

УДК 621.31

Д.М. Кочеганов, А.В. Серебряков**СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
ЧАСТОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева

Описана модель системы оценки качества функционирования преобразователя частоты с применением аппарата нечеткой логики. Имитационная модель системы построена при помощи пакета Matlab Simulink с расширением Fuzzy Logic Toolbox. Приведена структурная схема модели, перечень лингвистических правил, поверхности нечеткого вывода системы, функции принадлежности входных и выходных переменных. Полученная модель системы может быть использована в качестве функционального блока Matlab Simulink в моделировании работы энергетических установок, а также служить основой для разработки программного обеспечения систем поддержки принятия решений оператора электротехнического комплекса.

Ключевые слова: имитационное моделирование, качество функционирования, нечеткая логика, преобразователь частоты.

I. Введение

Преобразователи частоты (ПЧ) имеют широкое применение в производственной и электроэнергетической сферах. Одним из приложений данных устройств является использование в дизель-генераторных и ветряных энергетических установках. Преобразователи частоты дают возможность поддерживать параметры вырабатываемой установкой электрической энергии на требуемом уровне при изменяющемся потенциале ветрового потока или регулировании частоты вращения дизельного двигателя, что позволяет расширить рабочий диапазон ветроэнергетических установок и увеличить топливную эффективность дизель-генераторных установок [1].

Важными требованиями, предъявляемыми к современному энергетическому комплексу, являются малая численность обслуживающего персонала и низкие затраты на проведение планового технического обслуживания. Для выполнения этих требований создаются системы удаленной диагностики и мониторинга технического состояния оборудования. Тем не

менее, значительная доля доступных в продаже устройств не обладает требуемым функционалом, что влечет за собой необходимость разработки и совершенствования подобных систем.

Целью работы является разработка имитационной модели системы оценки качества функционирования преобразователя частоты в среде Matlab Simulink с применением аппарата нечеткой логики для поддержки принятия решений оператором о работоспособности оборудования и необходимости проведения техобслуживания.

II. Имитационная модель

Задачей системы является формирование оценки качества функционирования преобразователя частоты на основе технологических параметров, выбранных в качестве диагностируемых признаков и руководствуясь лингвистическими правилами, определенными экспертами в данной области [2]. Для решения данной задачи эффективным является использование аппарата нечеткой логики. Это обусловлено тем, что получить все необходимые входные данные для однозначной оценки надежности работы устройства и принятия решения о необходимости проведения технического обслуживания (изменения в структурах элементов устройства, возникновение изъянов материалов, стохастическая природа возникновения неисправностей) на текущем этапе развития техники не представляется возможным. Принятие решения, таким образом, производится в условиях несовершенства (неточности, неполноты, неоднозначности) исходных данных. Это обстоятельство делает применение методов классической логики затруднительным. Однако применение нечеткой логики позволяет дополнить классический подход набором правил, представляющим формализованный эмпирический опыт экспертов в данной области, что дает возможность автоматизации принятия верных управленческих решений даже при неполноте исходной информации.

На рис. 1 приведена структура разрабатываемой системы. Для ее построения используется пакет Matlab Simulink с расширением Fuzzy Logic Toolbox [3, 4].

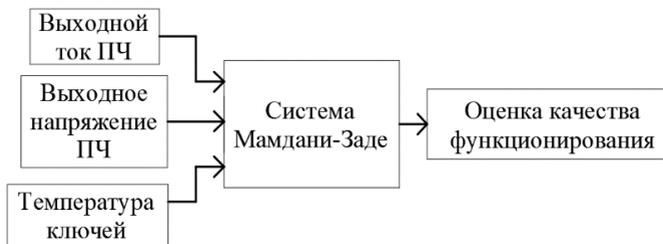


Рис. 1. Структурная схема системы

Входными переменными системы являются величины выходного тока, выходного напряжения и температуры силовых ключей преобразователя частоты. Выходная переменная системы – оценка качества функционирования преобразователя частоты – формируется системой нечеткого вывода по алгоритму Мамдани-Заде [5].

Для универсальности подхода пороговые значения физических величин выражаются в относительных единицах, где номинальному уровню параметра соответствует 1. Тип функций принадлежности и количество терминов для каждой лингвистической переменной были сформированы экспертным путем.

На рис. 2 представлены функции принадлежности переменной «Выходной ток ПЧ», величина которой характеризуется двумя терминами: «Нормальный» и «Высокий». Для переменной «Температура ключей» применено также два термина – «Нормальный» и «Высокий» (рис. 3). Для переменной Выходное напряжение ПЧ используется три термина: «Низкий», «Нормальный» и «Высокий» (рис. 4).



Рис. 2. Функции принадлежности лингвистической переменной «Выходной ток ПЧ»



Рис. 3. Функции принадлежности лингвистической переменной «Температура ключей»

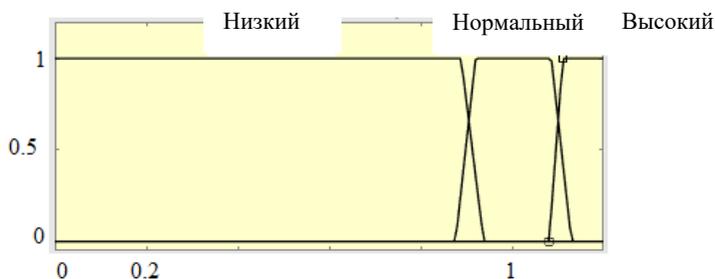


Рис. 4. Функции принадлежности лингвистической переменной «Выходное напряжение ПЧ»

Функции принадлежности выходной переменной «Оценка качества функционирования» приведена на рис. 5. Для ее описания используется три термина: «Аварийный уровень», «Предупредительный уровень» и «Нормальный уровень».

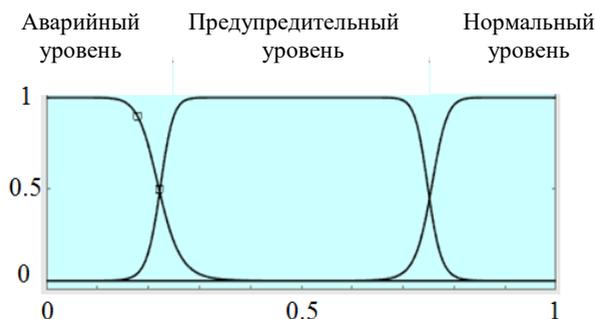


Рис. 5. Функции принадлежности лингвистической переменной «Оценка качества функционирования»

Экспертным путем был сформирован набор лингвистических правил, устанавливающих зависимость оценки качества функционирования преобразователя частоты от величин входных переменных (табл. 1).

II. Тестирование модели

На рис. 6 представлено отображение перечня лингвистических правил системы в средстве просмотра правил Rule Viewer. Данный инструмент позволяет протестировать работу системы, задавая произвольный набор входных переменных и оценивая величину выходной переменной.

Таблица 1.
Набор лингвистических правил

Номер	Правило
1	If (Temperature is Normal) and (Current is Normal) and (Voltage is Normal) then (Condition is Normal) (1)
2	If (Temperature is High) and (Current is Normal) and (Voltage is Normal) then (Condition is Warning) (1)
3	If (Temperature is High) and (Voltage is Normal) then (Condition is Warning) (1)
4	If (Current is High) and (Voltage is Normal) then (Condition is Alarm) (1)
5	If (Temperature is Normal) and (Current is High) and (Voltage is Normal) then (Condition is Alarm) (1)
6	If (Temperature is High) and (Current is High) and (Voltage is Normal) then (Condition is Alarm) (1)
7	If (Current is Normal) and (Voltage is Low) then (Condition is Alarm) (1)
8	If (Temperature is Normal) and (Current is Normal) and (Voltage is Low) then (Condition is Alarm) (1)
9	If (Temperature is High) and (Current is Normal) and (Voltage is Low) then (Condition is Alarm) (1)
10	If (Temperature is High) and (Current is Normal) and (Voltage is High) then (Condition is Alarm) (1)
11	If (Temperature is Normal) and (Current is Normal) and (Voltage is High) then (Condition is Alarm) (1)
12	If (Current is Normal) and (Voltage is High) then (Condition is Alarm) (1)

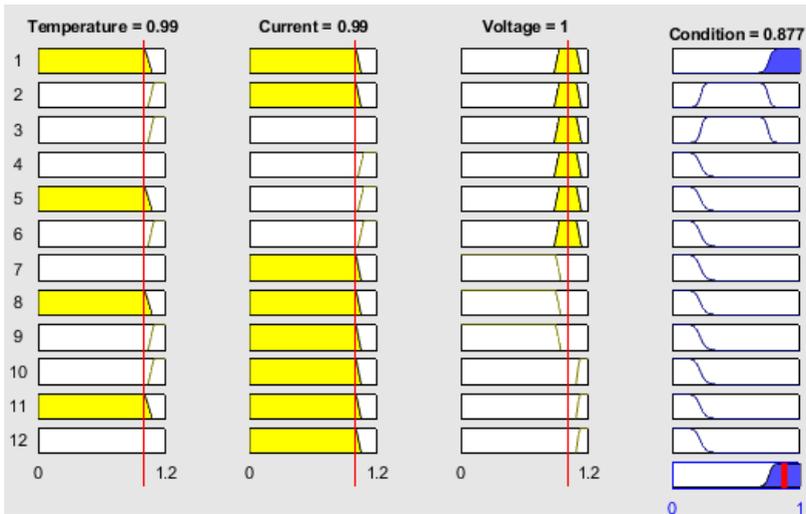


Рис. 6. Представление лингвистических правил в средстве *Rule Viewer*

Просмотр так называемых поверхностей нечеткого вывода системы позволяет визуально проверить полученные взаимосвязи входных и выходных переменных, рис. 7-9. Для построения поверхностей величины незадействованных переменных принимаются равными 1.

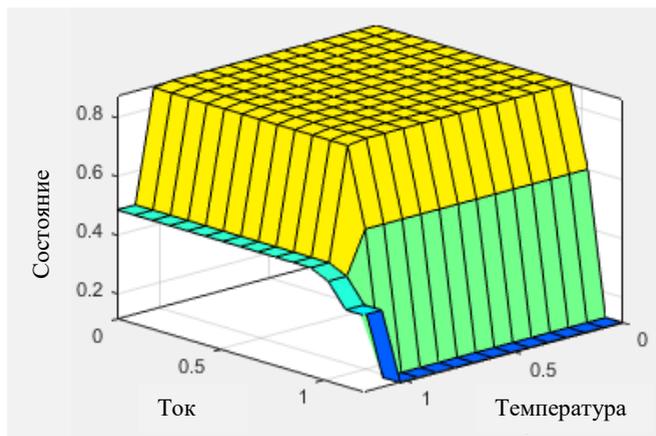


Рис. 7. Зависимость качества функционирования от величин тока и температуры

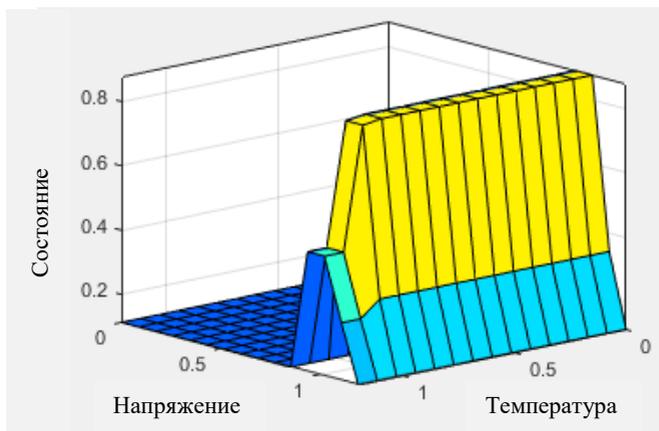


Рис. 8. Зависимость качества функционирования от величин напряжения и температуры

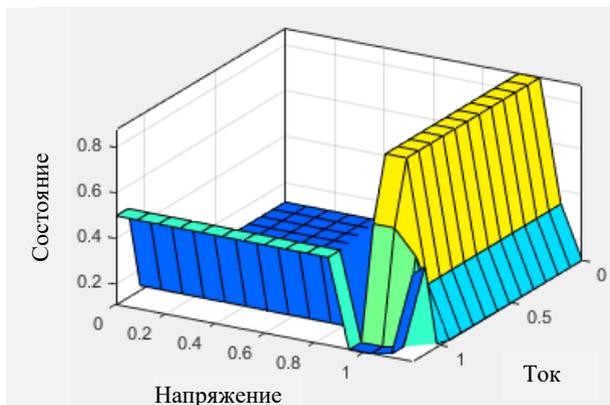


Рис. 9. Зависимость качества функционирования от величин напряжения и тока

IV. Заключение

Полученная система оценки качества функционирования преобразователя частоты позволяет оказать поддержку оператору при мониторинге технического состояния и анализе диагностических данных электротехнического комплекса. Использование аппарата нечеткой логики в области имеет своей целью повышение качества и уменьшение трудоемкости работы экспертов по оценке работоспособности устройства, позволяя при принятии решения использовать весь доступный объем информации, поступившей с датчиков технологических параметров, в дальнейшем давая также возможность применять средства статистической обработки данных и прогнозирования.

© Кочеганов Д.М., 2019

© Серебряков А.В., 2019

Библиографический список

- [1] Дарьенков А.Б., Бычков Е.В., Комраков Д.А., Абузяров Т.Х., Кочеганов Д.М. Физическая модель электротехнического комплекса гибридной электроустановки // III Всерос. (XXXVI Рег.) науч.-тех. конф. «Актуальные проблемы электроэнергетики», Декабрь 22, 2017, Нижний Новгород, Россия. Изд-во: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2017. С. 39-42.
- [2] Стеклов А.С., Титов В.Г., Серебряков А.В. Применение экспертных систем для обработки результатов диагностирования // Научный альманах. 2015. № 10-3 (12). С. 247-250.
- [3] Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide [Электронный ресурс]. URL: https://au.mathworks.com/help/releases/R2015b/pdf_doc/fuzzy/fuzzy.pdf (дата обращения 19.10.2019).

- [4] Fuzzy Logic Toolbox [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/> (дата обращения 21.10.2019).
- [5] What Is Mamdani-Type Fuzzy Inference? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/what-is-mamdani-type-fuzzy-inference.html/> (дата обращения 21.10.2019).

D.M. Kocheganov, A.V. Serebryakov

FUZZY LOGIC SYSTEM FOR ASSESSMENT OF FREQUENCY CONVERTER OPERATING QUALITY

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. This article describes a model of a system for assessing the quality of the functioning of a frequency converter using a fuzzy logic apparatus. The simulation model of the system is built in the Matlab Simulink with the Fuzzy Logic Toolbox extension. The structural diagram of the model, a list of linguistic rules, the surface of the fuzzy inference of the system, the membership function of the input and output variables are given. The resulting system model can be used as a functional block of Matlab Simulink in modeling the operation of power plants, as well as serve as the basis for the development of software for decision support systems for the operator of the electrical complex.

Keywords: frequency converter, fuzzy logic, simulation modeling, quality of operation.

References

- [1] A.B. Dar'enkov, E.V. Bychkov, D.A. Komrakov, T.Kh. Abuzyarov and D.M. Kocheganov, «Fizicheskaya model' elektrotekhnicheskogo kompleksa gibridnoy elektroustanovki (Physical model of the electrical complex of a hybrid electrical installation)», in proc. *III All-Russian Conf. Aktual'nyye problemy elektroenergetiki (Actual problems of the electric power industry)*, Dec. 22, 2017, Nizhny Novgorod, Russia, pp. 39-42 (in Russian).
- [2] A.S. Steklov, V.G. Titov and A.V. Serebrjakov, «The use of expert systems for processing diagnostic results», *Science Almanac*, vol. 10-3, no. 12, pp. 247-250, Dec. 2015.
- [3] Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. [Online]. Available at: https://au.mathworks.com/help/releases/R2015b/pdf_doc/fuzzy/fuzzy.pdf [Accessed: Oct. 19, 2019].
- [4] Fuzzy Logic Toolbox. [Online]. Available at: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/> [Accessed: Oct. 21, 2019].
- [5] What is Mamdani-Type Fuzzy Inference? [Online]. Available at: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/what-is-mamdani-type-fuzzy-inference.html> [Accessed: Oct. 21, 2019].