и всего преобразователя.

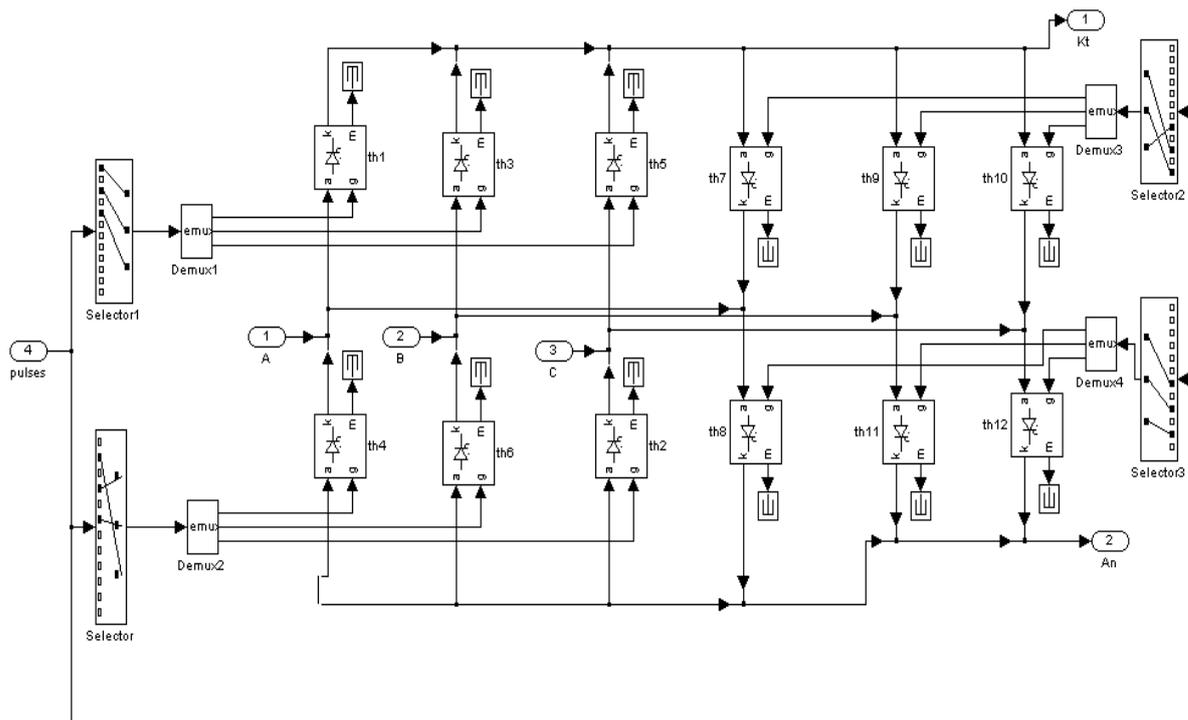


Рисунок 2 – Модель тиристорного преобразователя

Для интерполяции сплайнами значений резонансных частот, рассчитанных в некоторых промежуточных точках, разработана модель вычислителя резонансных частот. Теоретическое обоснование вычислителя представлено в [3]. Модель вычислителя представлена на рисунке 3.

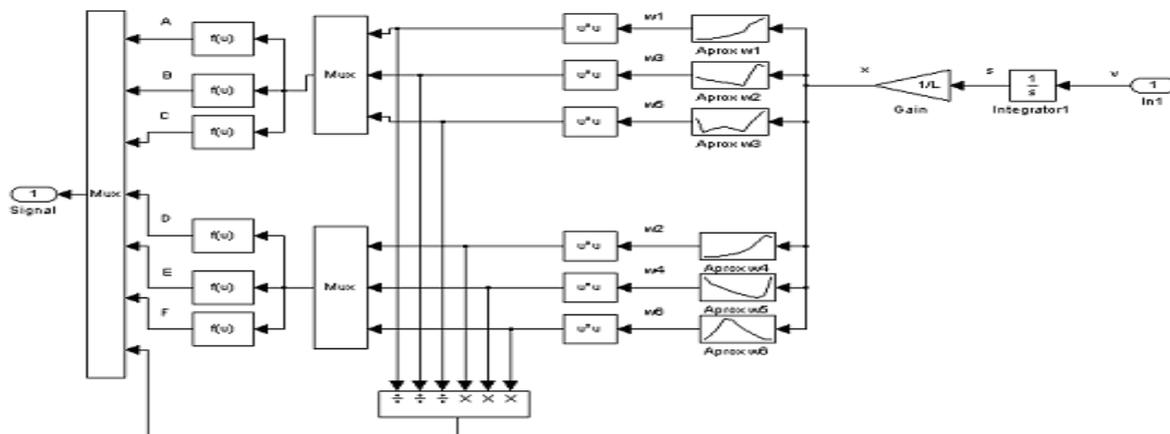


Рисунок 3 – Модель вычислителя резонансных частот

Полученная модель может применяться для расчета и исследования как частотных, так и энергетических характеристик.

Математическое моделирование электромеханической системы с распределенными параметрами в среде MATLAB/Simulink проводится для экспериментального стенда, параметры которого представлены далее.

$$P_{2nom}=850$$

$$R_a=2.7$$

$$T_a=0.012$$

$$I_a=9.6$$

$$U_a=110$$

$$\omega_{nom}=230$$

$$c=(U_a-I_a \cdot R_a)/\omega_{nom}$$

$$J=0.011$$

$$k_{tp}=11$$

$$T_{tp}=0.01$$

$$M_{cном}=P_{2ном}/\omega_{ном}$$

В результате моделирования получены графики тока при частотах меньше и равной первой резонансной частоте [4] – представлены на рисунках 4 и 5.

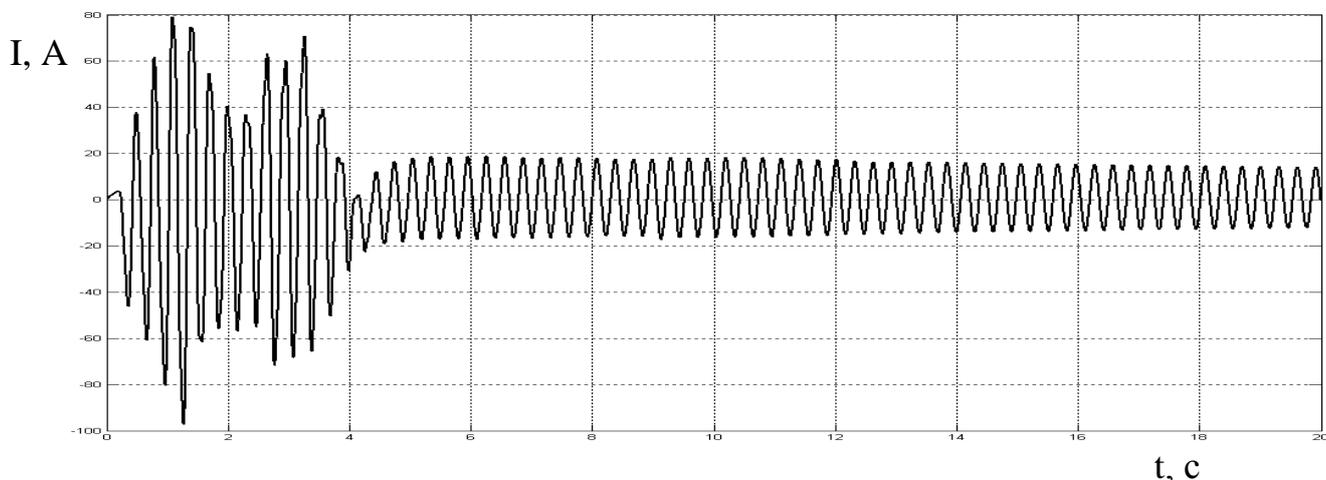


Рисунок 2 – График тока при частоте меньше резонансной частоты

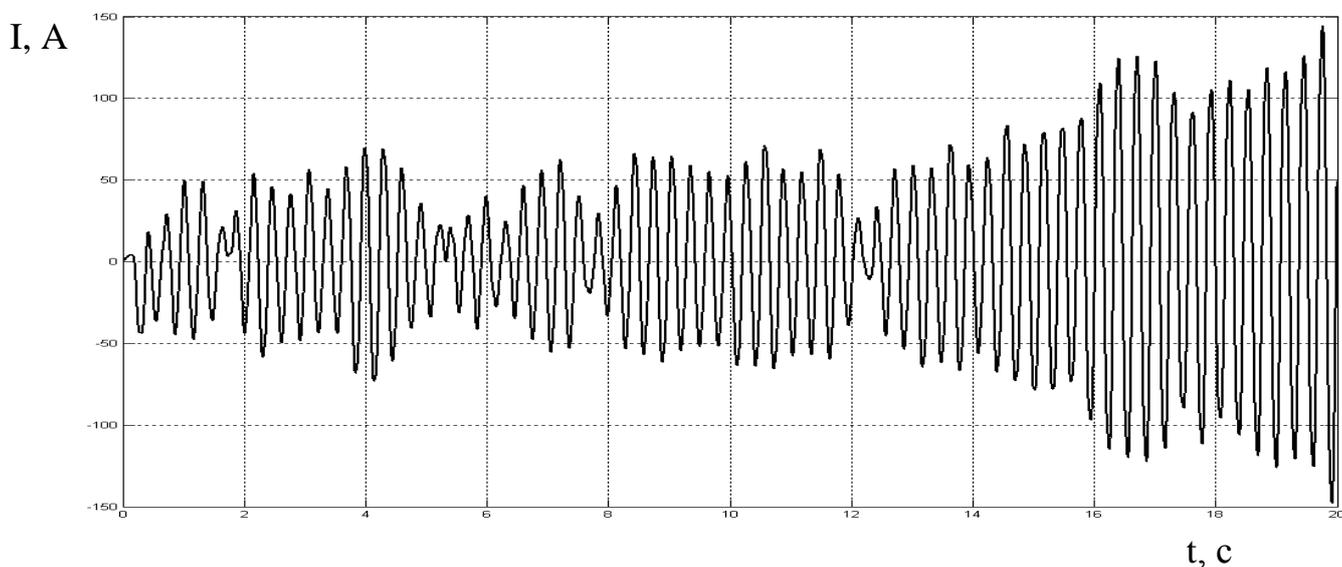


Рисунок 5 – График тока при частоте равной резонансной частоте

Выводы

1. Разработана математическая модель электромеханической системы с распределенными параметрами в среде MATLAB для проверки теоретических расчетов.

2 Выполнено математическое моделирование электромеханической системы с распределенными параметрами в среде MATLAB, которое подтверждает теоретические расчеты.

3 Амплитуда графика тока при резонансной частоте увеличивается примерно в 8 раз за 20 секунд, как и должно быть при резонансной частоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнеев А.П., Ленеvский Г.С. Применение пакета MATLAB для исследования частотных характеристик в объектах с распределенными параметрами // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого.– 2005.– №3.– С. 55-59.
2. Корнеев А.П. Новый способ аппроксимации механической части нестационарной электромеханической системы с распределенными параметрами // Наука настоящего и будущего: Сборник материалов конференции V научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург. 17-18 марта 2017 г. // СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – Санкт-Петербург, 2017 – С. 168–170.
3. Толочко О. І. Аналіз та синтез електромеханічних систем зі спостерігачами стану. – Донецьк: Норд-Пресс, 2004.– 298 с
4. Karneyev A.P., Lenevsky G.S. Development of a stand for research of systems with the distributed parameters / Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol. 41' 2011 (32-35).