

## ВРАЩЕНИЕ РОТОРА МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПИТАНИИ

Самодуров И.Н., Ляпунова М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

На кафедре точного приборостроения Томского политехнического университета активно идет исследование макета моментного двигателя с ленточной намоткой. Одной из главных задач в настоящее время является поиск возможных путей практической реализации данной идеи.

Учитывая конструктивные особенности данного двигателя, считаем, что наиболее эффективно использование его в режиме импульсного включения, т.е. подача питания будет осуществляться кратковременно. Пуск двигателя происходит не из положения равновесия, а с небольшим отклонением, позволяющим нам преодолеть момент сопротивления сухого трения в опорах подшипников.

Отключение питания должно происходить до того момента, когда ротор двигателя достигнет полюсного деления. После отключения питания двигатель будет работать в режиме выбега.

На рисунке 1 представлена моментная характеристика двигателя при силе тока, равной 1 А, полученная экспериментальным путем[3].

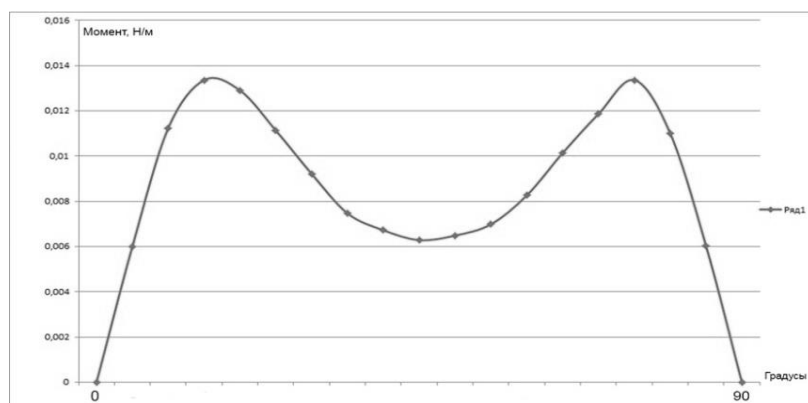


Рис. 1. Моментная характеристика двигателя

Полученная характеристика представляет определенные трудности для аналитического исследования, поэтому аппроксимируем в виде ряда отрезков прямой, как показано на рисунке 2.

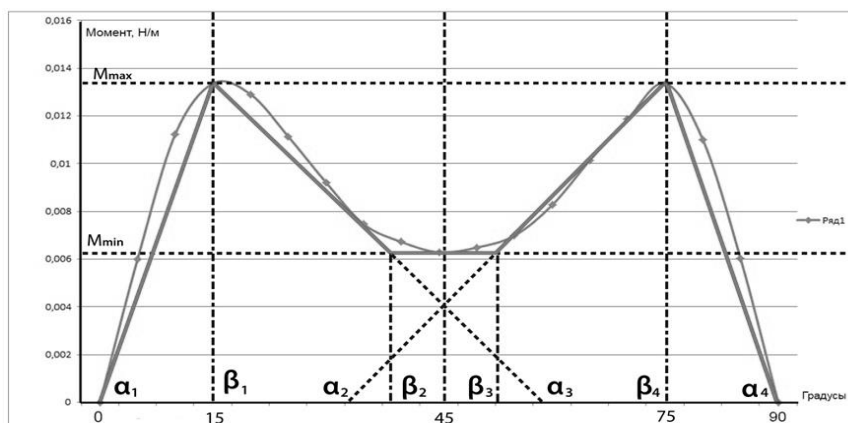


Рис. 2. Аппроксимация моментной характеристики двигателя

Характерные точки аппроксимированной кривой приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Значения углов на графике аппроксимации.

Название	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Угол, °	0	35	60	90	15	40	50	75

В зависимости от необходимого режима вращения ротора, можно осуществлять подачу питания на двигатель в течение различных углов поворота ротора, используя соответствующий датчик угла. В данной статье нами будет рассмотрен вариант подачи питания во время прохождения первого и второго участков. Основными задачами являются: нахождение времени подачи импульса и развиваемой угловой скорости. Для этого нам необходимо, на основании силовой характеристики, составить и решить дифференциальные уравнения для первого и второго участков, используя следующие данные, полученные экспериментальным путем[3]:

$$M_{\max} = 13.2 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad M_{\min} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad J = 3.37 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Уравнение движения для первого участка[2]:

$$\alpha_1 = 0$$

$$J\ddot{\alpha} = M_{\max} - \beta_1 \alpha \quad \alpha(0) = 5^\circ$$

Используя операторный метод решения дифференциальных уравнений, находим зависимость изменения угла с течением времени:

$$Jp^2 X(p) - 5Jp - CX(p) = 0; \quad C = \frac{M_{\max}}{\beta_1}$$

$$X(p) = 5 \left[ \frac{p}{p^2 - \frac{C}{J}} \right] = 5 \cdot \text{ch} \sqrt{\frac{C}{J}} t$$

Из полученной выше зависимости выводим время прохождения данного участка графика:

$$t = \frac{\text{ch}^{-1} \frac{\beta_1}{\alpha_0}}{\sqrt{\frac{C}{J}}} = \frac{\text{ch}^{-1} \frac{15}{5}}{\sqrt{\frac{13.2 \cdot 10^{-3}}{3.37 \cdot 10^{-3} \cdot 0.262}}} = 0.458 \text{ с.}$$

Зная то, что скорость это первая производная от координаты по времени находим конечную угловую скорость на данном участке:

$$\omega = \frac{d}{dt} \left( 5 \cdot \text{ch} \sqrt{\frac{C}{J}} \cdot t \right) = \frac{d}{dt} \left( 5 \cdot \text{ch} \sqrt{\frac{13.2 \cdot 10^{-3}}{3.37 \cdot 10^{-3} \cdot 0.262}} \cdot 0.458 \right) = 55.154 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Аналогично решаем уравнение для второго участка. Так же учитываем, что конечная скорость на предыдущем участке является начальной для данного участка.

$$J\ddot{\alpha} + M_{\max} \cdot \alpha = M_{\max}; \quad \frac{M_{\max}}{\alpha_3 - \beta_1} = F$$

$$X(p)(Jp^2 + C) = M_{\max} - 15p - 55.154$$

$$X(p) = 15 \cdot \text{ch} \sqrt{\frac{F}{J}} t + \frac{M_{\max} + 55.154}{\sqrt{F}} \cdot \text{sh} \sqrt{\frac{F}{J}} t$$

$$t = \frac{\beta_2}{\beta_1 \cdot ch \sqrt{\frac{F}{J}} + 55.167 \cdot sh \sqrt{\frac{F}{J}}} = \frac{0.697}{0.262 * ch(0.007) + 55.167 * sh(0.007)} = 0.455 \text{ с.}$$
$$15 * ch(0.007) * 0.455 + 55.167 * sh(0.007) * 0.455 = 87.979 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Конечная угловая скорость равна  $87.979 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Время подачи импульса 0.913 с. Решение задач подобного рода позволяет определить конечную скорость и время прохождения каждого участка.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартемьянов В.М., Иванова А.Г., Кодермятов Р.Э. Исполнительные двигатели с ленточной намоткой // Вестник Науки Сибири 2013. Номер 1 (7)
2. Самодуров И.Н., Кодермятов Р.Э., Иванова А.Г. Аналитическое исследование движения ротора моментного двигателя при импульсном питании // Современные техника и технологии: сборник докладов XX Международной юбилейной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3т. – Томск, 2014. – Т.1. – С. 269-270.
3. Самодуров И.Н., Кодермятов Р.Э. Экспериментальное определение характеристик двигателя с ленточной намоткой статора. // Современные техника и технологии: сборник докладов XX Международной юбилейной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3т. – Томск, 2014. – Т.1. – С. 239-240.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО ПРЕССОВАНИЯ ОКСИДНОЙ НАНОКЕРАМИКИ

Дуданец А.А., Ивашутенко А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

К настоящему времени разработано большое количество составов и технологий получения корундовой керамики, но основным её недостатком остается высокая температура обжига изделий (1700–1800°C). Для снижения роста кристаллитов в керамике важна минимизация воздействия высоких температур при ее спекании. Экспериментальные данные подтверждают, что повышение температуры спекания керамики приводит к большему размеру зерна и к ухудшению механических свойств. В частности, при спекании  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  со средним размером зерна 0,22 мкм наилучшие показатели имела керамика, спеченная при температуре 1300°C. Одним из необходимых условий для снижения температуры спекания является стартовая плотность прессовки. Повышение плотности укладки частиц увеличивает количество межчастичных контактов, и спекание при этом будет протекать и интенсивней, и равномерней. Кроме этого, высокая плотность укладки подразумевает не только малую пористость, но и малый размер пор и их равномерное распределение, что в конечном итоге ведет к ускоренному достижению полной плотности керамики. Проблемы прессуемости и рекристаллизации наноразмерных порошков значительно сузили возможности традиционных методов прессования и спекания в получении наноструктурных материалов и побудили к поиску новых подходов.

Применение высокоинтенсивных методов прессования в комплексе с использованием слабо агрегированных порошков повышает однородность укладки и