

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ МОМЕНТА НАГРУЗКИ ПО НЕСИНУСОИДАЛЬНОМУ ПЕРИОДИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ

А.В. Куксин, А.В. Романов

В статье рассмотрены вопросы применения векторной системы управления следящим электроприводом на базе вентильного двигателя. Приведены математическая модель системы и результаты ее исследования.

Ключевые слова: следящий электропривод, вентильный двигатель, система векторного управления, двухконтурное регулирование

Следящий электропривод на базе вентильного двигателя.

Следящий электропривод обеспечивает заданный закон движения вала исполняющего двигателя и должен ориентировать оконечное устройство на угол укладки в соответствии с поступающими сигналами задания угловой скорости вращения и угла.

Следящие электроприводы применяются в антенных радиотелескопах, системах спутниковой связи, металлообрабатывающих станках, приводах роботов и манипуляторов, автоматических измерительных приборах.

Рассматриваемый электропривод должен обеспечивать вращение оконечного устройства с фиксированными скоростями при максимальном моменте нагрузки.

В зависимости от угла поворота оконечного устройства момент нагрузки изменяется по несинусоидальному периодическому закону (рис. 1).

Целью математического моделирования следящего электропривода на базе вентильного двигателя является разработка оптимальной структуры следящего привода, отвечающей следующим требованиям:

- обеспечение вращение вала двигателя с фиксированными скоростями: 1 рад/с и 0,5 рад/с при действии момента нагрузки, характер изменения которого представлен на рис. 1.

- максимальное значение момента нагрузки 5000 Н·м;

- позиционировать вал двигателя по сигналу задания угла.

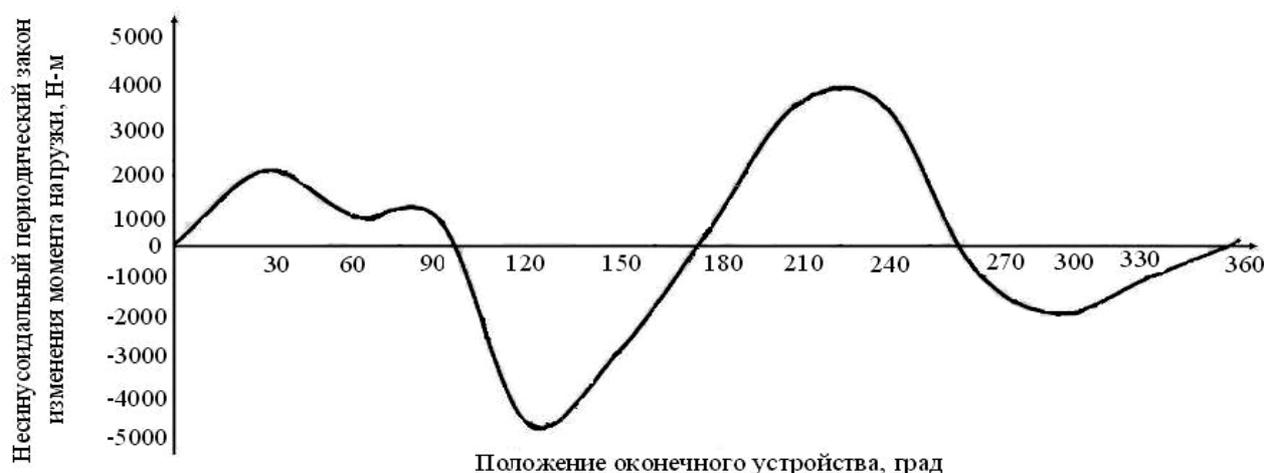


Рис. 1. Характер изменения момента нагрузки

Математическая модель следящего электропривода на базе вентильного двигателя при изменении момента нагрузки по несинусоидальному периодическому закону в среде MATLAB.

Структурная схема математической модели следящего электропривода на базе вентильного двигателя при изменении момента нагрузки по несинусоидальному периодическому закону представлена на рис. 2.

Из рис. 2. видно, что модель состоит из источник переменного напряжения (380 В, 50 Гц), сило-

вого выпрямителя; управляемого инвертора; вентильного двигателя, САУ, блока задания момента нагрузки, фильтра низких частот, универсального измерителя, осциллографа и блоков задания частоты вращения и угла.

В качестве вентильного двигателя используется стандартный блок SMPM, моделирующий динамику трехфазной синхронной машины с постоянным магнитом и синусоидальным распределением потока.

Отличительной чертой модели является характер изменения момента нагрузки двигателя: за каждый оборот вала, момент нагрузки дважды меняет знак.

Куксин Алексей Владимирович – ВГТУ, аспирант, 8-908-148-98-71

Романов Андрей Владимирович – ВГТУ, канд. техн. наук, доцент, 8-920-212-89-62

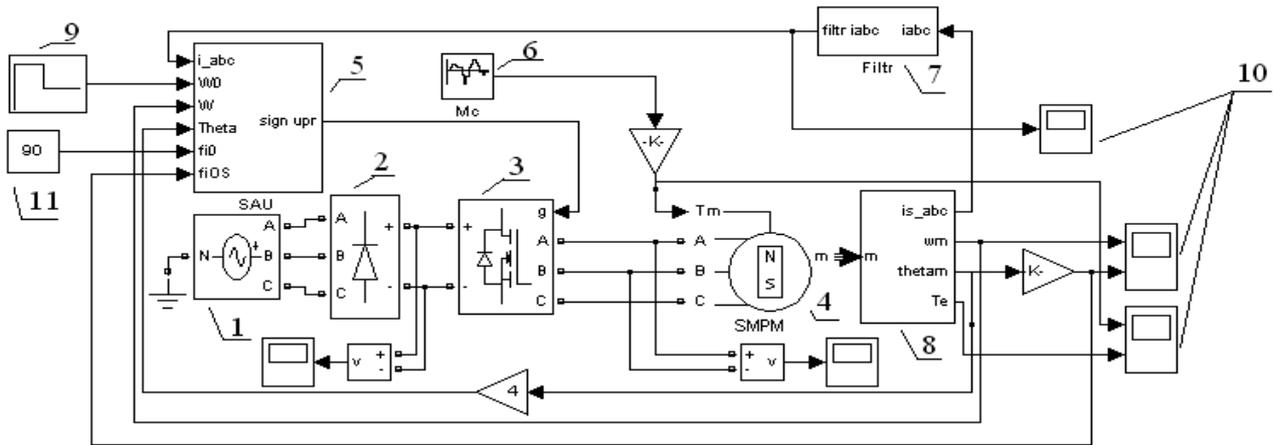


Рис. 2. Структурная схема математической модели следящего электропривода на базе вентильного двигателя с магнитоэлектрическим возбуждением при изменении момента нагрузки по несинусоидальному периодическому закону: 1 – источник переменного напряжения (380 В, 50 Гц); 2 – силовой выпрямитель; 3 – управляемый инвертор; 4 – вентильный двигатель; 5 – САУ; 6 – момент нагрузки; 7 – фильтр низких частот; 8 – измеритель; 9 – сигнал задания частоты вращения; 10 – осциллограф; 11 – Сигнал задания угла

Электрические и механические части машины представлены моделью пространства состояния второго порядка. В первом приближении, уравнения электрических цепей SMPM можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} i_d &= \frac{1}{L_d} v_d - \frac{R}{L_d} i_d + \frac{L_q}{L_d} p \omega_r i_q, \\ \frac{d}{dt} i_q &= \frac{1}{L_q} v_q - \frac{R}{L_q} i_q + \frac{L_d}{L_q} p \omega_r i_d - \frac{\lambda p \omega_r}{L_q}, \quad (1) \\ T_e &= 1.5 p [\lambda i_q + (L_d - L_q) i_d i_q]. \end{aligned}$$

где L_q , L_d – индуктивности осей q и d; R – сопротивление статора; i_q , i_d – электрические токи осей q и d; v_q , v_d – разности потенциалов осей q и d; ω_r – угловая скорость ротора; λ – амплитуда потокосцепления; p – число пар полюсов; T_e – электромагнитный крутящий момент.

Уравнение движения SMPM выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \omega_r &= \frac{1}{J} (T_e - F \omega_r - T_m), \\ \frac{d\theta}{dt} &= \omega_r. \end{aligned} \quad (2)$$

где J – объединенная инерция ротора и нагрузки; F – объединенное вязкое трение ротора и нагрузки; θ – угол поворота ротора; T_m – механический крутящий момент на валу.

САУ имеет двухконтурное регулирование: контур скорости и контур углового положения. Также в своем составе САУ имеет вспомогательную систему подсчета времени торможения.

Структурная схема САУ математической модели следящего электропривода на базе вентильного двигателя представлена на рис. 3.

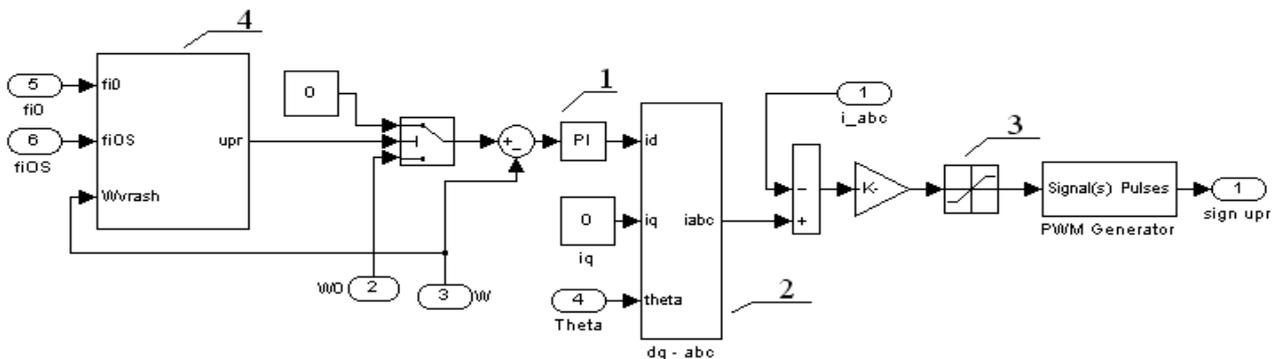


Рис. 3. – Структура САУ:

1 – пропорционально-интегральный регулятор; 2 – блок преобразования координат dq в координаты abc; 3 – генератор управляющих импульсов; 4 – вспомогательная система подсчета времени торможения.

3. Результаты исследования математической модели в среде MATLAB.

Для решения поставленных целей был исследован следующий режим работы математической модели следящего электропривода: на вход системы подаются два сигнала задания: скорости и угла. Векторной системе управления требуется разогнать вал SMPM до заданной скорости и осуществить по-

зиционирование на заданный угол. При этом, на следящий привод постоянно действует момент нагрузки, изменяющийся по несинусоидальному периодическому закону, представленный на рис. 1.

Работа векторной системы управления заключается в следующем: при получении сигналов задания скорости и угла, САУ разгоняет ротор вентильного двигателя, используя двухконтурное регулиро-

вание: контур скорости и контур положения. Вспомогательная система подсчета времени торможения, анализируя реальный угол, формирует сигнал управления САУ на переключение следящего привода в режим позиционирования.

Изменение частоты вращения конечного устройства, значение угла положения конечного устройства и момент электродвигателя представлены на рис. 4.

Анализируя рис. 4. можно сделать следующие выводы:

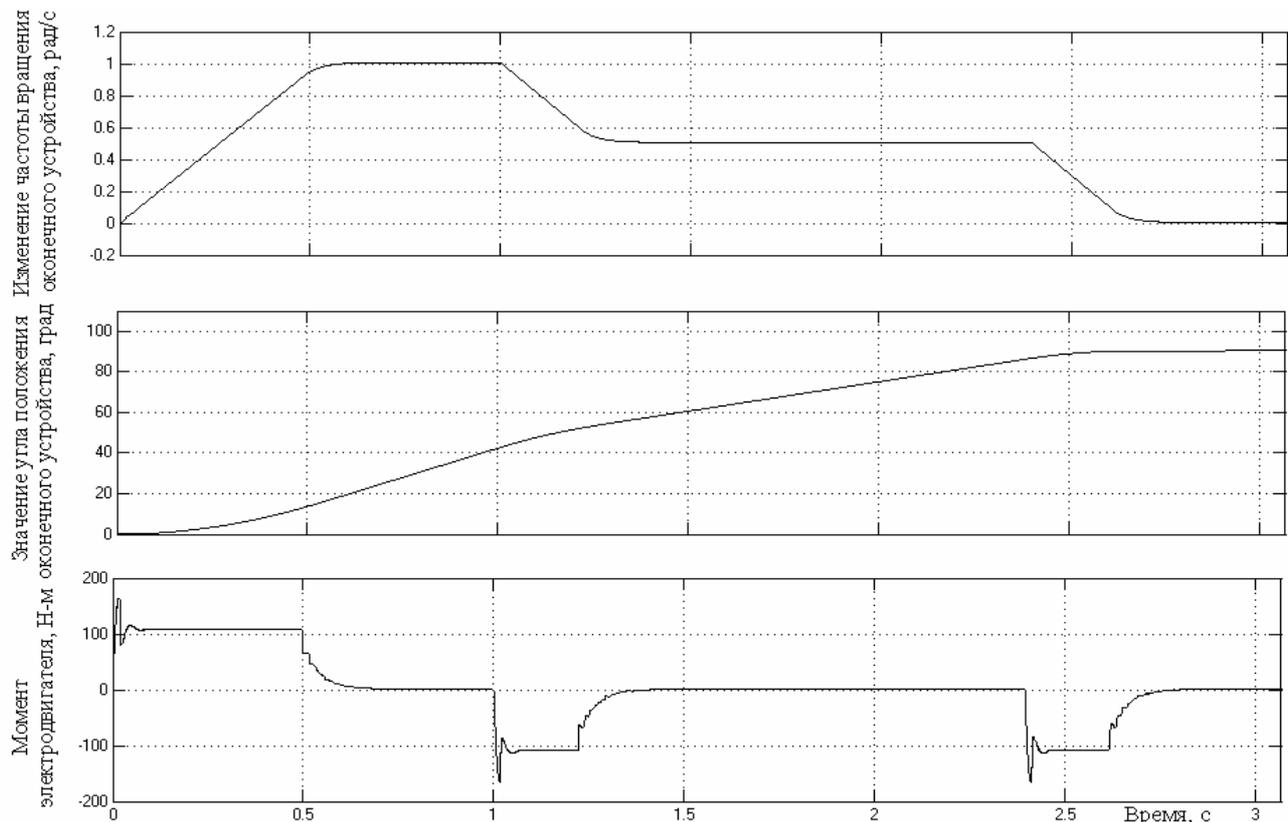


Рис. 4. Результаты исследования математической модели в MatLab

Литература

1. Баранов М. В. Электрические следящие приводы с моментным исполнением исполнительными двигателями / М. В. Баранов, В. Н. Бродовский, А. В. Зимин, Б. Н. Каржавов. – М.: Издательство: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 240 с.
2. Овчинников И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе / И. Е. Овчинников. М.: Издательство: Корона-Век, 336 с.

- предложенная структура математической модели обеспечивает решение поставленных задач: следящий электропривод обеспечивает плавный разгон и торможение конечного устройства при моменте нагрузки, который меняется по несинусоидальному периодическому закону;

- входящая в состав САУ система подсчета времени торможения, обеспечивает высокую точность позиционирования конечного устройства в пространстве.

3. Доманов А.В. Компьютерные технологии в электроприводе: конспект лекций / А. В. Доманов. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 112 с.

4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab 6.0: Учебное пособие / С.Г. Герман-Галкин . – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320с., ил.

Воронежский государственный технический университет

MATHEMATICAL MODEL OF THE FOLLOWER ELECTRIC DRIVE BASED ON AC CONVERTER-FED MOTOR WITH LOAD MOMENT CHANGE ON NONSINUSOIDAL PERIODICAL LAW

A.V. Kyksin, A.V. Romanov

The application problems of the follower electric drive based on ac converter-fed with a vector control system are considered in the article. The mathematical model of the system and the results of machine experiment are presented.

Key words: follower electric drive, ac converter-fed motor, control system, vector control system, double-circuit regulation