

## МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО МАГНИТНОГО РЕДУКТОРА

Узяков Р.Н., Сурков Д.В., Греков Э.Л.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

В технике широко применяются устройства для передачи вращающего момента – трансмиссии. Основная задача трансмиссии – уменьшение угловой скорости и соответствующее повышение вращающего момента. Данное преобразование может быть реализовано и с помощью магнитного взаимодействия ведущего и ведомого звеньев – магнитного редуктора [1]. Но данные редукторы имеют существенный недостаток – малую величину передаваемого момента. Для увеличения передаваемого вращающего момента нами разработан магнитный редуктор со статором. В данном редукторе используются принципы построения магнитных муфт и синхронных электродвигателей с постоянными магнитами. В отличие от механических и традиционных магнитных редукторов взаимодействие ведущего и ведомого звеньев происходит не непосредственно между собой, а через неподвижное промежуточное звено – статор.

Для проверки работоспособности данного технического решения разработана и изготовлена модель синхронного магнитного редуктора, представленная на рисунке 1.

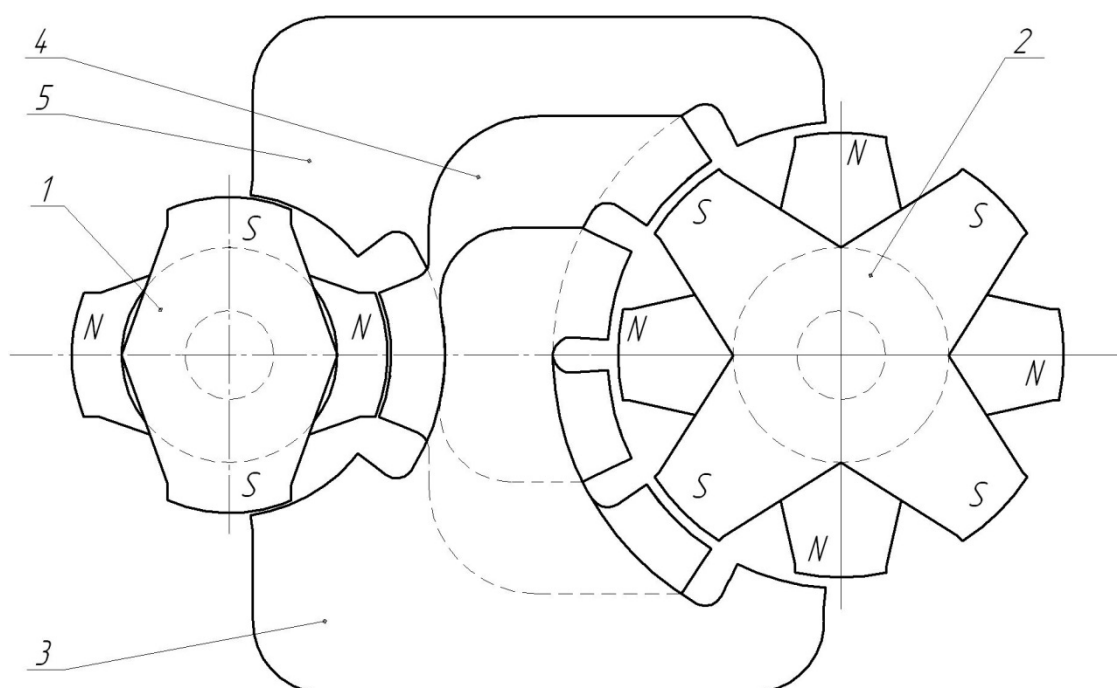


Рисунок 1 – Модель синхронного магнитного редуктора.

Редуктор имеет два ротора (ведущее и ведомое звенья) и статор, обеспечивающий магнитное взаимодействие полюсов роторов, состоящий из трех магнитопроводов. Магнитопроводы расположены в трех параллельных

плоскостях, находящихся на расстоянии друг от друга. По конструкции роторы аналогичны ротору синхронной машины с клювообразными полюсами, магнитодвижущая сила создается неодимовыми магнитами (NeFeB).

Синхронный магнитный редуктор состоит из следующих основных элементов: быстроходного ротора 1, содержащего две пары полюсов, тихоходного ротора 2, имеющего четыре пары полюсов, и статора состоящего из трех ферромагнитных магнитопроводов 3, 4 и 5, между которыми имеется значительный зазор. Между роторами и статором имеется основной воздушный зазор. Каждый ферромагнитный магнитопровод имеет со стороны быстроходного ротора один зубец, а со стороны тихоходного ротора два зубца.

Синхронный магнитный редуктор работает следующим образом. В исходном положении (рисунок 1) полюс «N» быстроходного ротора взаимодействуют с полюсами «S» тихоходного ротора через элемент статора 4. А полюса «S» быстроходного ротора взаимодействуют с полюсами «N» тихоходного ротора через элементы статора 3 и 5. При повороте быстроходного ротора, например, по часовой стрелке на половину зубцового деления, для представленной схемы на угол  $30^\circ$ , полюс «S» быстроходного ротора будет взаимодействовать с тихоходным ротором через элемент статора 5. А полюс «N» быстроходного ротора будет взаимодействовать с тихоходным ротором через элементы статора 3 и 4. При этом, тихоходный ротор повернется против часовой стрелки на половину зубцового деления, для представленной схемы на угол  $15^\circ$ . Таким образом, отношение углов поворота роторов и угловых скоростей, для представленной схемы, передаточное отношение  $i = 2$ .

Если ведущим звеном будет тихоходный ротор, то мы получим мультипликатор с передаточным отношением  $i = 0,5$ .

Трехэлементный статор обеспечивает плавное, направленное вращение магнитного поля (как в трехфазном электродвигателе) и одновременное сцепление через статор магнитных потоков полюсов быстроходного и тихоходного ротора.

Для расчета магнитного поля редуктора и вращающих моментов роторов была использована программа FEMM 4.2, которая позволяет рассчитывать «плоское» магнитное поле методом конечных элементов.

Для расчета магнитного поля редуктора в программе FEMM 4.2 была разработана расчетная модель (рисунок 2), полученная преобразованием исходной модели. Кольцевые магниты в центре роторов заменены магнитами на наконечниках полюсов, создающими эквивалентную магнитодвижущую силу на один полюс. Ввиду симметричности роторов, магнитопроводы были перенесены в одну плоскость. Так как расстояние между магнитопроводами в перпендикулярном рисунку 1 направлении составляет 5 мм, то между ними протекает значительный магнитный поток рассеивания. Для учета этого потока в модели были введены два магнитных «мостика» (рисунок 2, справа), имеющих эквивалентную магнитную проводимость.

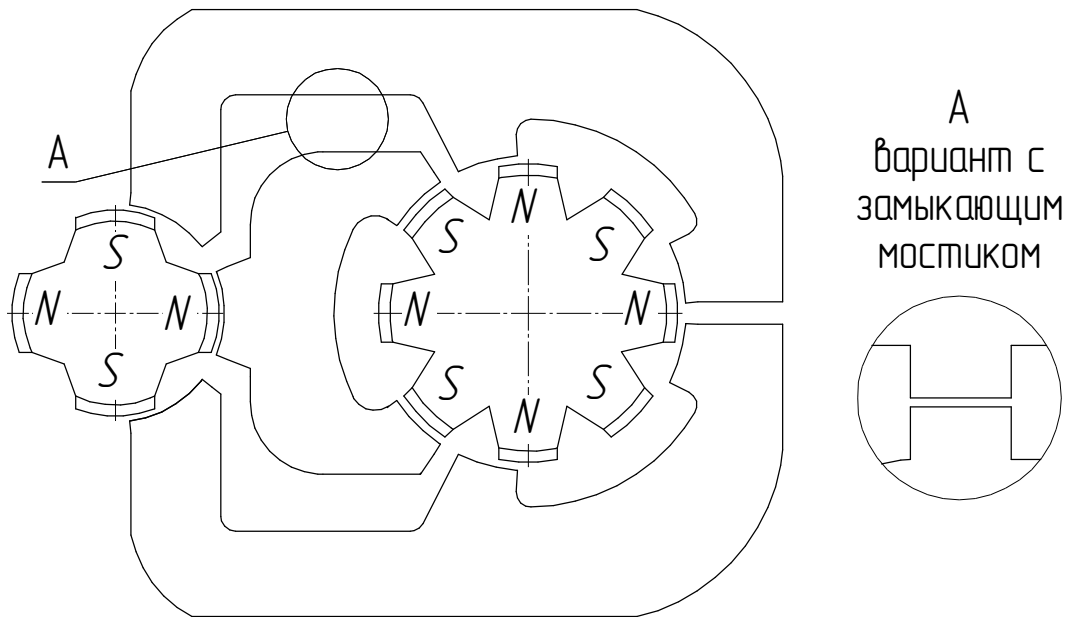


Рисунок 2 – Расчетная модель магнитного редуктора, исходная и с учетом потоков рассеивания.

Был выполнен расчет магнитного поля редуктора при различных положениях роторов. В результате были определены вращающие моменты роторов, приведенные на рисунке 3. Моменты роторов приведены в зависимости от угла поворота противоположного ротора соответственно.

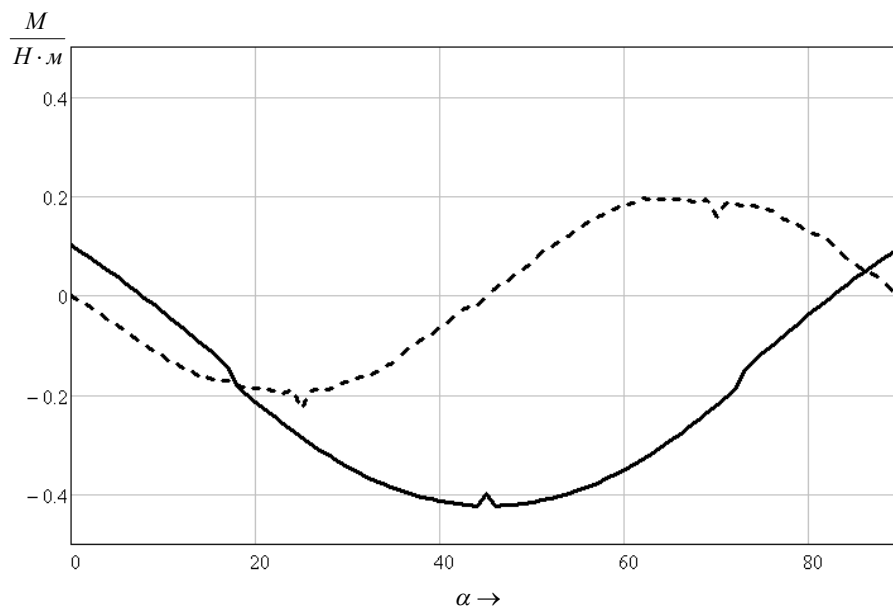


Рисунок 3 – Вращающие моменты быстроходного (прерывистая линия) и тихоходного ротора (сплошная линия).

Анализ проведенных расчетов показал:

1. Работоспособность предложенного решения.
2. Значительную величину потоков рассеивания (замыкание магнитных потоков через зазор между магнитопроводами).

3. Наличие значительных пульсации моментов роторов, вызванных неравномерностью воздушного зазора и паразитными реактивными моментами.

Основным результатом проведенных исследований является подтверждение принципиальной работоспособности и необходимость изменения конструкции статора.

#### *Список литературы*

1 Ганзбург Л.Б. Проектирование электромагнитных механизмов/ Л.Б. Ганзбург, А.И. Федотов // Справочник. – Л.; Машиностроение. Ленингр. отделение, 1980. – 364 с.