

УДК 621.313**КАРИМОВ И.Р.**

старший преподаватель, ХПИТТУ имени академика М.С. Осими г. Худжанд,
Республика Таджикистан

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В СРЕДЕ MATLAB

Сегодня регулируемые электроприводы (РЭП) широко используется в различных механизмах и оборудовании промышленности, где достойно выполняют свои технические функции. При этом современные производства требуют внедрения новых высококачественных и энергосберегающих технологий. Одним из основных компонентов РЭП являются асинхронный двигатель (АД) и частотный преобразователь (ПЧ), благодаря чему такую систему управления электропривода (СУЭП) назвали ПЧ — АД. Однако с повышением требований к технологиям производств и развитием методов управления усложнились и подходы к правильному выбору, а также настройки данной системы для ЭП-механизмов. Выбор компонентов ЭП как ПЧ требуют значительных финансовых затрат, и поэтому перед их выбором необходимо провести анализ совместимости статических характеристик ЭП с преобразователем [1]. Известно, что эффективность и энергосбережение использования РЭП зависят от взаимного соответствия характера нагрузки механизмов и глубины регулирования ЭП [2]. Если глубина регулирования ЭП в каком-либо производственном объекте незначительна, то эффект энергосбережения тоже будет небольшим. В этом случае внедрение РЭП либо не рекомендуется, либо потребует дополнительных исследований. Одним из эффективных и малозатратных методов исследования ЭП является компьютерное моделирование.

Для моделирования РЭП сначала необходимо смоделировать ЭП в режиме нерегулируемого ЭП, где частотное управление отсутствует [3]. В качестве инструмента моделирования была выбрана система MATLAB/Simulink, в которой можно проводить различные расчеты и моделирование технических объектов и систем [4, 5]. В системе MATLAB имеется библиотеки компонентов, с помощью которых создаются модели исследуемых объектов. В нашем случае используется библиотека SimPowerSystem, где расположены элементы электрических цепей и систем [6].

Для моделирования нерегулируемого ЭП переменного тока необходимы следующие элементы системы:

- источник электрической энергии (Electrical Source);
- АД с короткозамкнутым ротором (Asynchronous Machine);

- измерительные приборы (Measurement);
- графопостроители (Scope).

Для исследования ЭП выбрали АД с короткозамкнутым ротором марки 4А180М4У3, параметры которого приведены в таблице 1.

Таблица 1. Паспортные и расчетные данные АД марки 4А180М4У3

№	Величина	Значение
1	Номинальное скольжение, s_n	0,02
2	Индуктивность статора и ротора, $Lis = Lir, \text{Гн}$	$0,9434 \cdot 10^{-3}$
3	Взаимоиндукция, $Lm, \text{Гн}$	0,05328
4	Активное сопротивление статора, $Rs, \text{Ом}$	0,04294
5	Активное сопротивление ротора, $Rr, \text{Ом}$	0,0668
6	Номинальный момент, $M_n, \text{Н}\cdot\text{м}$	195
7	Максимальный момент, $M_h, \text{Н}\cdot\text{м}$	450
8	Номинальный ток, I_n, A	56
9	Номинальный угловой скорость, $\omega, \text{рад/с}$	153,93
10	Номинальная мощность, $P_n, \text{кВт}$	30,00
11	Коэффициент полезного действия, η	0,91
12	Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0,9
13	Кратность максимального момента, k_M	2,3
14	Кратность пускового тока, k_I	6,5
15	Момент инерции, $J, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	$23,3 \cdot 10^{-2}$

С целью исследования нерегулируемого ЭП и расчёта с дальнейшим построением механических характеристик (МХ) АД при частотном управлении по закону $U/f = \text{const}$ разработали компьютерную модель, которая приведена на рисунке 1.

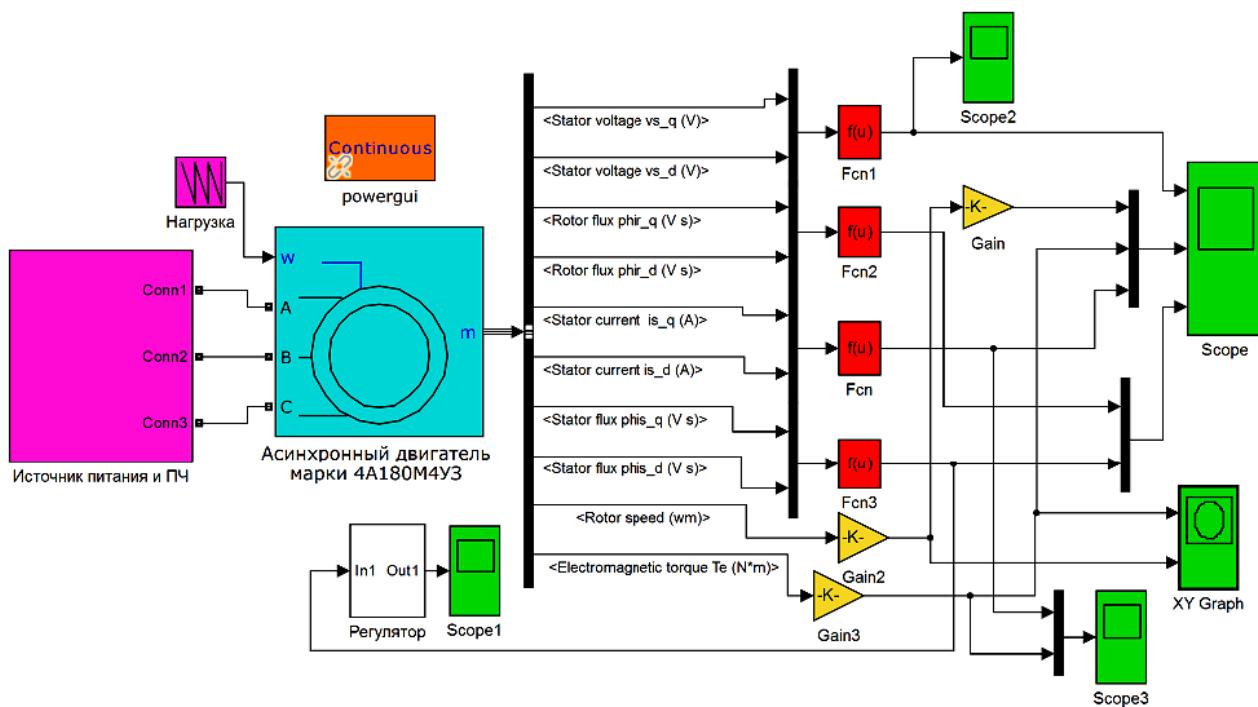


Рисунок 1. Компьютерная модель для расчёта и построения МХ АД при частотном скалярном управлении

Результаты моделирования приведены на рисунках 2 и 3.

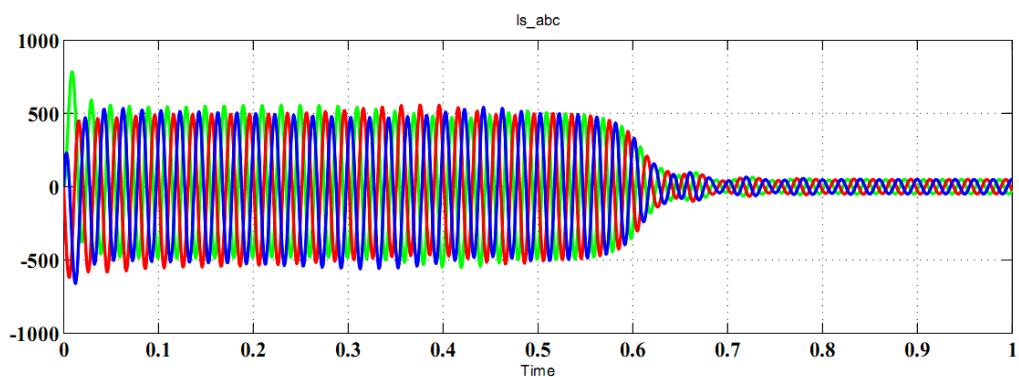
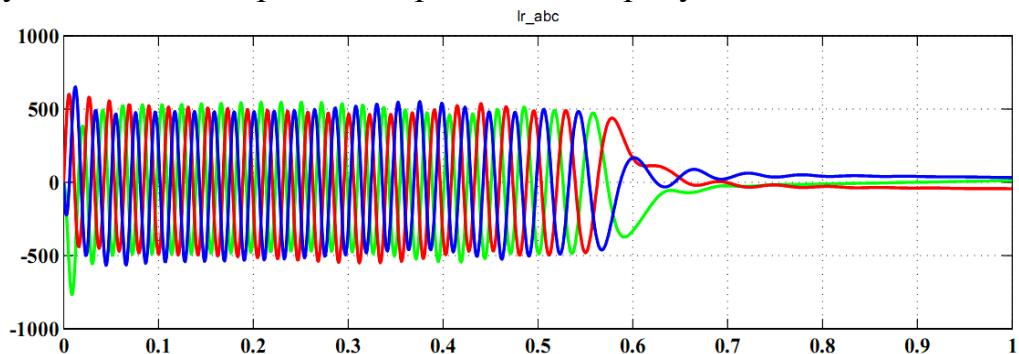


Рисунок 2. Графики токов ротора и статора АД

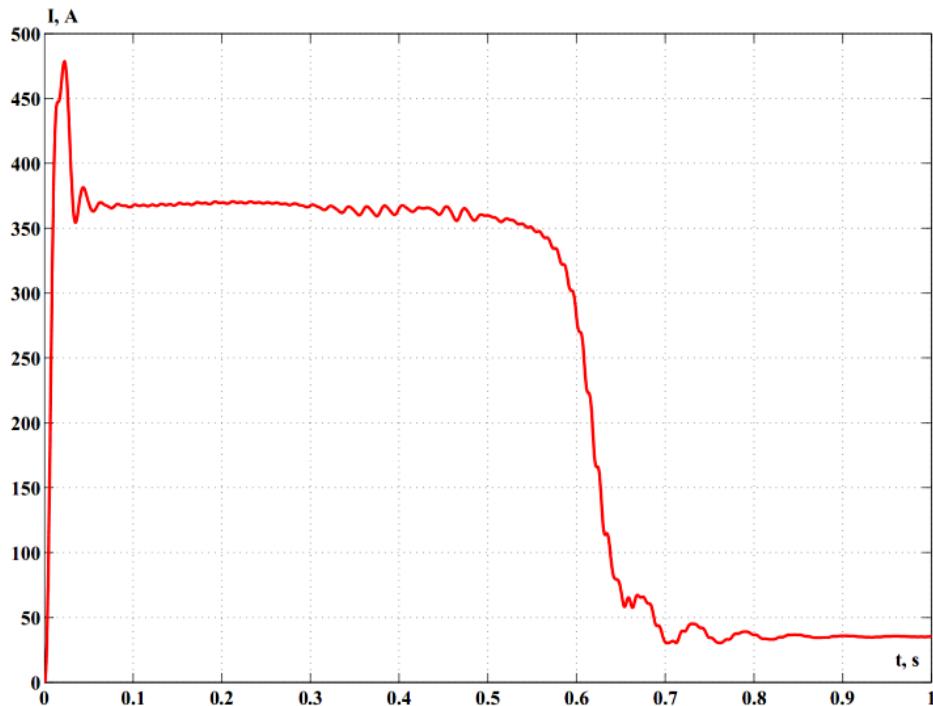


Рисунок 3. График действующего значения тока статора АД

На рисунке 2 показаны графики изменения токов статора и ротора, а на рисунке 3 более детально продемонстрировано изменение действующего значения тока статора АД в режиме нерегулируемого ЭП. Таким образом, разработанная модель полностью симулирует рабочие режимы нерегулируемого ЭП.

В разработанной модели для исследования РЭП основными элементами являются «Источник питания и ПЧ» и «Асинхронный двигатель». Источник питания снабжает ПЧ симметричным трехфазным напряжением 400 В. В качестве электродвигателя выбрали АД той же марки, что у нерегулируемого ЭП (4А180М4У3). С целью расчёта и построения механических характеристик АД при частотном скалярном управлении на механический вход двигателя «w» подается линейно изменяющаяся нагрузка с незначительной интенсивностью. На выходе двигателя берутся сигналы электромагнитного момента двигателя «Te» и сигналы угловой скорости АД, после чего оба сигнала задаются на вход «XY Graph». В результате формируется механическая характеристика АД при частотном законе U/f -управления. Изменение задания частоты напряжения, подаваемого на обмотку статора двигателя, осуществляется через блок «Источник питания и ПЧ». Частотный закон U/f -управления аналитически можно выразить следующим образом:

$$U_1 = \frac{U}{\omega} \left(\varpi_0 \cdot \omega_{0\text{ном}} \right) \quad (1),$$

где ω - значение частоты напряжения в относительных единицах.

Результаты моделирования приведены на рисунке 4.

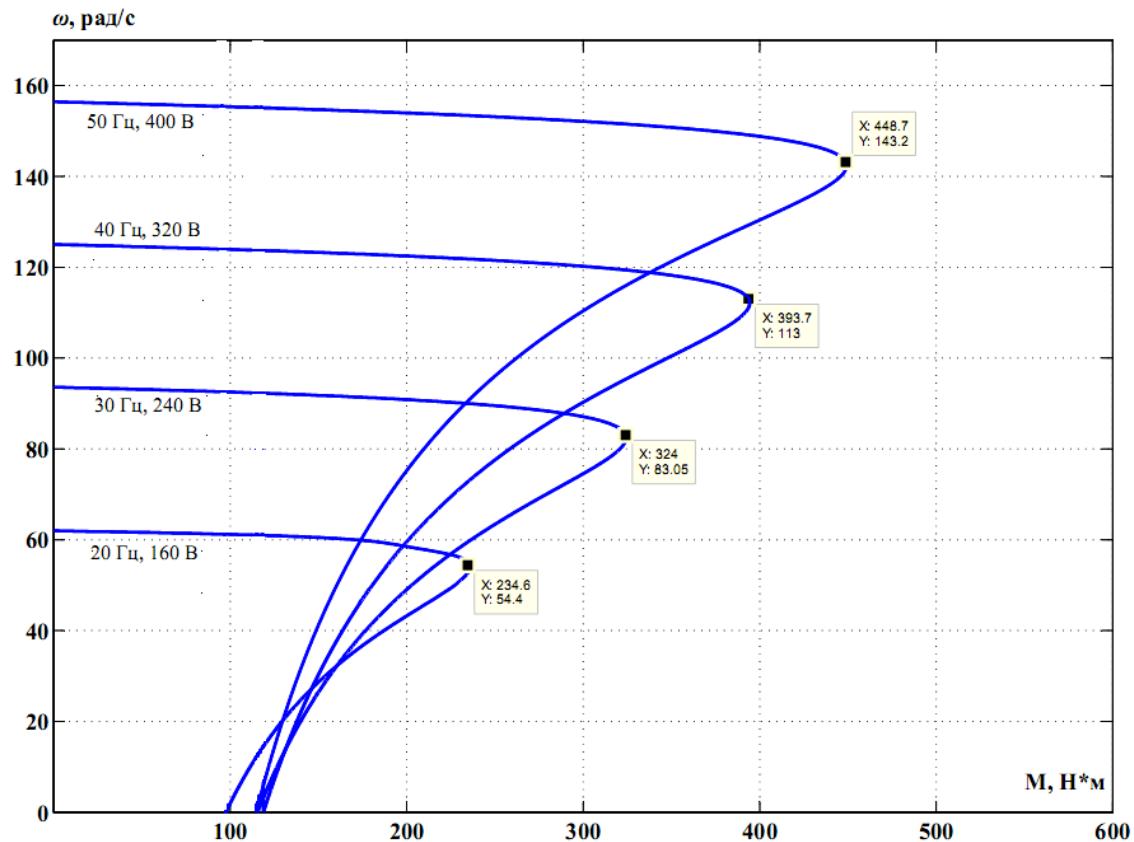


Рисунок 4. Семейства МХ ЭП при частотном управлении по закону $U/f = \text{const}$

Как показали результаты моделирования, разработанная компьютерная модель на достаточном уровне симулировала процессы, происходящие в реальной ЭП, что свидетельствует о правильно разработанной модели. По техническому паспорту АД марки 4А180М4УЗ номинальный ток двигателя составлял 56 А, а пусковой ток — 364 А, что модель с большой точностью рассчитала (см. рис. 2б). Механические характеристики ЭП при частотном управлении по закону $U/f = \text{const}$, показанные на рисунке 4, совпадают с реальными характеристиками ЭП при таком способе регулирования. Из курса теории электропривода известно, что синхронная скорость АД зависит от частоты напряжения питания двигателя, а зависимость напряжения и электромагнитного момента АД считается квадратичной. Указанные закономерности в ЭП и при частотном скалярном управлении ЭП соблюdenы и показаны на механических характеристиках ЭП (см. рисунок 4). Такой РЭП имеет оптимальные показатели по управляемости и энергоэффективности, что в результате даёт некоторые возможности по энергосбережению в технологических процессах различных производств.

Список литературы:

1. Ковач, К. П. Переходные процессы в машинах переменного тока / К. П. Ковач, И. Рац; пер. с нем. – Москва : Госэнергоиздат, 1963. – 735 с.
2. Вохидов, А. Д. К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема / А. Д. Вохидов, Ш. Т. Дадабаев, Ф. М. Разоков // Надежность. – 2016. – Т. 16. – № 4(59). – С. 36-39.
3. Дадабаев, Ш.Т. Особенности механических характеристик электроприводов с вентиляторным характером нагрузки / Ш.Т. Дадабаев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 11. – С. 29-34.
4. Чиликин, В. Г. Теория автоматизированного электропривода / В. Г. Чиликин, В. И. Ключев. – Москва : Энергия, 1979. – 616 с.
5. Дадабаев, Ш.Т. Исследование пусковых переходных процессов высоковольтного синхронного электропривода с учетом нагрева и жаркого климата / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2017. – № 1. – С. 179-184.
6. Perelmuter, V. M. Electrotechnical Systems: Simulation with Simulink and SimPowerSystems / V. M. Perelmuter. CRC Press. 2013. – 450 p.