

**Рисунок 3 – Переходная характеристика
при периоде квантования $T = 0,004$ с**

Проведенные исследования подтверждают необходимость оценки требуемого быстродействия контроллера при построении привода постоянного тока с наблюдателем состояния методами математического моделирования. Для решения данной задачи может быть использована предложенная математическая модель. Результаты работы могут быть использованы при проектировании приводов постоянного тока.

Список цитированных источников

1. Филлипс, Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс Ч., Р. Харбор. – М. : Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.
2. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; пер. с англ. Б. И. Копылова. – М. : Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

УДК 621.865.8

Кокудович Д. В., Сааков А. В.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Прокопья О. Н.

АНАЛИЗ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

В настоящее время мехатронные системы находят все большее применение в робототехнике и других отраслях. Принципы построения данных систем определены [1, 2]. Основу данных систем составляют мехатронные модули, которые могут быть построены на основе различных типов двигателей. Синхронный электродвигатель позволяет обеспечить стабильную скорость вращения, которая зависит только от частоты питающего напряжения, что позволяет создавать высокоточные модули движения на его основе.

Принцип действия синхронно двигателя основан на взаимодействии магнитных полей статора и ротора. Вращающий момент синхронного двигателя зависит от угла θ между осями полюсов ротора и статора

$$M = M_m \sin \theta, \quad (1)$$

где M_m – максимальное значение момента.

Указанный угол

$$\theta = \alpha - \alpha_p, \quad (2)$$

где α и α_p – угол поворота поля статора и угол поворота ротора.

Зависимость $M = f(\theta)$ называется угловой характеристикой синхронного двигателя. Она представлена на рисунке 1.

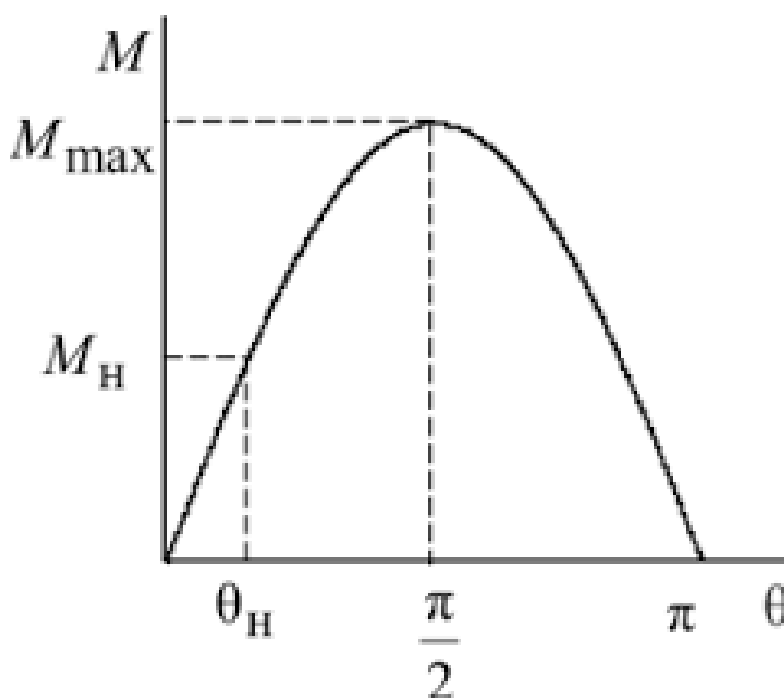


Рисунок 1 – Угловая характеристика синхронного двигателя

На угловой характеристике существует участок устойчивой работы двигателя. Максимальная устойчивость работы синхронного двигателя достигается при θ_H , обычно это значение находится в пределах $30\text{--}35^\circ$. При увеличении этого значения устойчивость работы синхронного двигателя уменьшается. При увеличении значения θ до 90° стабильная работа двигателя становится невозможной. Если нагрузка на двигатель превысит значение M_{\max} , двигатель выпадет из синхронизма и нормальный режим работы нарушится.

Уравнение движения ротора двигателя

$$M = (I_p + I_n) \ddot{\alpha}_p, \quad (3)$$

где I_p и I_n – момент инерции ротора и приведенный к ротору момент инерции механизма.

Уравнение (3) с учетом (1) и (2) можно записать в виде

$$\ddot{\alpha}_p = \frac{M_m}{I_p + I_n} \sin(\alpha - \alpha_p). \quad (4)$$

По уравнению (4) в приложении SIMULINK построена математическая модель мехатронного модуля, приведенная на рисунке 2, которая описывает изменение угла поворота ротора. Входной переменной является скорость вращения магнитного поля статора, которая формируется преобразователем частоты. При этом инерционность преобразователя не учитывается.

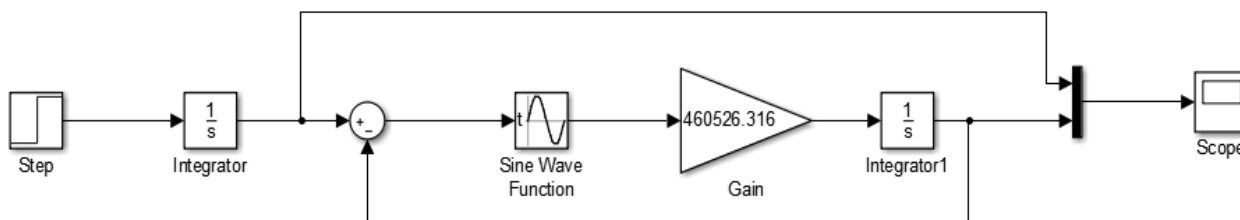


Рисунок 2 – Математическая модель мехатронного модуля в приложении SIMULINK

Данная модель позволяет исследовать характер движения ротора при подаче на двигатель напряжения определенной частоты, соответствующей заданной скорости вращения, и выявить условия, при которых происходит потеря синхронизма. На осциллограф выведены углы поворота магнитного поля и ротора. Результаты моделирования показаны на рисунках 3, 4 (увеличенные фрагменты осциллограмм, по которым можно определить смещение полюсов ротора относительно статора). Рисунок 3 соответствует заданной скорости вращения 9000 мин^{-1} , а рисунок 4 – скорости 105 мин^{-1} .

Из приведенных рисунков следует, что исследуемый двигатель не может с места разогнаться до скорости 9000 мин^{-1} , которая является для него номинальной. На рисунке 3 разность углов в отдельные моменты превышает $1,57 \text{ рад}$, что говорит о проскальзывании ротора относительно поля, т. е. потере синхронизма. В то же время на рисунке 4 разность углов не превышает $0,001 \text{ рад}$ (колебания ротора относительно поля незначительны). Соответственно, двигатель способен с места разогнаться до скорости 105 мин^{-1} в синхронном режиме. Следовательно, при задании высокой скорости вращения задающий сигнал необходимо подавать с линейным нарастанием в течение определенного времени, которое может быть установлено с помощью данной модели, что обеспечит разгон в синхронном режиме.

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет определить максимальную скорость нарастания входного сигнала, при которой обеспечивается корректная работа привода (без проскальзывания ротора относительно поля) для различных значений приведенного момента инерции механизма, что может использоваться при настройке управляющего контроллера.

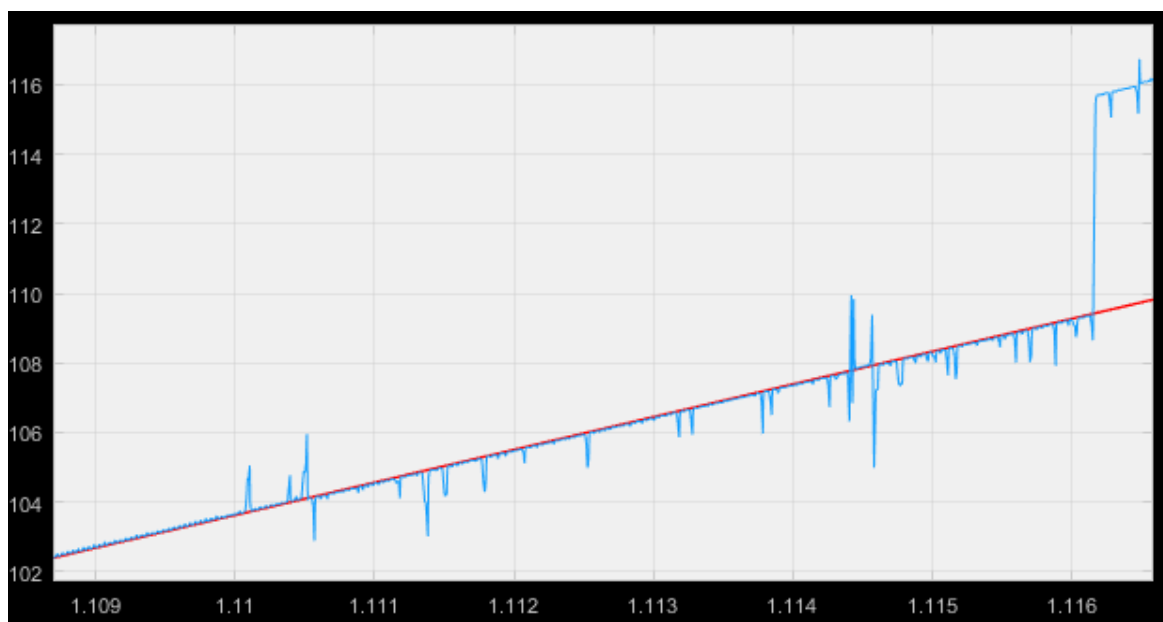


Рисунок 3 – Осциллограмма изменения углов поворота полюсов статора и ротора при заданной скорости 9000 мин⁻¹

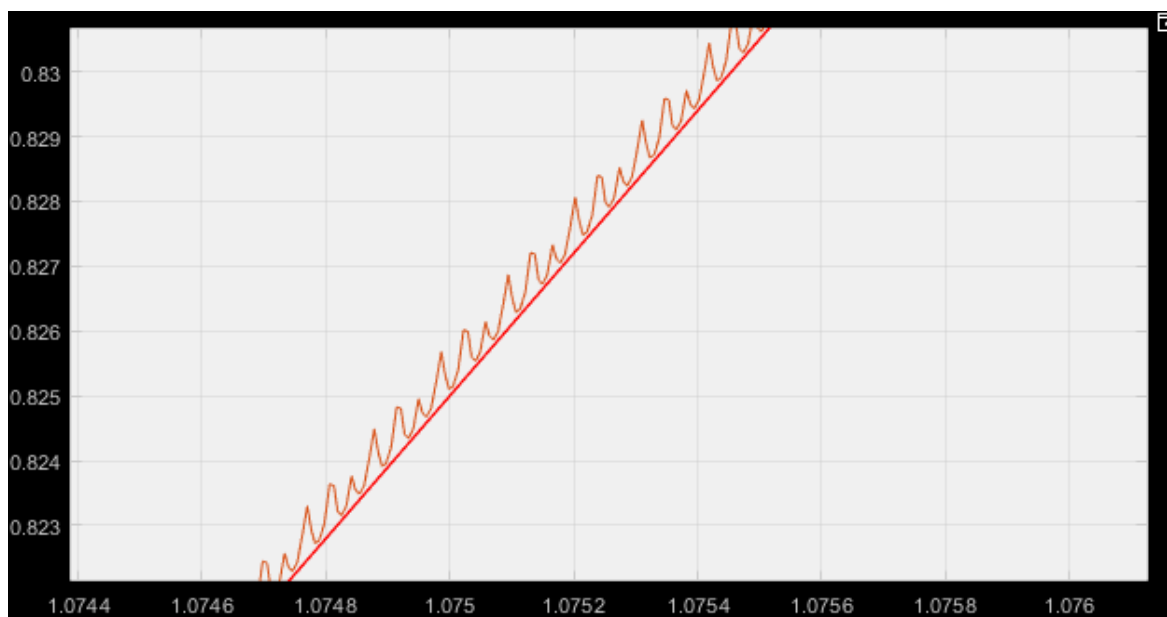


Рисунок 4 – Осциллограмма изменения углов поворота полюсов статора и ротора при заданной скорости 105 мин⁻¹

Результаты работы могут быть использованы при построении мехатронных модулей на основе синхронных электродвигателей и настройке их системы управления.

Список цитированных источников

1. Жавнер, В. Л. Мехатронные системы: учеб. пособие / В. Л. Жавнер, А. Б. Смирнов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 131 с.
2. Грабченко, А. И. Введение в мехатронику: уч. пособие / А. И. Грабченко [и др.]. – Х. : НТУ «ХПИ», 2014. – 264 с.