

УДК 621.313

РАСЧЁТ МОМЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ С ОГРАНИЧЕННЫМ УГЛОМ ПОВОРОТА РОТОРА

А.А. Никулин, студент гр. 5-3Ф-12, 5 курс
Научный руководитель В.Н. Овсянников, к.т.н., доцент
Самарский государственный технический университет
Г. Самара

Основной характеристикой МД, определяющей его работоспособность, является его моментная характеристика, которая может определяться двумя зависимостями: момента от угла поворота ротора при постоянном токе управления ($M=f(\alpha)$) и момента от тока управления при фиксированном угле поворота ($M=f(I)$) [1]. Стабильность момента в пределах рабочих углов поворота имеет важное значение для построения системы управления. Эта величина, как правило, входит в число параметров, регламентируемых техническим заданием. Так, при разработке двигателей МД-100-1 величина пульсаций момента в пределах заданного угла ($\pm 5^0$) не должна была превышать 5% от номинального момента.

Ко второй характеристике предъявляются два основных требования: первое – минимизация зоны нечувствительности (в идеале равной нулю); второе – линейность характеристики и её достаточная крутизна.

Вращающий момент в программе рассчитывается как интегральная характеристика [2].

$$\vec{M} = \frac{1}{2} \int ((\vec{r} \times \vec{H}) \cdot (\vec{n} \cdot \vec{B}) + (\vec{r} \times \vec{B}) \cdot (\vec{n} \cdot \vec{H}) - (\vec{r} \times \vec{n}) \cdot (\vec{H} \cdot \vec{B})) ds, \quad (1)$$

где \vec{H} - индукция и напряжённость магнитного поля;

\vec{r}, \vec{n} - радиальный и нормальный векторы.

Для плоскопараллельной задачи вектор момента направлен параллельно оси z . Момент вычисляется относительно начала координат, которое совпадает в данной задаче с центром оси вращения ротора. Область интегрирования включает все элементы ротора, и ограничена поверхностью воздушного зазора. Как и в других плоскопараллельных задачах расчет ведется на единицу осевой длины машины (1 п.м.), поэтому размерность рассчитанного момента – Нм/м. для расчета в абсолютных величинах значение удельного момента необходимо умножить на активную длину машины.

На рис. 1 даны графики моментной характеристики в зависимости от тока управления.

Сплошная линия, соответствующая центральному положению ротора, идет на 2,2% выше пунктирной, соответствующей повороту ротора на $+5^0$. Обе линии практически не отличаются от прямых, что подтверждает предпо-

ложение о несущественном размагничивающем действии реакции якоря и практически неизменном магнитном потоке при увеличении нагрузки МД.

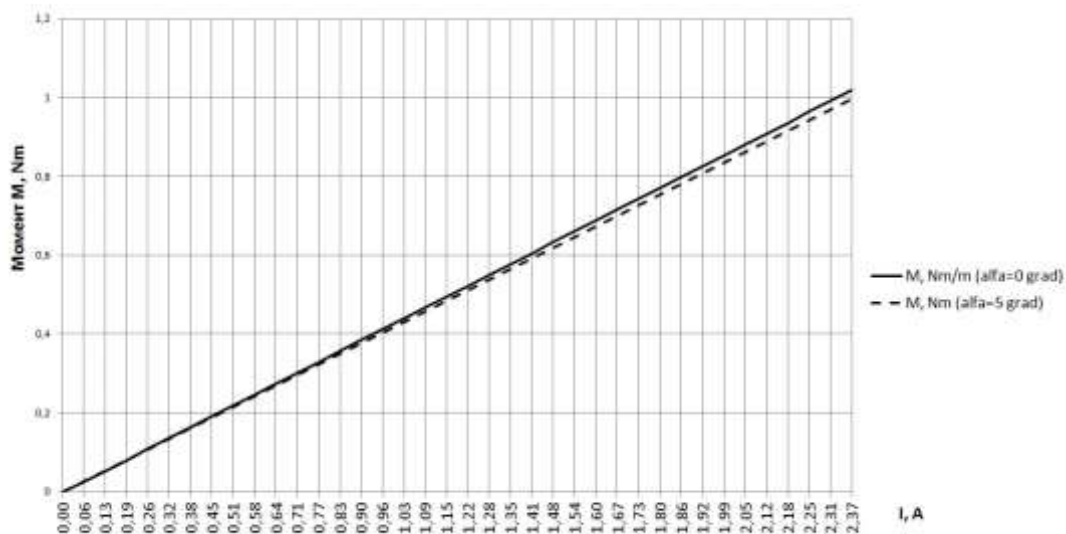


Рисунок 1 – Зависимость момента от тока управления при центральном положении ротора (сплошная линия) и повороте на $+5^{\circ}$ (пунктирная линия).

Расчет зависимости момента от угла поворота ротора при постоянном токе в обмотке статора проводился путем трансформации геометрической модели МД, заключающейся в повороте всех блоков модели, относящихся к статору относительно начала координат, совпадающего с осью вращения двигателя. Граница раздела областей статора и ротора проходила по середине воздушного зазора.

На рис. 2 приведена картина поля при максимальном рабочем угле поворота $+5^{\circ}$. Этому положению ротора и номинальному току статора соответствует значение удельного вращающего момента $36,4 \text{ Нм/м}$ ($M=0,983 \text{ Нм}$)

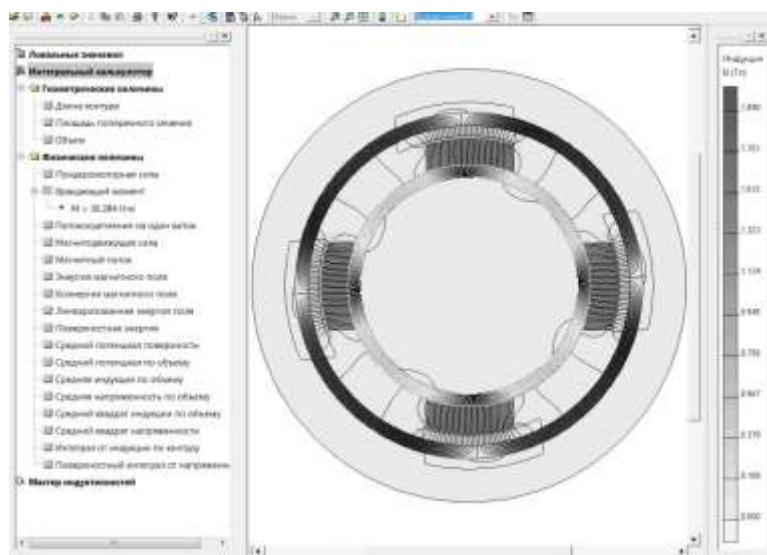


Рисунок 2 – Картина поля и расчет момента при повороте ротора на $+5^{\circ}$.

На рис. 3 приведена расчетная кривая момента двигателя МД-100-1 на всем диапазоне поворота ротора (сплошная линия). Пунктирной линией обозначен расчетный график момента, полученный по инженерной методике. Расхождение результатов на 2,3% в пределах рабочего угла поворота ротора объясняется тем, что в инженерной методике не учитывается изменение потока сцепления при повороте ротора. За пределами рабочего угла поворота ротора упрощенная инженерная методика для расчета момента дает неприемлемый по точности результат.



Рисунок 3 – Кривая момента во всем диапазоне поворота ротора.
 $M_{ср}$ – среднее значение момента в рабочей области.

Расчеты по уточненной математической модели с учетом полей рассеяния [3], впоследствии подтвержденные экспериментальными данными, показали, что нестабильность момента в пределах рабочего угла не превышает 2,3%. Этот результат говорит о правильности выбора основных конструктивных решений МД: беспазовой обмотки статора, возбуждения от постоянных магнитов, длины дуги обмотки, превышающей ширину полюса на заданный угол поворота.

Список литературы.

1. Столов Л.И., Афанасьев А.Ю. Моментные двигатели постоянного тока. - М.: Энергоатомиздат, 1989, 224 с.
2. Домбровский В.В. Справочное пособие по расчету электромагнитного поля в электрических машинах. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 256 с.
3. Овсянников В.Н., Макаричев Ю.А. Метод расчета коэффициента рассеяния беспазового моментного двигателя с постоянными магнитами. Изв. вузов. Электромеханика. №6, 2007 с. 38-40.