# Определение параметров синхронного двигателя для упрощенной математической модели

1. Определение активного сопротивления обмоток статора синхроного двигателя.

Существует несколько методов определения активного сопротивления обмоток СГ:

* методом сопротивления: необходимо провести, по крайней мере, три измерения, каждый раз сбивая настройку моста; сопротивление можно измерять на контактных кольцах или на выводах обмотки, чтобы исключить сопротивление щеток и щеточного контакта;[3]
* методом вольтметра и амперметра: рекомендуется провести от трех до пяти измерений при разных значениях тока.[3]

Наиболее эффективно использовать метод непосредственного измерения сопротивления на обмотках. Необходимо произвести измерения между двумя фазами не менее 3-5 раз, согласно рисункам 1-3.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1. Определение активного сопротивления между фазами A и B |

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2. Определение активного сопротивления между фазами B и C |

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3. Определение активного сопротивления между фазами C и A |

Получив значения необходимо получить среднеарифметическое значение каждой суммы фаз по формуле {1}

{Формула 1}

Далее необходимо решить систему уравнений {2}.

{Система уравнений 2}

1. Определение реактивное сопротивления обмоток статора синхронного двигателя

Для определения индуктивности обмоток статора синхронного двигателя необходимо собрать схему по схеме, изображенную на рис5. Она состоит из источника прямоугольных импульсов, осциллографа, датчика тока (резистора малого сопротивления).

1. Определение коэффициента электромеханического синхронного двигателя

Исходя из уравнения напряжений ,например, на фазе А обмоток синхронного двигателя:

Где –напряжение самоиндукции, наводящаяся соседними фазами;  
 – взаимоиндуктивность между фазами А и B, A и C соответственно.

Для того чтобы измерить коэффициент электромеханические необходимо чтобы Тогда получаем уравнение:

Из уравнения видно что, для того чтобы определить коэффициент надо на двигателе установить постоянную частоту вращения и измерять напряжение на фазах. Для того чтобы это сделать, необходимо собрать стенд для измерения коэффициента, изображенный на рис. «».   
Стенд состоит из испытуемого синхронного двигателя, муфты, двигатель, задающий фиксированную скорость вращения вала двигателя испытуемого, и осциллографа, измеряющий выходные сигналы с фаз синхронного двигателя.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. «». Схема для определения коэффициента электромеханического |

# Упрощенная математическая модель синхронного двигателя с возбуждением постоянными магнитами

Электропривод на основе синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) является перспективным для электроустановок с автономным питанием при повышенных требованиях по надежности и качеству регулирования положения.[1]

Математическое моделирование — это эффективный инструмент анализа систем электропривода, обеспечивающий многовариантное определение интегральных характеристик и показателей качества функционирования на динамических режимах. Широко известно приложение Simulink с библиотекой SimPowerSystems, предназначенное для решения подобных задач. При неоспоримых достоинствах это средство оказывается ограниченным в случаях анализа новых недостаточно изученных объектов, к которым относится электропривод на основе СДПМ. В частности, нет полных данных о допущениях и идеализациях, принятых при реализации предлагаемых макроэлементов силовой части и системы управления. Например, при использовании звена, формирующего по мгновенным значениям фазных напряжений сигналы пространственно-векторной модуляции, переключения вентилей предполагаются полностью согласованными с сигналами управления. Не учитываются возможные пропуски некоторых сочетаний в отдельных периодах модуляции. Попытка создания собственных макрозвеньев, уточняющих отображение сложных аналого-цифровых функций преобразования сигналов на основе базовых звеньев, приводит к необходимости применения недопустимо громоздких логических цепочек, которые могут включать в себя безынерционные обратные связи. В некоторых ситуациях их срабатывание имеет противоречивый характер и приводит к неопределенностям. Неизбежным становится широкое применение программ-функций пользователя, т.е. обращение к стандартным средствам программирования. В целом, при анализе новых объектов остается эффективным путь разработки моделей на основе применения собственных схем замещения силовой части и алгоритмов отображения аналого-цифровых преобразований сигналов. Впоследствии отработанные модели могут быть реализованы в среде Simulink.[2]

При получении математической модели СДПМ принимается ряд упрощающих допущений:

* магнитная проводимость магнитопровода бесконечно большая по сравнению с магнитной проводимостью воздуха, из-за чего конфигурация магнитного поля полностью определяется конфигурацией воздушного зазора и все электромагнитные процессы протекают в воздушном зазоре между статором и ротором;[1]
* отсутствие насыщения магнитных цепей;
* отсутствие потерь в стали и вытеснения тока в обмотках;
* синусоидальное распределение в пространстве кривых намагничивающих сил и магнитных индукций;
* независимость индуктивностей рассеяние обмоток статора от положения статора;
* независимость индуктивных сопротивлений рассеяния от положения ротора и от тока в обмотках.

Приняв ряд вышеизложенных допущений, процесс создания математической модели синхронного двигателя значительно упрощается.

Так как в двигателе обмотки соединены «звездой», то при получении уравнений напряжений считаем все относительно средней точки , согласно рис.3.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3. Соединение обмоток в двигателе |

Уравнение электрического равновесия для одной фазы :

Система уравнения электрического равновесия для каждой фазы обмоток статора:

*Где – взаимоиндукция влияющая на соседние обмотки статора.*

*Из уравнений 1 и 2 получаем фазные токи:*

*Для удобного анализа полученных уравнений и дальнейшего моделирования в Matlab, преобразуем уравнения, разбив на слагаемые.*

*Так как последние два слагаемых в каждом уравнении содержат частные производные, то можно принять что токи соседних фаз постоянными для дальнейшего математического анализа уравнений.*

*Так как при соединении звездой пространственный угол между векторами токов равен 120 градусов. То примем что оси координат располагаются согласно рисунку Х.*

|  |
| --- |
|  |
| *Рисунок 4. Расположение осей координат* |

*Проекции суммарного вектора тока на оси X и У, показанных на рис.4. Так как вектора тока фазы С параллелен оси , то получаем уравнения:*

*Из полученных проекций суммарного вектора тока, выразим «длину» и «угол» вектора:*

*;*

Угол вращения магнитного поля получается равным:

*Где –угол отставания ротора от вращающегося поля статора.*

*Уравнение момента*

*Где - коэффициент двигателя электромагнитный конструктивный.*

# Список источников и литературы

1. Бисов А. А. Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами // Молодой ученый. — 2014. — №21. — С. 104-108.
2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ
3. Математическое моделирование электропривода на базе синхронных двигателей с постоянными магнтика, А.И. Байков, М.В. Андрюхин, И.В. Бобылев, Нижний Новгород, 2014 г.
4. ГОСТ Р МЭК 60034-4-2012 Машины электрические вращающиеся. Часть 4. Методы экспериментального определения параметров синхронных машин