

УДК 621.313

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ ПРИ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ МОЩНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ст. преп. Дадабаев Ш.Т.

*Худжандский политехнический институт ТТУ
имени акад. М.С. Осими, г. Худжанд, Республика Таджикистан*

***Аннотация.** В работе разработана компьютерная модель для исследования провалов напряжения сети вызванными пусковыми режимами высоковольтных электродвигателей, а также приведены результаты исследования влияния отклонения напряжения сети на пусковые характеристики асинхронных двигателей.*

***Ключевые слова:** компьютерное моделирование, асинхронный двигатель, MATLAB/Simulink, электропривод, переходной процесс.*

Асинхронные высоковольтные электродвигатели широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, например в насосных или компрессорных станциях [3, 15]. Отличительной особенностью асинхронных электродвигателей большой мощности являются сложные пусковые режимы, где пусковые токи превышают номинальные до семи раз, а максимальный пусковой момент – до трех раз. Пусковые токи негативно влияют на изоляцию обмоток двигателя, что в свою очередь приводит к уменьшению срока службы электродвигателей и всей токопроводящей частей электропривода. Кроме того при пуске высоковольтных асинхронных двигателей возникают провалы напряжения, которые могут повлиять на работу других потребителей энергосистемы. Исследования в этом направлении пока является мало изученным и потому считается актуальным. Устранение этих проблем можно добиться с применением систем безударного пуска – устройств плавного пуска (УПП) или частотных преобразователей [5, 7, 16].

Прямой пуск асинхронного двигателя допустим, если его пуск не приводит провалу напряжения более чем на 10%, а зависимость электромагнитного момента асинхронной машины от напряжения питающей сети пропорционально в квадратном соотношении [4, 8, 14]. Для более детального исследования пусковых режимов асинхронного электродвигателя при различных значениях напряжения сети необходимо выполнить компьютерное моделирование [6, 13, 17].



Для компьютерного моделирования асинхронной машины было использована программа MATLAB. Процесс моделирования асинхронного высоковольтного двигателя в программе MATLAB подробно описан в литературе [1, 2, 9-12]. Разработанная модель для исследования провалов напряжения при пусковых режимах работы асинхронной машины приведена на рис. 1.

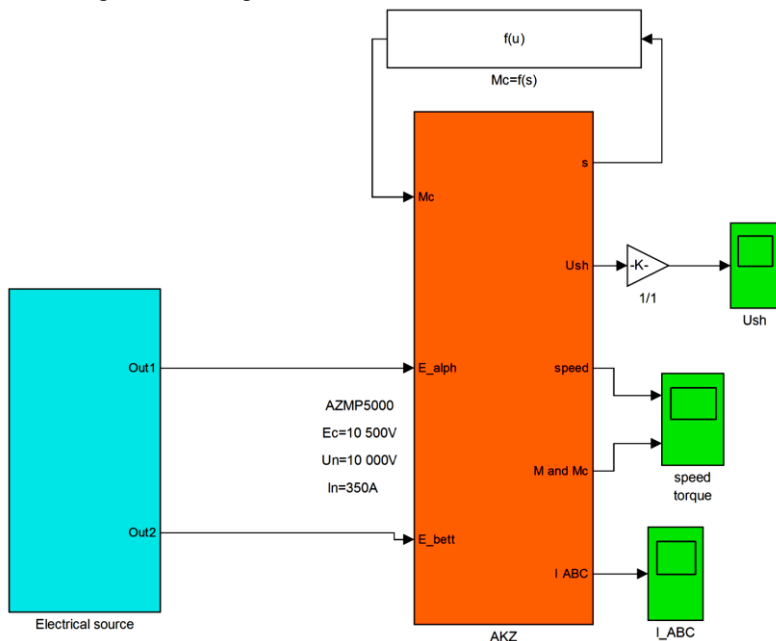


Рис. 1. Компьютерная модель для исследования пусковых режимов асинхронного электродвигателя

В разработанной модели использовалась высоковольтный асинхронный двигатель мощностью 5 МВт с напряжением 10 кВ. Такие типы машин в основном используются в качестве электропривода насосных агрегатов или компрессорных установок. Эти механизмы имеют ряд отличительных свойств, где важную роль играет качество электроэнергии питающей сети. Например ограничение на количество пусков в год, вентиляторный характер нагрузки и т.д. [5, 8, 13]. Также время пуска у таких электродвигателей значительно продолжительнее, чем у низковольтных асинхронных машин.

Результаты моделирования пусковых режимов асинхронного высоковольтного двигателя приведены на рис. 2 и 3.

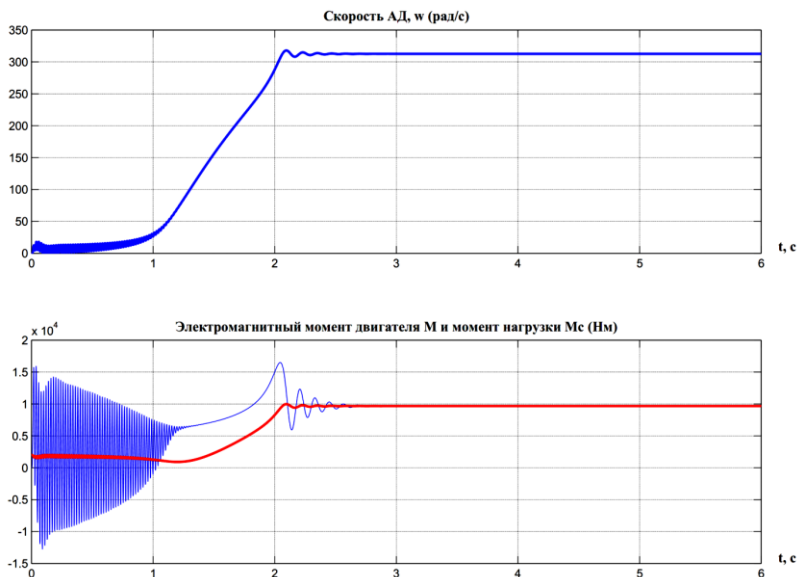


Рис. 2. Графики переходных процессов скорости двигателя, электромагнитного момента и момента нагрузки

Результаты моделирования пусковых режимов асинхронной машины при провалах напряжения питающей сети приведена на рис. 4.

Выводы

По полученным результатам видно, что с увеличением провалов напряжения питающей сети, запас по динамическому моменту при пуске уменьшается, что приводит к нагреву и затягиванию продолжительности пуска асинхронных двигателей. Критичным состоянием по результатам исследования оказалось при провалах напряжения 25% и 30%. В этих пределах пуск двигателя недопустимо затягивается или вовсе не запустится. Кроме этого в таких значениях провалов напряжения запуск электродвигателей могут вызывать срабатыванию защиты и автоматики электропривода от затянувшегося пуска. Рис. 3 показывает, что причинами провалов напряжения могут стать пусковые режимы мощных электродвигателей, которые в итоге могут повлиять на работу других соседних машин.

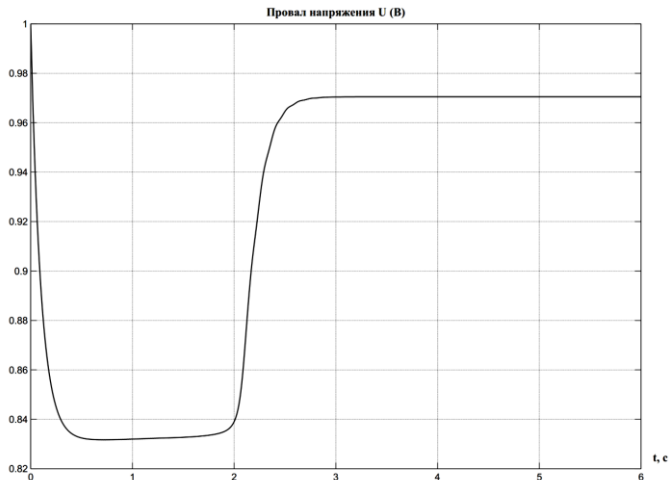


Рис. 3. Провал напряжения при пуске

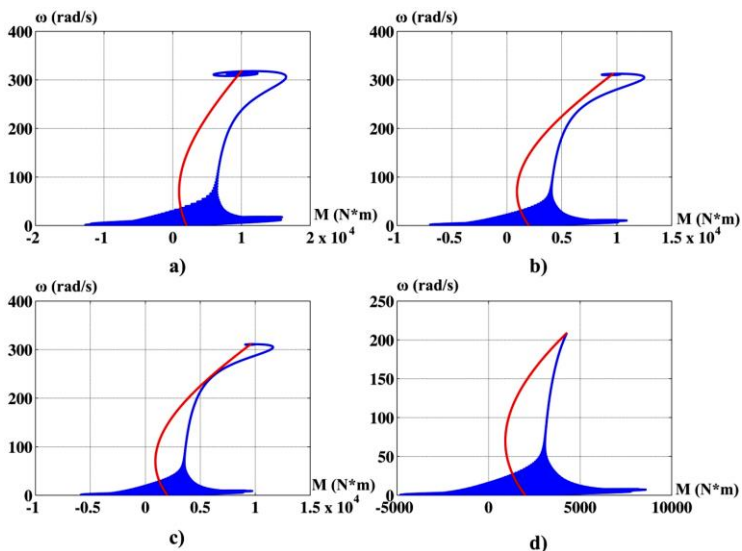


Рис. 4. Механические характеристики асинхронного двигателя при различных провалах напряжения в питающей сети: провал напряжения: а) 0%; б) 20%; в) 25%; г) 30%



Библиографический список

1. **Герман-Галкин С.Г.** Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. СПб.: Корона.Век, 2008. 368 с.
2. **Герман-Галкин С.Г., Кардонов Г.А.** Электрические машины: Лабораторные работы на ПК. СПб.: КОРОНА принт, 2003. 256 с. (Компьютерная лаборатория)
3. **Вохидов А.Д., Дадабаев Ш.Т., Разоков Ф.М.** К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема // Надежность. 2016. Т. 16, № 4 (59). С. 36-39. [eLIBRARY ID: [29443817](#)]
4. **Дадабаев Ш.Т.** Компьютерное моделирование инвертора тока используемое для пуска высоковольтных электродвигателей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 2. С. 370-375. [eLIBRARY ID: [37140815](#)]
5. **Дадабаев Ш.Т., Дадабаева З.А.** Компьютерное моделирование способов пуска электроприводов с вентиляторной нагрузкой // Электропривод на транспорте и в промышленности: тр. II Всерос. научно-практ. конф. Хабаровск: ДВГУПС, 2018. С. 323-327. [eLIBRARY ID: [36786219](#)]
6. **Дадабаев Ш.Т.** Исследование эффективности пуска высоковольтных синхронных электродвигателей при помощи инвертора тока // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 10. С. 618-621. [eLIBRARY ID: [36618194](#)]
7. **Дадабаев Ш.Т.** Исследование пусковых переходных процессов высоковольтного синхронного электропривода с учетом нагрева и жаркого климата // Энергетические системы: Сб. тр. II Межд. научно-техн. конф. Белгород: БГТУ, 2017. С. 179-184. [eLIBRARY ID: [36377761](#)]
8. **Дадабаев Ш.Т.** Компьютерное моделирование нагрева синхронных электроприводов насосных агрегатов при различных способах пуска // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): тр. межд. научно-техн. конф. Самара: Самарский научный центр РАН, 2017. С. 76-80. [eLIBRARY ID: [29194657](#)]
9. **Ковач К.П., Рац И.** Переходные процессы в машинах переменного тока; пер. с нем. М. Л.: Госэнергоиздат, 1963. 735 с.
10. **Поздеев А.Д.** Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. 172 с.
11. **Терёхин В.Б.** Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): уч. пос. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 320 с.
12. **Черных И.В.** Моделирование электротехнических устройств в MATLAB SimPowerSystem и Simulink. М.: ДМК Пресс, 2007. 288 с.



13. Reduced-Voltage Starting of Squirrel-Cage Induction Motors / F.M. Bruce, R.J. Graefe, A. Lutz, M.D. Panlener // IEEE Transactions on Industry Applications. 1984. Vol. IA- 20(1). P. 46-55. DOI: [10.1109/TIA.1984.4504374](https://doi.org/10.1109/TIA.1984.4504374).

14. **Nevelsteen, J., Aragon, H.**, Starting of Large Motors-Methods and Economics // IEEE Transactions on Industry Applications. 1989. Vol. 25(6). P. 1012-1018. DOI: [10.1109/28.44236](https://doi.org/10.1109/28.44236).

15. Analysis of Electric Machinery and Drive Systems / P.C. Krause, O. Wasynczuk, S.D. Sudhoff, S.D. Pekarek // 3rd edition. NJ: Wiley-IEEE Press, 2013. 663 p. (IEEE Press Series on Power and Energy Systems) DOI: [10.1002/9781118524336](https://doi.org/10.1002/9781118524336).

16. **Dadabaev, S.T., 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. 2020. Vol. 22(1). P. 23-28. DOI: [10.18280/ejee.220103](https://doi.org/10.18280/ejee.220103). [eLIBRARY ID: [43283892](https://doi.org/43283892)]

17. **Wu X.Q., Steimel A.** Direct self control of induction machines fed by a double three-level inverter // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 1997. Vol. 44(4). P. 519-527. DOI: [10.1109/41.605629](https://doi.org/10.1109/41.605629).



STUDY OF VOLTAGE DIPS IN ELECTRICAL LINE AT STARTUP MODE OF POWERFUL ASYNCHRONOUS MOTORS

S.T. Dadabaev

Khujand Polytechnic Institute of the Tajik Technical University Named after Academician M.S. Osimi, Khujand

Abstract. The paper presents the development of the computer model to study voltage dips in an electrical line caused by startup mode of high voltage electrical motors, and also presents the study results of line`s voltage deviation influence on startup mode characteristics of asynchronous motors.

Keywords: computer modeling, asynchronous motor, MATLAB/Simulink, electric drive, transient process.

