



УДК 621.3

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАМАГНИЧИВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ПУСКА ПРИ РАБОТЕ ОТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ**

**MATHEMATICAL MODELING OF THE MAGNETIZATION PROCESS OF THE INDUCTION MOTOR AT THE INITIAL PART OF THE START BY OPERATION FROM THE FREQUENCY CONVERTER**

**Мещеряков Виктор Николаевич**  
 доктор технических наук, профессор,  
 заведующий кафедрой электропривода,  
 Липецкий государственный технический университет

**Данилов Владимир Владимирович**  
 аспирант кафедры электропривода,  
 Липецкий государственный технический университет

**Мещерякова Ольга Викторовна**  
 аспирант кафедры электропривода,  
 Липецкий государственный технический университет  
 mesherek@yandex.ru

**Аннотация.** Рассматриваются принципы построения асинхронного электропривода на базе автономного инвертора напряжения с векторным управлением и результаты исследований процесса начального намагничивания электродвигателя.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, инвертор напряжения, векторное управление, математическая модель, начальное намагничивание.

**Meshcheryakov Victor Nikolayevich**  
 Doctor of Technical Sciences, Professor,  
 Head of the electric drive department,  
 Lipetsk State Technical University

**Danilov Vladimir Vladimirovich**  
 Graduate Student of the department of electric drive,  
 Lipetsk State Technical University

**Meshcheryakova Olga Victorovna**  
 Graduate Student of the department of electric drive,  
 Lipetsk State Technical University  
 mesherek@yandex.ru

**Annotation.** The principles of constructing an asynchronous electric drive based on the autonomous voltage inverter with the space-vector pulse width modulation and vector controls as well as the results of studies of the process initial magnetization induction motor.

**Keywords:** asynchronous electric drive, voltage inverter, vector control, mathematical model, initial magnetization

**Введение**

Системы асинхронного электропривода с векторным управлением находят все более широкое применение на механизмах. Силовая часть систем частотного электропривода как правило выполняется на базе автономного инвертора напряжения (АИН). В системе векторного управления осуществляется непрерывный контроль и управление переменными двигателя, в качестве которых обычно принимаются продольная (намагничивающая) и поперечная (мометообразующая) составляющие тока статора, а также его частота [1, 4–7].

**Теоретический анализ и описание работы электропривода**

Величина момента двигателя определяется по формуле

$$\dot{M}_1 = \frac{3}{2} p_n \frac{L_m}{L_2'} \operatorname{Im} \left( \dot{I}_1 \cdot \dot{\Psi}_2^* \right), \tag{1}$$

или по формуле:

$$M = \frac{3}{2} \frac{L_m}{L_2'} \cdot p_n \cdot \Psi_2 \cdot I_{1q}. \tag{2}$$

где  $L_m$  – индуктивность основного контура намагничивания;  $L_2'$  – индуктивность ротора;  $p_n$  – число пар полюсов двигателя.

Величину тока статора можно определить на основании уравнения баланса напряжений

$$\dot{U}_1 = R_1 \dot{I}_1 + \frac{d}{dt} \dot{\Psi}_1. \tag{3}$$

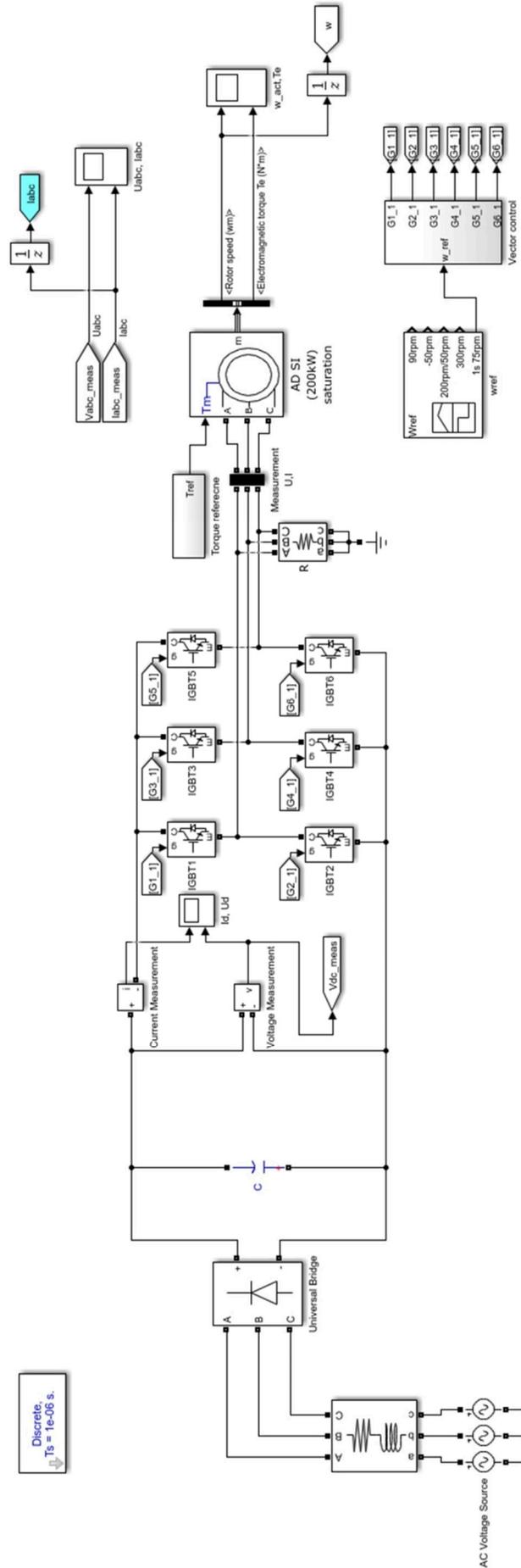


Рисунок 1 – Модель исследуемой системы в приложении Simulink



Потокосцепления обмоток статора, ротора и главное потокосцепление связаны выражениями

$$\dot{\Psi}_1 = L_1 \dot{I}_1 + L_m \dot{I}'_2; \tag{4}$$

$$\dot{\Psi}_2 = L_m \dot{I}_1 + L'_2 \dot{I}'_2; \tag{5}$$

$$\dot{\Psi}_2 = \dot{I}'_2 \cdot (L_m + L'_{2\sigma}) + I_1 \cdot L_m = \dot{I}'_2 \cdot L'_2 + I_1 \cdot L_m; \tag{6}$$

$$\dot{\Psi}_m = (I_1 + I'_2) L_m = I_m \cdot L_m . \tag{7}$$

**Математическое описание и моделирование системы электропривода**

Динамические характеристики электропривода были получены методом математического моделирования с помощью пакета прикладных программ MATLAB приложение Simulink. Модель исследуемой системы в приложении Simulink приведена на рисунке 1.

Полученные графики переходных процессов начального намагничивания асинхронного электродвигателя при работе от преобразователя частоты на базе АИН приведены на рисунке 2. Электропривод работает с реактивным статическим моментом. В период времени 0–1 секунда электропривод имеет задание на скорость равное 0 рад/с, система управления выдает задания на продольную (намагничивающую)  $I_d$  и поперечную (мометообразующую)  $I_q$  составляющие тока статора, происходит начальное нарастание потокосцепления намагничивания. Длительность процесса намагничивания обуславливается постоянной времени ротора двигателя. Вместе с этим на валу двигателя создается электромагнитный момент. В период времени 1–2,5 секунды происходит разгон электропривода и выход на статический режим.

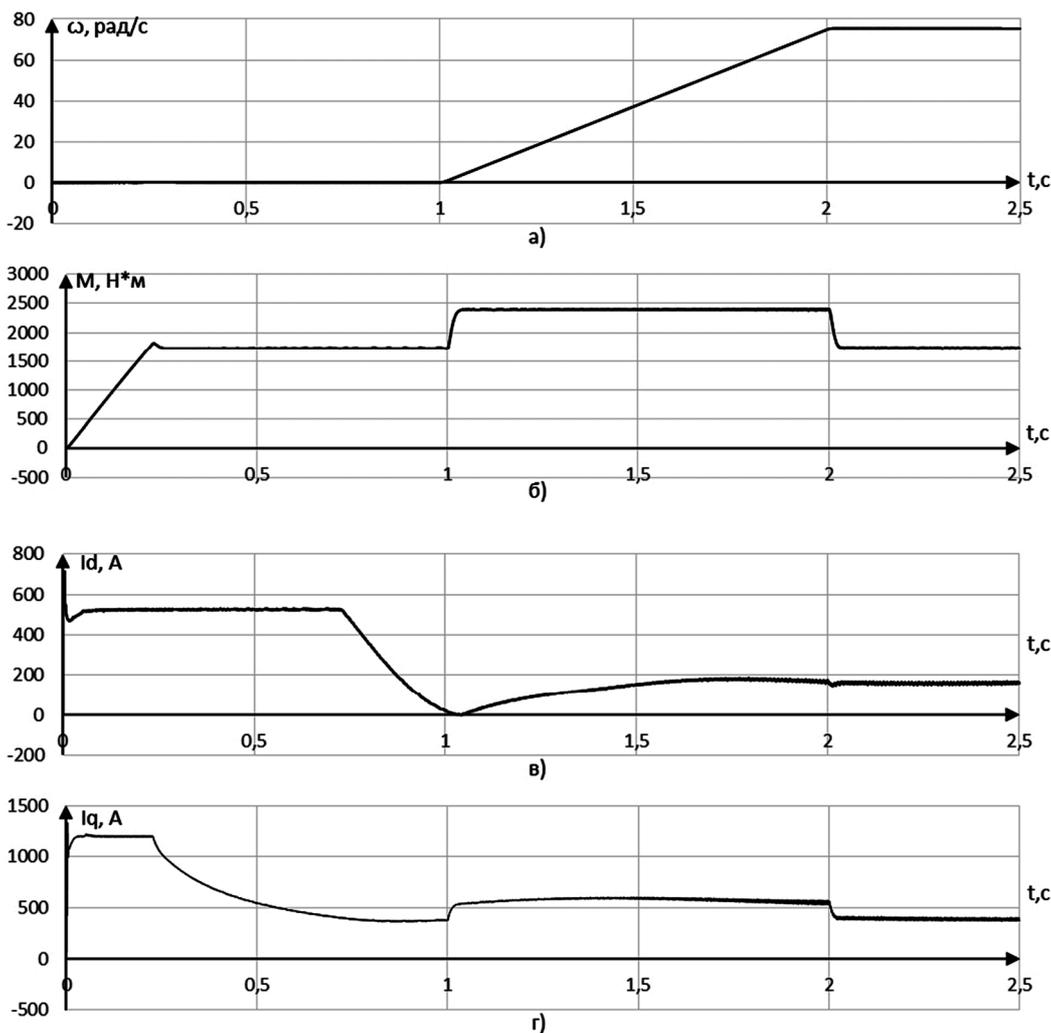


Рисунок 2 – Графики переходных процессов

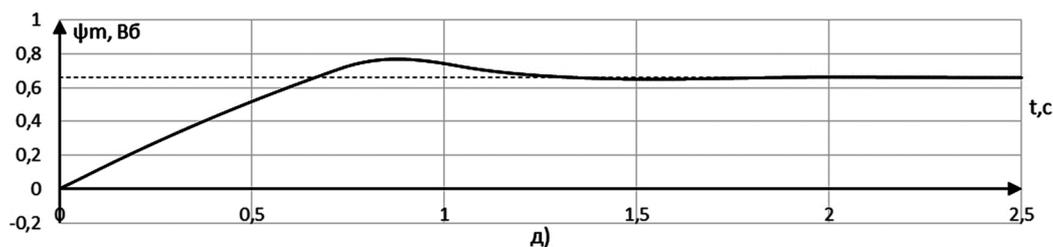


Рисунок 2 – Продолжение

### Выводы

В асинхронном электроприводе при управлении от преобразователя частоты требуется проведение процедуры начального намагничивания электродвигателя. Время намагничивания определяется постоянной времени ротора и возрастает с ростом мощности электродвигателя.

### Литература:

1. Шрейнер Р.Т., Дмитренко Ю.А. Оптимальное частотное управление асинхронными электроприводами. – Кишинев : Штиинца, 1982. – 223 с.
2. Мещеряков В.Н., Воеков В.Н., Мещерякова О.В. Вентильный электропривод для робототехнических систем с релейным регулированием входного тока инвертора и фазных токов статора // Материалы 10-ой Всероссийской Мультиконференции по проблемам управления. Т. 1. – Дивноморское, 2017. – С. 167–171.
3. Мещеряков В.Н., Черкасова В.С., Мещерякова О.В. Коррекция системы векторного управления асинхронным электроприводом // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – № 3 (61). – С. 36–38.
4. Мещеряков В.Н., Сибирцев Д.С. Система управления асинхронным электроприводом с принудительным заданием скольжения // Вестник ЛГТУ. – 2017. – № 1. – С. 24–28.
5. Мещеряков В.Н., Копаев Ю.П., Ласточкин Д.В. Анализ инверторов тока и напряжения с системами релейного управления // Вести вузов Черноземья. – 2016. – № 2. – С. 13–18.
6. Синюкова Т.В. Энергосбережение в системах управления электроприводами производственных механизмов / Т.В. Синюкова, П.П. Левин, А.В. Синюков // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах : Тезисы докладов 3-й Международной конференции с элементами научной школы. – 2016. – С. 138–139.
7. Meshcheryakov V.N., Voekov V.N. Vector control based on self commutated current with relay voltage regulation in rectifier drive // Вести вузов Черноземья. – 2016. – № 4. – С. 28–36.

### References:

1. Shreyner R.T., Dmitrenko Yu.A. Optimum frequency control of asynchronous electric drives. – Kishinev : Shtiintsa, 1982. – 223 p.
2. Meshcheryakov V.N., Voyekov V.N., Meshcheryakova O.V. The valve electric drive for robotic systems with relay regulation of entrance current of the inverter and phase currents of the stator // 10th All-Russian Multikonferention's Materials on problems of management. V. 1. – Divnomorskoye, 2017. – P. 167–171.
3. Meshcheryakov V.N., Cherkasova V.S., Meshcheryakova O.V. Correction of system of vector control of the asynchronous electric drive // Control system and information technologies. – 2015. – № 3 (61). – P. 36–38.
4. Meshcheryakov V.N., Sibirtsev D.S. A control system of the asynchronous electric drive with a compulsory task of sliding // LGTU Bulletin. – 2017. – № 1. – P. 24–28.
5. Meshcheryakov V.N., Kopayev Yu.P., Lastochkin D.V. The analysis of inverters of current and tension with the systems of relay management // Message of higher education institutions of the Black Earth. – 2016. – № 2. – P. 13–18.
6. Sinyukova T.V. Energy saving in control systems of electric drives of production mechanisms / T.V. Sinyukova, P.P. Levin, A.V. Sinyukov // Current problems of energy saving and energy efficiency in technical systems: Theses of reports of the 3rd International conference with elements of school of sciences. – 2016. – P. 138–139.
7. Meshcheryakov V.N., Voekov V.N. Vector control based on self commutated current with relay voltage regulation in rectifier drive // Messages of higher education institutions of the Black Earth. – 2016. – № 4. – P. 28–36.