

Ш.Т. Дадабаев

(Республика Таджикистан, г. Худжанд, Худжандский политехнический институт таджикского технического университета имени академика М.С. Осими)

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ НИЗКОМ КАЧЕСТВЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ**

COMPUTER MODELLING OF STARTING MODES OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR WITH LOW QUALITY OF SUPPLY MAINS

*Рассмотрены основные преимущества и недостатки асинхронных электродвигателей, сделан анализ негативных пусковых факторов асинхронных машин, выполнено компьютерное моделирование машины при питании от сети пониженного напряжения и пониженной частоты питающей сети. Результаты моделирования наглядно приведены для асинхронных машин, таких как скорость вращения, ток, электромагнитный момент и механические характеристики.*

*The article discusses the main advantages and disadvantages of asynchronous electric motors, analyzes the negative starting factors of asynchronous machines, performs computer simulation of the machine when powered from a network of reduced voltage and reduced frequency of the supply network. The simulation results are clearly shown for asynchronous machines, as its rotation speed, current, electromagnetic torque and mechanical characteristics.*

*Ключевые слова: качество электроэнергии, пониженное напряжение, частота сети, асинхронный электродвигатель, переходные процессы, механическая характеристика, MATLAB/Simulink.*

*Keywords: power quality, undervoltage, mains frequency, asynchronous motor, transients, mechanical characteristic, MATLAB / Simulink.*

Асинхронные машины широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, например, асинхронные электродвигатели большой мощности часто используют в турбомеханизмах [5]. Асинхронные маломощные машины используются в различных станках, механизмах, как металлорежущие станки, прядильные машины и т.д. [6, 7]. Отличительной особенностью асинхронных машин являются сложные пусковые режимы, где пусковые токи превышают номинальное значение до семи раз, а максимальный пусковой момент до трех раз. Пусковые токи могут привести к нагреву и износу изоляции обмоток, что в свою очередь приводит к уменьшению срока службы всего электрооборудования в целом. Устранение этих проблем можно добиться с применением систем безударного пуска, как устройства плавного пуска (УПП) или частотных преобразователей [3, 4].

Другие особенности асинхронных машин взаимосвязаны с качеством электроэнергии, питающей его обмотки. Например, прямой пуск асинхронного двигателя допустим, если его пуск не приводит к провалу напряжения не более 10%, а зависимость электромагнитного момента асинхронной машины от напряжения питающей сети пропорционально в квадратном соотношении [8, 9]. Для более детального исследования пусковых режимов асинхронного электродвигателя при различных значениях напряжения сети, необходимо выполнить компьютерное моделирование с использованием программы MATLAB / Simulink [1, 2, 10-13].

Для компьютерного моделирования асинхронной машины была использована программа MATLAB R2013a версии 8.1. Процесс моделирования асинхронной машины в программе MATLAB подробно описан в литературе [10-13]. Адаптированная модель для исследования пусковых режимов работы асинхронной машины при пониженном напряжении сети и пониженной частоте напряжения приведена на рис. 1.

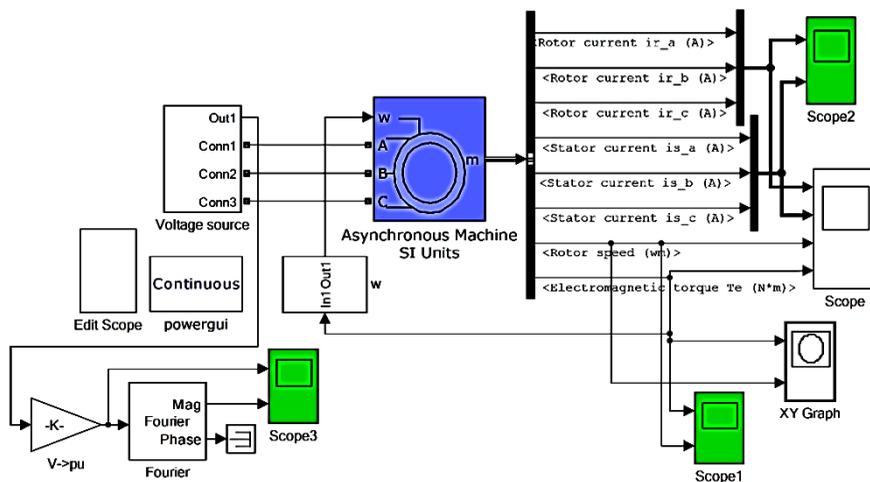


Рис. 1. Компьютерная модель асинхронной машины

Приведенная модель (рис. 1) разработана непосредственно в программе MATLAB/Simulink, с элементами библиотеки компонентов Simulink Power System. Эта библиотека целиком состоит из элементов энергетических, электротехнических и электронных систем, с помощью которых можно создать различные модели исследуемого объекта соответствующего системы. Каждый элемент библиотеки имеет свое название и пиктограмму, а также после выбора, какого-либо элемента, при нажатии два раза на него, откроется блок настройки параметров выбранного элемента. Результаты моделирования приведены на рисунках 2–6 в виде графиков переходных процессов и механических характеристик асинхронного электродвигателя.

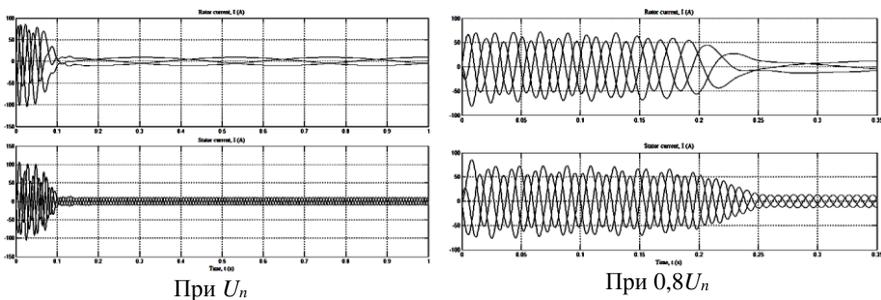


Рис. 2. Графики переходных процессов токов ротора и статора асинхронной машины при значении напряжения сети:  $U_n$  и  $0,8U_n$ .

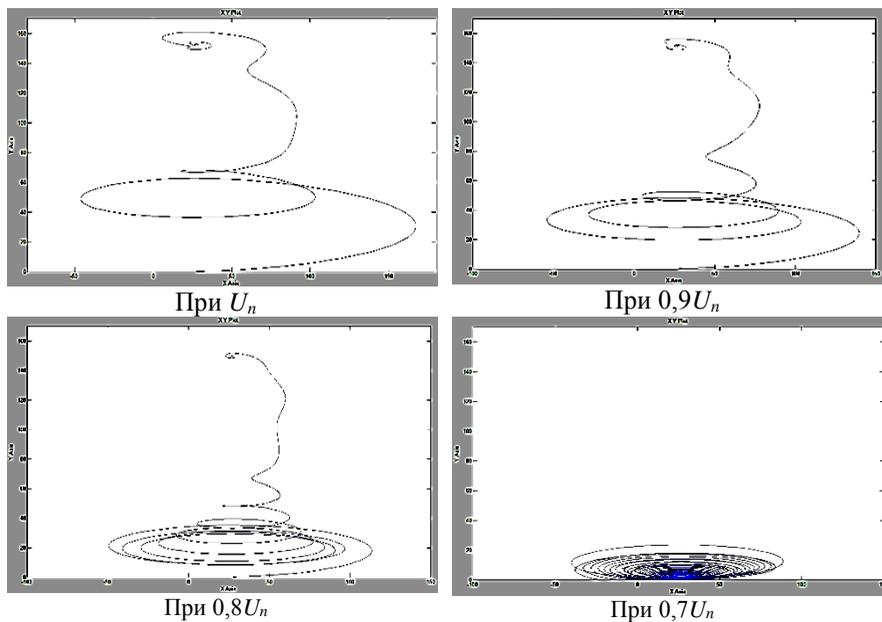


Рис. 3. Семейства механических характеристик асинхронной машины при значении напряжения сети:  $U_n$ ;  $0,9U_n$ ;  $0,8U_n$ ;  $0,7U_n$ .

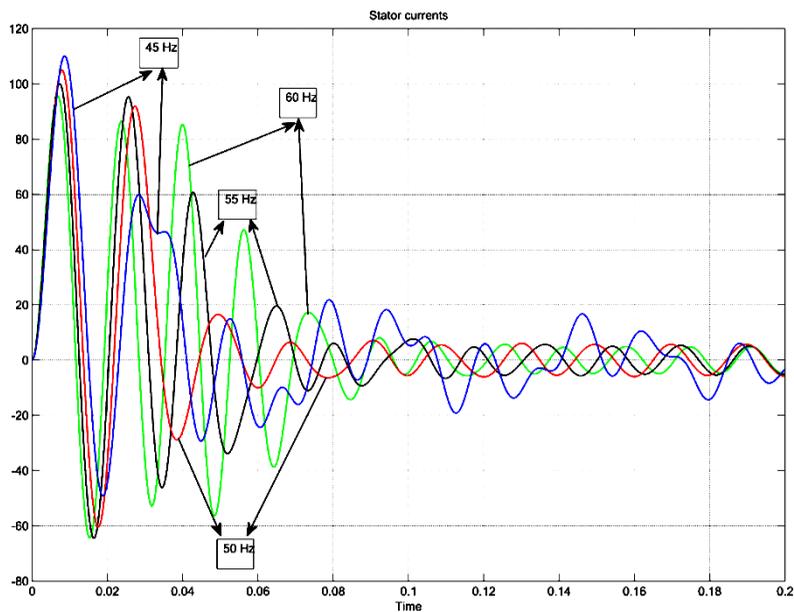


Рис. 4. Графики переходных процессов токов статора АД при разных частотах сети

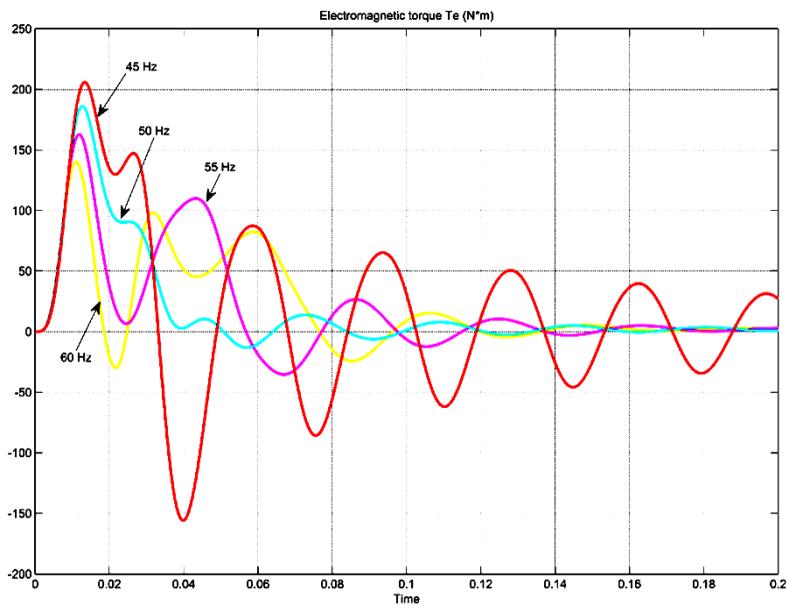


Рис. 5. Графики переходных процессов электромагнитного момента АД при разных частотах сети

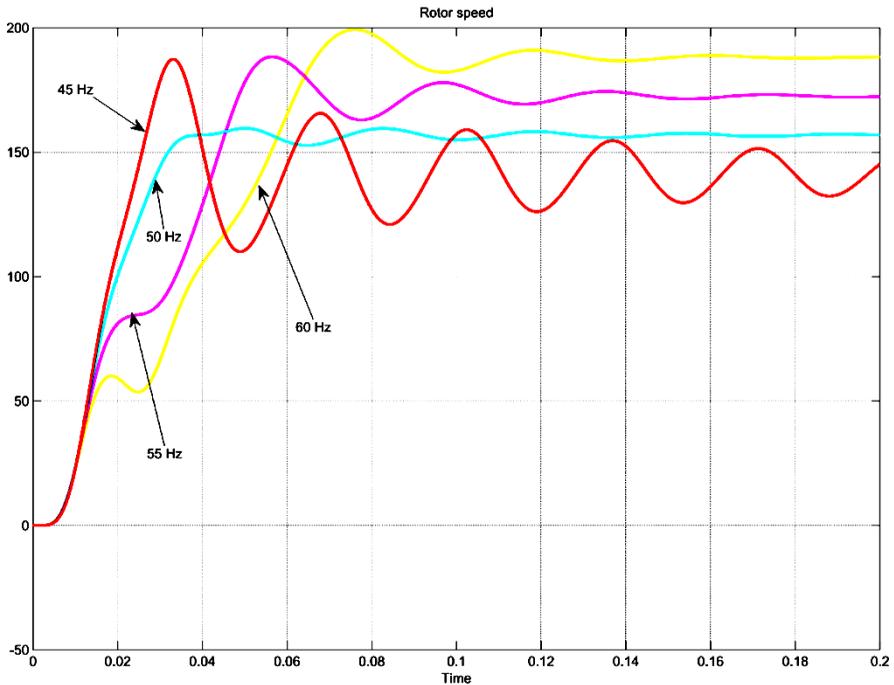


Рис. 6. Графики переходных процессов скорости вращения АД при разных частотах сети

Нетрудно заметить, что (см. рисунки 2-6) при пуске асинхронного двигателя с пониженным напряжением сети, получили выводы:

- время пускового переходного процесса увеличивается;
- разгон скорости вращения асинхронного двигателя затягивается;
- амплитуда момента машины уменьшается, а интенсивность колебаний моментов увеличиваются;

- токи ротора и статора асинхронной машины, как и момент двигателя, его амплитуда уменьшается, а интенсивность колебаний увеличиваются;

- при пуске с пониженным напряжением на 30% от номинального значения, асинхронная машина не запустится (см. на рис. 3).

Как показывают результаты моделирования, при изменении частоты питаемой сети, у асинхронных двигателей возникают большие проблемы, причем во всех параметрах машины, как и моменте, скорости и токе статора. Такое понижение частоты сети естественно в общих случаях невозможно, но при нагруженных энергосистемах или в сельских местностях, такое положение весьма возможно. Поэтому для устранения такого типа проблемы надо действовать комплексно, т.е. надо и в энергетике, и в электротехнике

проводить мероприятия и модернизацию. Графики, приведенные на рисунках 5 и 6 хорошо показывают, что при понижении частоты сети на 20% скорость и момент асинхронной машины переходят на колебательный характер и управление такой машиной станет трудной задачей.

### Список литературы

1. *Герман-Галкин, С.Г.* Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК/ С. Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА – Век, 2008. -368 с.

2. *Герман-Галкин, С.Г.* Электрические машины: Лабораторные работы на ПК / С. Г. Герман-Галкин, Г.А. Кардонов. – СПб.: КОРОНА принт, – 2003. - 256 с.

3. *Дадабаев, Ш.Т.* Исследование пусковых переходных процессов высоковольтного синхронного электропривода с учетом нагрева и жаркого климата/ Ш.Т. Дадабаев //Энергетические системы: сб. тр. II Международной научно-технической конференции; под ред. П.А. Трубаева. – 2017. – С. 179-184.

4. *Дадабаев, Ш.Т.* Исследование эффективности пуска высоковольтных синхронных электродвигателей при помощи инвертора тока / Ш.Т. Дадабаев// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 10. – С. 618-621.

5. *Дадабаев, Ш.Т.* Математическая модель оросительной насосной станции первого подъёма / Ш.Т. Дадабаев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 3 (178). – С. 239-242.

6. *Дадабаев, Ш.Т.* Разработка математической модели системы регулирования насосных агрегатов оросительной станции первого подъёма/ Ш.Т. Дадабаев// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 9-1. –С. 532-536.

7. *Дадабаев, Ш.Т.* Постановка задач по оптимизации работы текстильного электрооборудования при жарком климате / Ш.Т. Дадабаев, А.Р. Разаков // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2012. – № 11. – С. 58.

8. *Ковач, К.П.* Переходные процессы в машинах переменного тока/ К. П. Ковач, И. Рац; пер. с нем. – М. Л.: Госэнергоиздат, 1963. - 735 с.

9. *Поздеев, А.Д.* Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах/ А.Д. Поздеев – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. - 172 с.

10. *Терёхин, В.Б.* Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учеб. пособие / В.Б. Терёхин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.

11. *Черных, И.В.* Моделирование электротехнических устройств в MATLAB SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. - 288 с.

12. *Perelmutter, V.M.* Electrotechnical systems. Simulation with Simulink and SimPowerSystems, CRC Press, 2013.

13. *Tolibjonovich, D.S., Islomovna, T.M., Saidulloevna, M.D.* (2020). Modeling of starting transition processes of asynchronous motors with reduced voltage of the supply network. European Journal of Electrical Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 23-28. <https://doi.org/10.18280/ejee.220103>.

*Материал поступил в редколлегию 07.10.20.*