

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ (АД) ПРИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОМ НАПРЯЖЕНИИ ПИТАНИЯ

Введение. Современные системы векторного управления позволяют просто и эффективно управлять такими сложными объектами, как асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором [1]. Для реализации векторного управления необходимо знать информацию о состоянии электродвигателя, что раньше достигалось установкой датчиков внутри двигателя. Математическое моделирование электромагнитных процессов электродвигателя [2] позволяет отказаться от использования физических датчиков. В системах векторного управления напряжение на зажимы двигателя подается от преобразователя частоты и содержит высшие гармоники, которые могут нести полезную информацию о состоянии двигателя. Использовать классическую модель Горева-Парка можно только при идеальном синусоидальном напряжении статора, которое во вращающейся системе dq-координат становится константой. Выделяя из несинусоидального напряжения гармонические составляющие, можно применять уравнения Горева-Парка отдельно для каждой составляющей. В [3] рассмотрены принципы вычисления результирующего момента.

Постановка задач исследования. Искусственное введение высших гармоник в напряжение питания, в частности, седьмой гармоники, позволит проводить диагностику двигателя в рабочем режиме, подвергая токи и напряжения статора спектральному анализу. Требуется показать влияние высшей (седьмой) гармоники на работу АД.

Материалы исследования. Для записи уравнения момента рассмотрены схемы двух машин: с двумя статорами и двумя роторами, соединенными муфтами (рис. 1), и с двумя статорами и общим ротором (рис. 2).

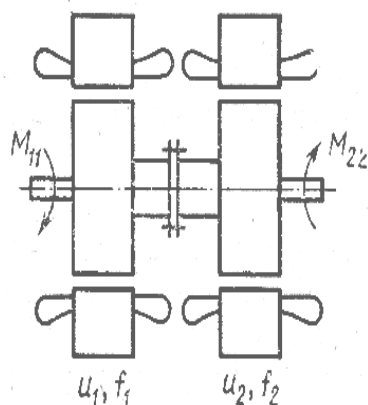


Рис. 1

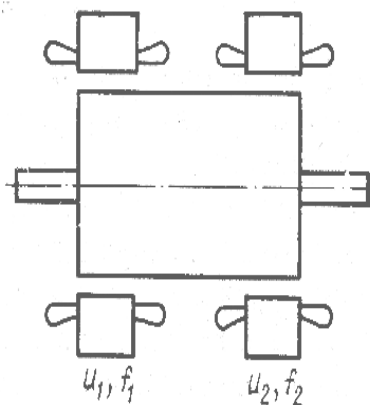


Рис. 2

В первом случае (рисунок 1) все гармоники создают моменты, вращающие роторы первой и второй машин

$$M = M_{11} + M_{22}. \quad (1)$$

В схеме с общим ротором (рисунок 2) существует связь между гармониками, и уравнение момента приобретает вид

$$M = M_{11} + M_{12} + M_{21} + M_{22}. \quad (2)$$

Для исследования установившегося режима работы асинхронного двигателя можно использовать модель по рис. 1, для динамического режима – модель по рис. 2.

В результате проделанной работы была создана расширенная система уравнений Горева-Парка (3), в основу которой положена модель, представленная на рис. 1:

$$\begin{cases} \frac{d\psi_{sd}}{dt} = \sum_{j=1}^K \left(u_{sdj} - \psi_{sqj} \omega_0 \cdot j - r_s \left(-a \cdot \psi_{sdj} + c \cdot \psi_{rdj} \right) \right); \\ \frac{d\psi_{sq}}{dt} = \sum_{j=1}^K \left(u_{sqj} + \psi_{sdj} \omega_0 \cdot j - r_s \left(-a \cdot \psi_{sqj} + c \cdot \psi_{rqj} \right) \right); \\ \frac{d\psi_{rd}}{dt} = \sum_{j=1}^K \left(-\psi_{rqj} (\omega_0 \cdot j - p\omega) - r_r \left(-b \cdot \psi_{rdj} + c \cdot \psi_{sdj} \right) \right); \\ \frac{d\psi_{rq}}{dt} = \sum_{j=1}^K \left(\psi_{rdj} (\omega_0 \cdot j - p\omega) - r_r \left(-b \cdot \psi_{rqj} + c \cdot \psi_{sqj} \right) \right); \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} \left(\frac{3}{2} p \frac{L_m}{L_R} a \sum_{j=1}^K \left(\psi_{sqj} \psi_{rdj} - \psi_{sdj} \psi_{rqj} \right) - M_C \right); \end{cases} \quad (3)$$

где $a = L_R / (L_m^2 - L_S L_R)$; $b = L_S / (L_m^2 - L_S L_R)$; $c = L_m / (L_m^2 - L_S L_R)$; ω – угловая скорость вращения ротора; J – момент инерции электропривода, приведенный к валу двигателя; L_S – индуктивность фазы статора; L_R – индуктивность фазы ротора; L_m – взаимная индуктивность обмоток статора и ротора; M_C – статический момент нагрузки; p – число пар полюсов двигателя; $r_s(r_r)$ – активное сопротивление фазы статора (ротора); u_{sd}, u_{sq} – проекции напряжения статора на оси d, q для соответствующей гармоники j ; $\psi_{sd}, \psi_{sq}, \psi_{rd}, \psi_{rq}$ – проекции потокоцеплений статора и ротора на оси d, q для соответствующей гармоники j ; ω_0 – синхронная скорость; K – общее число рассматриваемых гармоник. Результаты расчета показаны на рис. 3. Уравнения (3) положены в основу по-

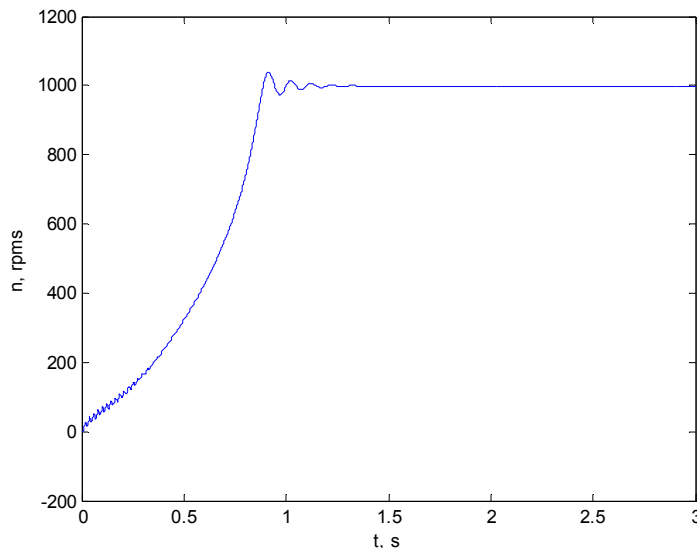


Рис. 3

строения системы векторного управления асинхронным двигателем, которая промоделирована в пакете Matlab. На рис. 3 представлен результат расчета прямого пуска асинхронного двигателя, в цепи напряжения питания которого присутствуют первая и седьмая гармоники.

Выводы. Наличие седьмой гармоники в напряжении питания не оказывает существенного влияния на работу двигателя. Искусственное создание седьмой гармоники может быть использовано в дальнейших исследованиях.

Так как модель на рис. 1 допустимо использовать при установившихся режимах, идет разработка расширенной системы уравнений Горева-Парка по образцу модели на рис. 2.

Литература.

1. Рудаков В.В. Асинхронные электроприводы с векторным управлением / В.В. Рудаков, И.М. Столяров, В.А. Дартау. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 136 с.
2. Мирсаитов К.М. Математическое моделирование асинхронного двигателя для применения в бездатчиковой системе векторного управления электроприводом: Статья / К.М. Мирсаитов, А.М. Олейников // Механика, энергетика, экология: Сб. научн. трудов Севастопольского национального технического университета – Севастополь, 2006. – Вып. 75. – С. 208-212.
3. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. для вузов / И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 1987. – 248 с.
4. Ницай В.Е. Расчет динамических режимов судовых автоматизированных электроприводов / В.Е. Ницай. – Л.: Судостроение, 1970. – 192 с.
5. ГОСТ 5.6181-81 Судовые электроэнергетические системы, методы расчета переходных процессов. – М.: Госстандарт, 1981. – 596 с.

MATHEMATICAL SIMULATION OF INDUCTION MOTOR ACT IN CASE OF NON-SINE SUPPLY VOLTAGE

The mathematical model of the induction motor and structure of sensorless system of vector controlled asynchronous electric drive is considered. The example of modeling of direct start-up of the real engine is resulted at connection to ac power supply.