# 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.4 Необходимо произвести измерения между двумя фазами не менее 3-5 раз, согласно рисункам 1-3.

Измерив значения на соответствующих фазах 3-5 раз

*где n- кол-во измерений между фазой A и B.*

*где n- кол-во измерений между фазой A и C.*

*где n- кол-во измерений между фазой C и B.*

*Решив систему уравнений получаем значения активных сопротивлений каждой фазы.*

|  |
| --- |
|  |
| 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 |

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. «». Конструктивная 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]

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 постоянные 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 - электромагнитный конструктивный коэффициент двигателя.*

# Математическая модель синхронного двигателя в программе Matlab

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]

# Разработка кинематической схемы рулевого привода

Особенности при проектировании подвески зависят от типа и размера электромашины, а также от дополнительных агрегатов.

Существуют не сколько конструктивных подходов для проектирования рулевого привода. 1) Если колесо имеет большие размеры, то электромашину можно разместить внутри обода, но это может привести к значительному увеличению непосредственной массы, что приведет к ухудшению управляемости и устойчивости. Требуется переработка направляющего аппарата подвески, силовой структуры крепления элементов подвески, потребуются работы по оптимизации собственной частотной характеристики системы подрессования. Данный конструктивный подход характерен для большегрузных автомобилей. 2) Если пространства внутри обода недостаточно и не удается скомпоновать электромашину вблизи колеса, то применяют привод электромашин к колёсам через оси в этом случае электромашины подрессорены и изолируются от кузова при помощи эластичных элементов.

Так как в данной диссертации рулевой привод колеса разрабатывается для большегрузного электротягача. То было решено разместить электропривод поворота колеса разместить вне обода колеса, не увеличивая массу колеса. На рисунке X изображена примерная кинематическая схема.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунке1. Кинематическая схема рулевого привода. |

# Расчет потребной мощности для поворота колеса

Движение любого колеса при повороте машины можно рассматривать состоящим из движения в направлении в продольной плоскостью оси, совпадающей с центральной продольной плоскостью колеса, и поворота относительно вертикальной оси на некоторый угол, увеличивающийся с увеличением кривизны траектории движения колеса. При малых углах поворота имеются лишь упругие деформации шины. При этом возникает момент сопротивления повороту, пропорциональный как углу поворота колеса в плоскости дороги, так и угловой жесткости шины в поперечной плоскости.

Однако при углах поворота колеса, больше 2…3°,происходит скольжение отпечатка шины по опорной поверхности, которое вызывает дополнительный момент сопротивления повороту колеса, зависящий от сцепления колеса с опорной поверхностью. Этот момент можно представить моментом пары сил сопротивления скольжению, представляющих собой равнодействующие сумм удельных сил сцепления, распределенных по всей площади отпечтка, соответственно с различными для каждой пары плеч. Поэтому усилия для поворота колеса считается по формуле:

Где ­ ­– площадь отпечатка, имеющего эллиптическую форму, – суммарная векторная сумма сил приложенных к колесу; – коэффициент сцепления.

Для расчета площади отпечатка колеса необходимы параметры колеса. По ГОСТ 5513-97 «Шины пневматические для грузовых автомобилей, прицепов к ним, автобусов и троллейбусов» выбран размер 425/65R22,5: наружный диаметр – 1122 мм, ширина профиля – 425 мм, статический радиус – 525 мм, максимально допустимая нагрузка для одинарных колес – 50,52 кН. Для определения пятна

Поэтому площадь отпечатка колеса рассчитывается по формуле:

Значит необходимое усилие для поворота колеса равно:

Задаемся скоростью поворота колеса для данного колеса. Так как максимальный угол поворота составляет 30° и максимальное время 1с. Поэтому максимальная скорость поворота колеса равна:

Рассчитываем механическую мощность:

Значит максимальная мощность для ситуации, когда колесо поворачивается на месте равно 378,77 Вт.

# Редуктор

«Цилиндрические. Это самый распространённый вид редукторов из-за своей простоты передаваемого крутящего момента и в то же время обладает максимальным КПД. Этот редуктор представляет собой зубчатые передачи и может состоять из нескольких ступеней. Количество таких ступеней зависит от нужного передаточного отношения и соответственно, чем оно выше, тем больше таких ступеней необходимо.»

«Червячный. Такой вид редуктора представляет собой винт с резьбой, на котором находится зубчатое колесо из специальным профилем зубьев. В процессе вращения этого винта (червяка) его витки в момент перемещения производят вращение червякового колеса в том же направлении. Поэтому червячный редуктор имеет ограничение в размерах и при этом имеют довольно низкую шумность и плавность хода.»

«Коническо — цилиндрический. Как и все редукторы он предназначен на регулирование передаточного движения между валами. Этот вид редуктора в основном используют для работы конвейерных линий, но для его работы необходимо чтобы были в работе все элементы основного механизма.»

«Волновой. Основной принцип работы волнового редуктора заключается в том, что он обеспечивает многопарное зацепление зубьев в отличие от других, но недостатком его является ограничение частоты вращения ведомого вала при наличии зубчатых колес с большим диаметром.»

# 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