

А. О. Гращенко – студент кафедры электромеханики

М. А. Волохов (канд. техн. наук, доц.) – научный руководитель

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ В СРЕДЕ MATLAB

Асинхронные машины принадлежат к классу электрических машин переменного тока. Они применяются на практике главным образом как двигатели. Наибольшее распространение имеют трехфазные асинхронные двигатели. Они находят себе самое широкое применение на заводах, фабриках, в сельском хозяйстве, на строительных работах, для вспомогательных механизмов электрических станций. Асинхронные двигатели являются основными преобразователями электрической энергии в механическую и составляют основу электропривода большинства механизмов, используемых во всех производствах.

При проектировании электрических машин не обойтись без оценки соответствия технико-экономических показателей современному мировому уровню при соблюдении требований государственных и отраслевых стандартов. Так же необходимо учитывать назначение и условия эксплуатации, коэффициент полезного действия, стоимость материалов, технологию производства и надежность в работе.

Технология изготовления электрических машин напрямую связана с их расчётом и конструированием. Поэтому при проектировании необходимо стремиться к максимальному снижению трудоемкости изготовления.

При оптимальном проектировании современных серий двигателей в основу положен критерий минимума приведённых суммарных затрат на производство и эксплуатацию двигателей. При установлении геометрических размеров и основных параметров проектируемых двигателей используют математические методы нелинейного программирования. Известно немало методов оптимального проектирования, но они малоприменимы для решения сложных и специфических задач, касающихся проектирования электрических машин. Потому по сегодняшний день наилучшие решения достигаются путём расчёта и сравнения различных вариантов проекта.

Для того, чтобы получить оптимальный проект необходимо сопоставить многие варианты расчёта. По этой причине без применения ЭВМ не обходится ни один серьёзный расчёт электрических машин. С развитием компьютерных технологий и появлением на рынке огромного количества программного обеспечения для инженеров стало возможно исследовать поведение электрических машин в различных режимах работы, что значительно ускоряет расчёт и проектирование. Гибкая система регулирования параметров при моделировании виртуальных машин позволяет существенно повысить точность расчётов и определить слабые места проектируемых аппаратов, что даёт возможность сэкономить на проведении опытных испытаний.

В качестве решения вышеизложенной проблемы проведём исследование на компьютерной модели асинхронного двигателя электромагнитных и электромеханических процессов. За основу возьмём данные рассчитанного асинхронного двигателя по заданным номинальным данным.

Трёхфазная асинхронная машина описывается системой из шести дифференциальных уравнений. Для упрощения исследования на ЭВМ проведём преобразование трёхфазной машины к двухфазной, которую можно описать четырьмя уравнениями. Уравнения трёхфазной машины преобразуем по средствам представления в другой системе координат, вращающейся с синхронной скоростью. Так же выразим токи статорных и роторных обмоток через потокосцепления. После выполнения вышеописанных действий получим нелинейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, удобные для численного решения. В результате преобразования возникают структурные изменения уравнений:

- добавлены ЭДС вращения в роторной цепи, которые учитывают взаимные перемещения статора и ротора;
- ротор остановлен, а оси обмоток статора и ротора совмещены – коэффициенты постоянны.

Пакет прикладных программ MATLAB предоставляет нам возможность провести анализ виртуального асинхронного электродвигателя. Поставленную задачу можно реализовать при помощи пакета Simulink, используя библиотеку блоков SimPowerSystems и в частности раздел Machines – электрические машины. Simulink-модель асинхронной машины с короткозамкнутым ротором приведена на рис.1

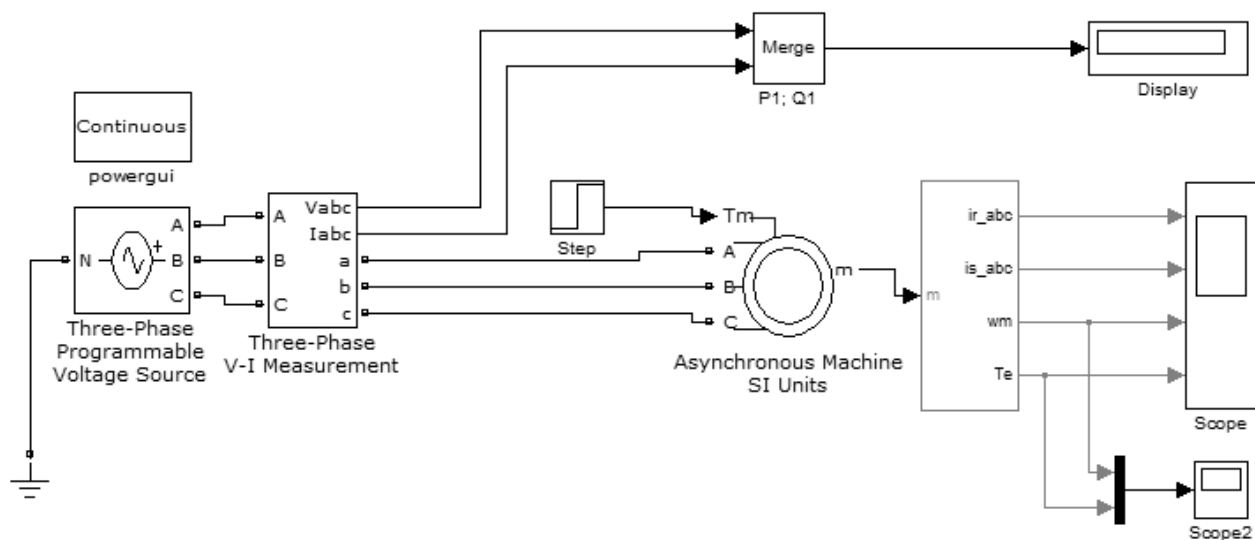
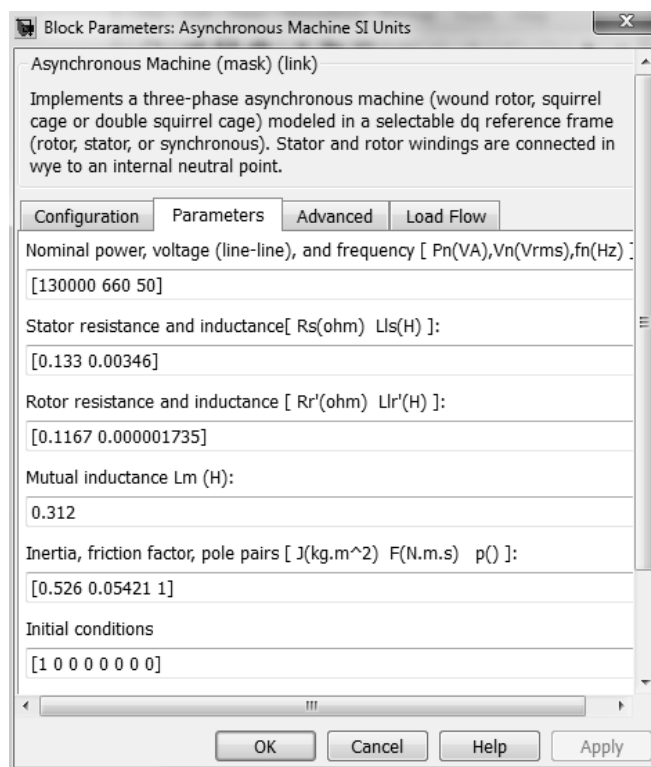


Рис. 1. Simulink-модель асинхронной машины с короткозамкнутым ротором¹

Модель асинхронной машины включает в себя модель электрической части, представленной моделью пространства состояний четвертого порядка и модель механической части в виде системы второго порядка. Все электрические переменные и параметры машины приведены к статору. Исходные уравнения электрической части машины записаны для двухфазной системы координат.

В виртуальную модель асинхронного двигателя вводятся относительные параметры машины. Окно задания параметров модели асинхронной машины представлено на рис. 2



¹Черных И.В. SimPowerSystem: Моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink. Сайт сообщества пользователей Matlab и Simulink: matlab.exponenta.ru

Рис.к 2. Окно задания параметров

Параметры блока:

- 1) тип ротора;
- 2) координатная система отсчёта;
- 3) номинальная мощность, действующее линейное напряжение, номинальная частота;
- 4) сопротивление и индуктивность статора;
- 5) сопротивление и индуктивность ротора;
- 6) взаимная индуктивность;
- 7) момент инерции, коэффициент трения и число пар полюсов;
- 8) начальные условия: параметр задаётся в виде вектора включающего в себя скольжение, угол фазы, начальные значения токов статора, начальные фазы токов статора.

Исходными данными для расчета параметров машины являются следующие: P_n – номинальная мощность, Вт; U_n – номинальное линейное напряжение, В; f – частота сети, Гц; n_n – номинальная скорость вращения вала, об/мин; p – число пар полюсов; η – коэффициент полезного действия, о.е.; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности, о.е.; I_n – номинальный ток статора, А; k_I – кратность пускового тока, о.е.; m_n – кратность пускового момента, о.е.; m_{max} – кратность максимального момента, о.е.; J – момент инерции, кг м².

Окно настройки блока измерения переменных состояния представлено на рис. 3.

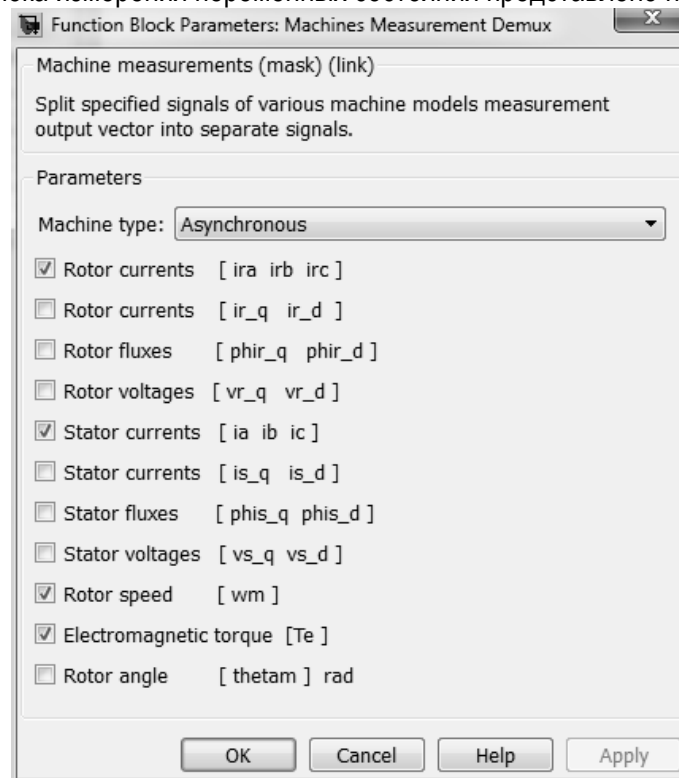


Рис. 3. Окно настройки блока измерения переменных состояния

Результатами моделирования являются кривые $M_s = f(t)$ и $\omega = f(t)$ при прямом пуске и последующем сбросе нагрузки, представленные на рис. 4 и рис. 5.

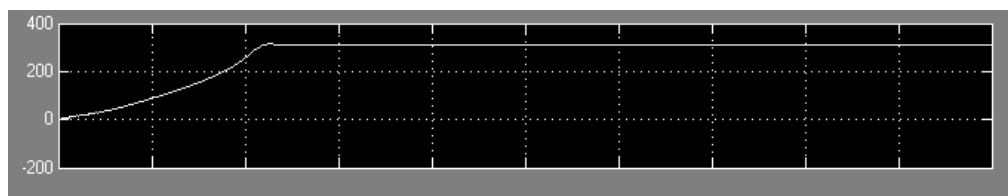


Рис. 4. Кривая $\omega = f(t)$

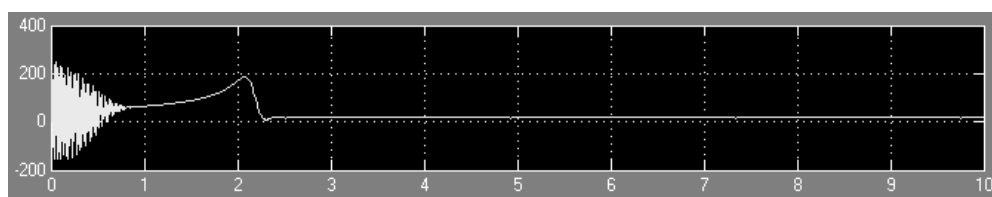


Рис. 5. Кривая $M_{\varepsilon} = f(t)$

Для оптимального проектирования разумно использовать метод планирования экспериментов. После проведения ряда экспериментов по их результатам строится функция отклика. Функция отклика отыскивается в виде алгебраического полинома – отрезка степенного ряда. Для записи условий проведения опытов и результатов используется таблица, называемая матрицей планирования. Применение метода планирования экспериментов позволяет при минимальном количестве опытов построить функцию отклика и определить оптимальное сочетание факторов.