

В ходе моделирования установлено, что схема управления на основе нечеткой логики в этой работе работает лучше, чем управление ПИД, что и ожидалось. Приведенные выше результаты свидетельствуют об обоснованности и целесообразности предлагаемых схем управления для различных нагрузочных резонансных преобразователей.

Литература

1. B. Yang, F. C. Lee, A. J. Zhang, and G. Huang, "LLC resonant converter for front end DC/DC conversion," in Proc. IEEE Appl. Power Electron. Conf. Expo., 2002, pp. 1108–1112.
2. N. Madhanakkumar, T. S. Sivakumaran, G. Irusapparajan, D. Sujitha, "Closed loop control of LLC resonant converter incorporating ZVS boost converter," in Int. Journal of Engg. and Tech., vol.6, no.2, pp. 0975-4024, May 2014.
3. B. Lu, W. Liu, Y. Liang, F. C. Lee, and J. D. van Wyk, "Optimal design methodology for LLC resonant converter," in Proc. IEEE Appl. Power Electron. Conf. Expo., Mar. 2006, vol. 2, p. 6.

4. T. Liu, Z. Zhou, A. Xiong, J. Zeng, and J. Ying, "A novel precise design method for LLC series resonant converter," in Proc. 28th Annu. Int. Telecomm. Energy Conf., 2006, pp.1-6.

5. C. Oeder, "Analysis and design of a low-profile LLC converter," in Proc. IEEE Int. Symp. Ind. Electron., Jul. 2010, pp. 3859–3864.

6. M. P. Foster, C. R. Gould, A. J. Gilbert, D. A. Stone, and C. M. Bingham, "Analysis of CLL voltage-output resonant converters using describing functions," IEEE Trans. Power Electron., vol. 23, no. 4, pp. 1772–1781, Jul. 2008.

7. X. Fang, H. Hu, J. Shen, and I. Batarseh, "Operation mode analysis and peak gain approximation of the LLC resonant converter," IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 4, pp. 1985–1995, Apr. 2012.

8. R. Beiranvand, B. Rashidian, M. R. Zolghadri, and S. M. H. Alavi, "Designing an adjustable wide range regulated current source," IEEE Trans. Power Electron., vol. 25, no. 1, pp. 197–208, Jan. 2010.

9. W.-Y. Choi, J.-M. Kwon, and B.-H. Kwon, "High-performance front-end rectifier system for telecommunication power supplies," Proc. Inst. Elect. Eng., vol. 153, no. 4, pp. 473–482, 2006.

Marych I.V.

*a second-year master's student,
KPI named Igor Sikorsky*

DESIGN OF A CONTROL SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC FOR LLC RESONANT CONVERTER

Марич Ю.В.

*студент II-курса магистратуры
КПИ им. И.Сикорского*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ РЕЗОНАНСНОГО LLC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Summary. In this article the principles of operation of closed-type control systems based on Mamdani and Sugeni fuzzy logic models for control of LLC converters are considered. These control methods provide stability and good control. Simulation is performed on MATLAB.

Аннотация. В данной работе рассматриваются принципы работы систем управления замкнутого типа на основе нечеткой логики двух разных моделей (Мамдани и Сугено) для управления LLC преобразователем. Данные методы управления обеспечивают стабильность и хороший контроль. Моделирование проводится на основе MATLAB.

1. Введение

Растущий спрос на более высокую плотность мощности и низкий профиль в конструкциях преобразователей питания заставляет разработчиков увеличивать частоты коммутации. Работа на высоких частотах значительно уменьшает размер пассивных компонентов, таких как трансформаторы и фильтры. Однако потери на переключение является препятствием для работы на высокой частоте. С целью их уменьшения были разработаны методы резонансной коммутации [1-7]. Эти методы обрабатывают мощность синусоидальным способом и позволяют реализовать «мягкую» коммутацию силовых

транзисторов. Поэтому потери на коммутацию и шум значительно ниже.

Возникает задача эффективного управления работы приведенных выше преобразователей напряжения. На сегодняшний день существует несколько основных методов управления: ПИД регулятор, регулятор на основе нечёткой логики (FLC) и нейронный регулятор. Преимуществом FLC является использование простого математического аппарата для работы со сложными нелинейными системами, высокая точность и скорость алгоритма.

2. Основы нечёткой логики

Нечёткая логика - это набор общепринятых (булевых) логик, расширенных для обработки

концепции частичных значений истины между "полностью правдивыми" и "полностью ошибочными". Как следует из названия, именно логика, лежащая в основе способов рассуждения, является приблизительной, а не точной. Важность нечеткой логики вытекает из того, что большинство способов рассуждения человека носят схожий характер [8-11].

Нечёткая логика была разработана Лотфи А. Заде в 1961 году для того, чтобы обеспечить математические правила и функции, которые работают на естественном (интуитивной) языке. Нечёткая логика обеспечивает способ вычисления промежуточных значений между абсолютной истиной и абсолютной ошибкой с результирующими значениями в диапазоне от 0,0 до 1,0, рис 1.

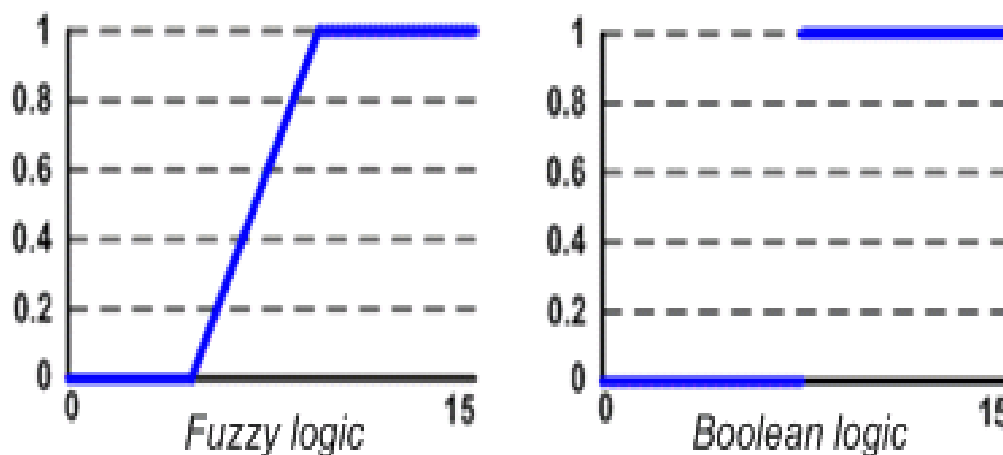


Рис. 1.

Основные части каждого нечёткого регулятора показаны на рис. 2. Контроллер нечёткой логики (FLC) состоит из интерфейса фазификации, базы

знаний, механизма исчисления и интерфейса дефазификации.

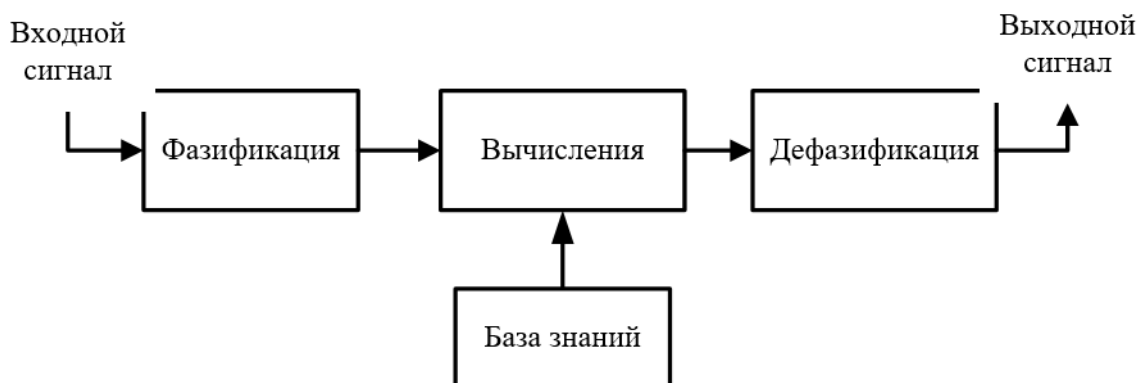


Рис. 2

На первом этапе обработки нечёткой логики четкие входные данные преобразуются в нечёткие входные данные, как показано на рис. 2. Это преобразование называется фазификацией. Система должна превратить числовые значения в соответствующие языковые области, чтобы позволить механизмам нечёткого вычисления сделать вывод, чтобы превратить четкие входные данные в нечёткие входные данные, функции принадлежности должны быть сначала определены для каждого входного сигнала. Как только функции принадлежности определены, фазификация принимает входное значение в реальном времени, такое как напряжение, например, и сравнивает его

с сохраненной информацией о функциях принадлежности, чтобы получить нечёткие входные значения. Фазификация играет важную роль в работе с неопределенной информацией, которая может быть объективной по своей природе [12,13].

3. Разработка регулятора на основе нечёткой логики для резонансного LLC преобразователя.

Контроллер нечёткой логики (FLC) обеспечивает адаптивное управление для повышения производительности системы. Нечёткая логика призвана обеспечить работу СК для управления нелинейными процессами и для

обработки неоднозначных и неопределенных ситуаций. Нечёткое управление для выбранного преобразователя постоянного напряжения разработан с использованием входных функций принадлежности ошибки e и изменения ошибки Ce и исходной функции принадлежности D - скважность. Результатом работы алгоритма нечёткого управления является изменение рабочего цикла $[d(k)]$. Рабочий цикл $d(k)$ в k -й момент времени выборки определяется путем добавления предыдущего рабочего цикла $[d(k-1)]$ к рассчитанному изменению рабочего цикла.

$$d(k) = d(k - 1) + d(k)$$

На рис. 3. показано нечёткое логическое управление резонансным преобразователем LLC из двух входов и одной выходной переменной, ошибка и изменение ошибки являются входными переменными, тогда как изменение рабочего цикла является исходной переменной. А на рис. 4 представлены нечёткие функции членства, используемых для резонансного преобразователя LLC. Правила управления, связывают нечёткий выход с нечёткими входами, исходят из общих знаний о поведении, восприятие и опыт системы. База правил для разработанного нечёткого контроллера приведена в таблице 1.

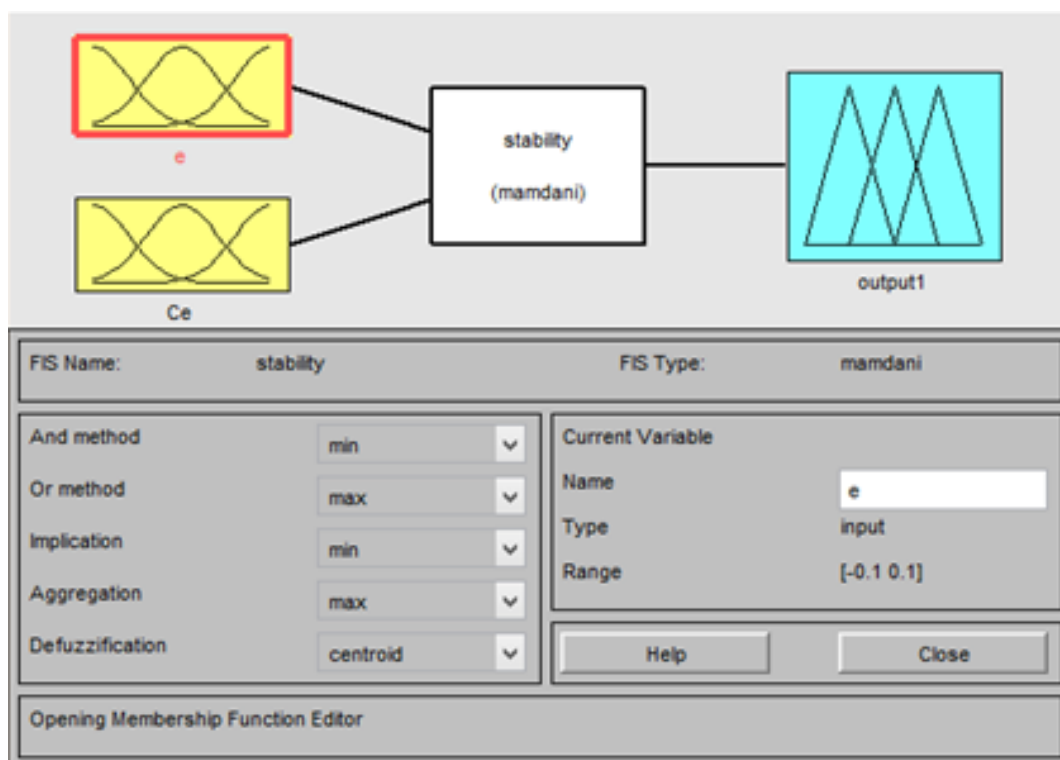


Рис. 3

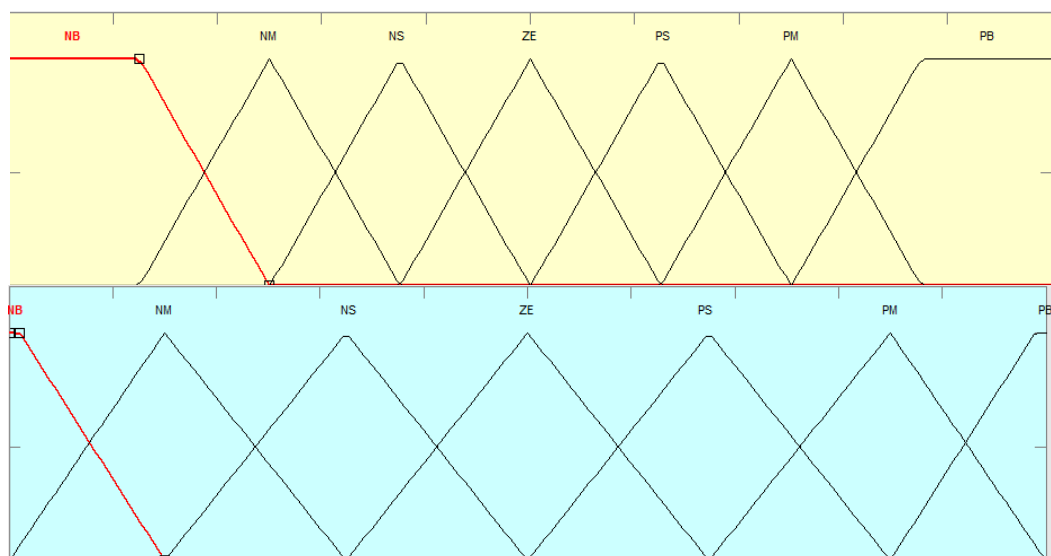


Рис. 4

Таблица 1

	NB	NM	NS	Z	PB	PM	PS
NB	NB	NB	NM	NM	NS	NS	Z
NM	NB	NM	NM	NS	NS	Z	PB
NS	NM	NM	NS	NS	Z	PB	PB
Z	NM	NS	NS	Z	PB	PB	PM
PB	NS	NS	Z	PB	PB	PM	PM
PM	NS	Z	PB	PB	PM	PM	PS
PS	Z	PB	PB	PM	PM	PS	PS

Поверхность нечёткого регулятора показывает отношение между входами и выходами в любой точке интервала $[-0.1 \ 0.1]$ с использованием метода дефазификации по центру области Z_{COA} , рис. 5.

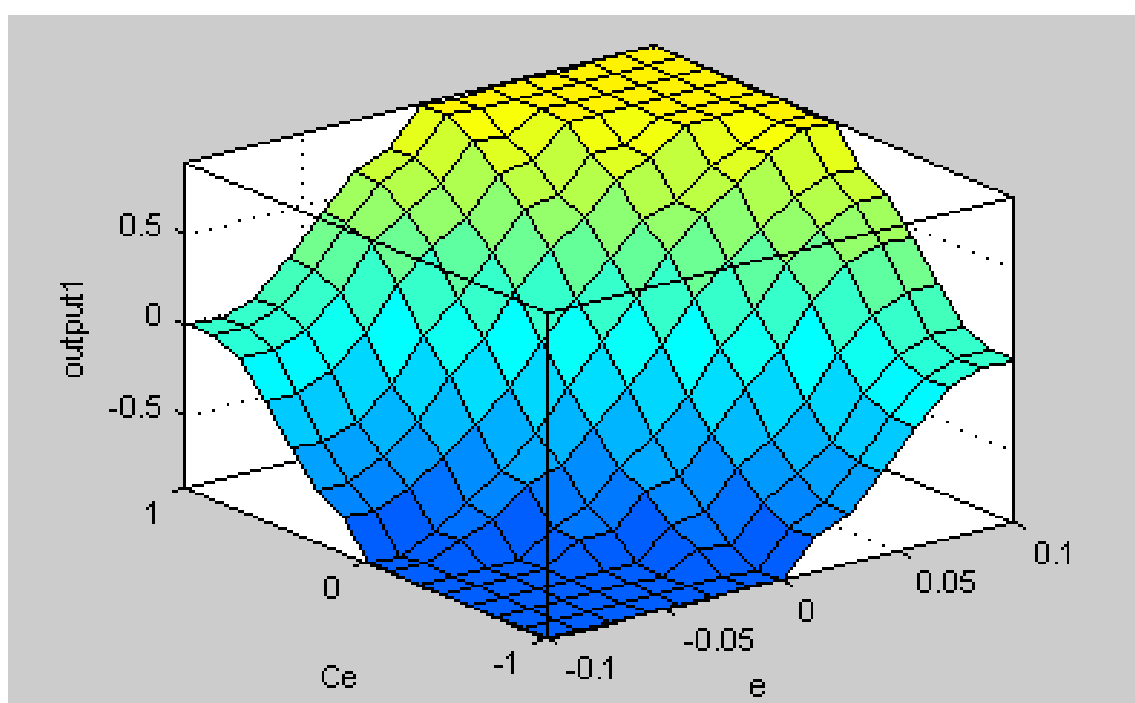
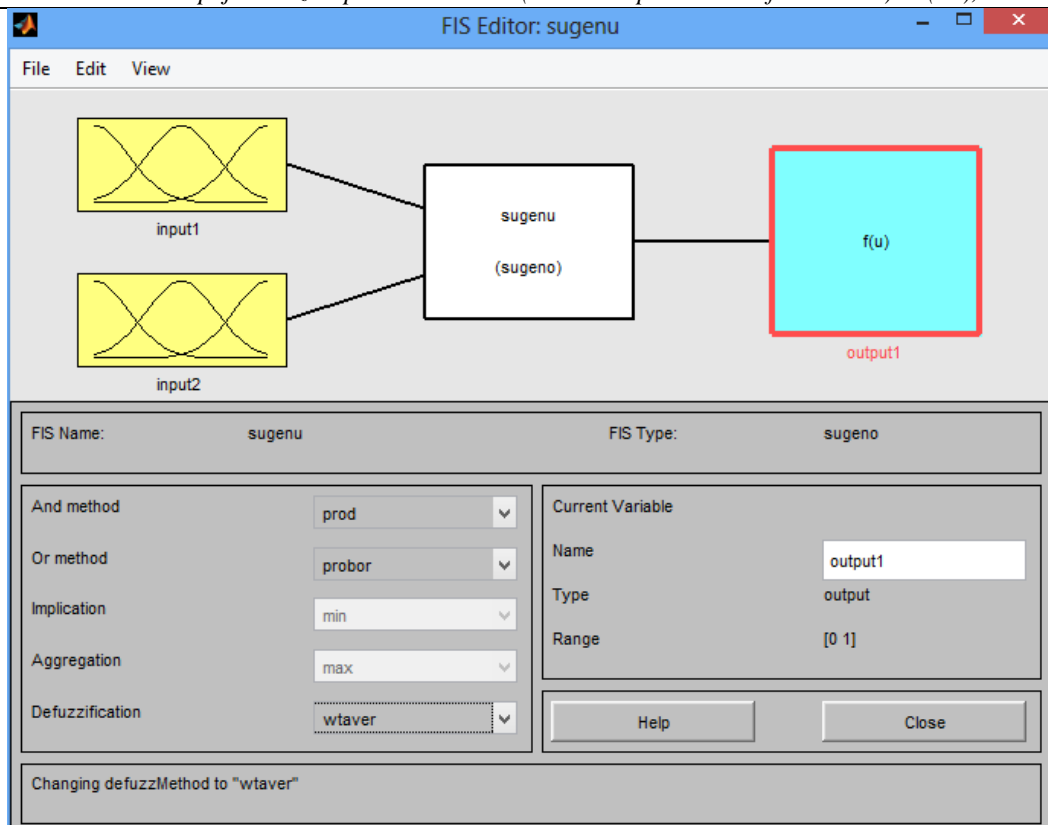


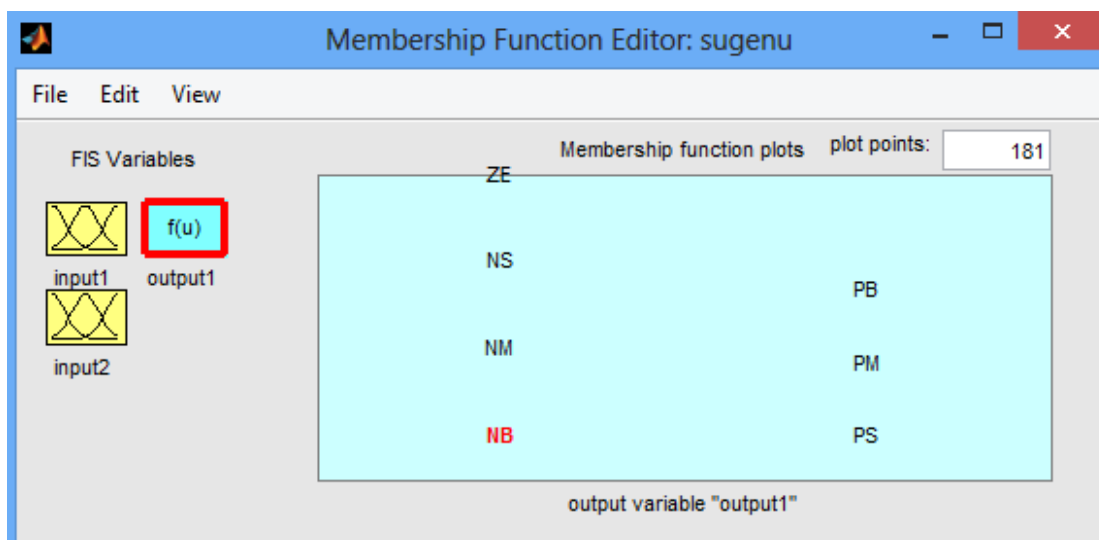
Рис. 5

Нечёткое логическое управление за моделью Sugeno для LLC резонансного преобразователя выполнен из двух входных и одной выходной переменных, которые представляют собой погрешность и изменение погрешности в качестве

входных переменных типа FLC (Mamdani) контроллера (рис. 6). Выходные нечёткие функции принадлежности (рис. 7) связываются с входными согласно встроенных правил изображённых на рис. 8.



Puc. 6



Puc. 7

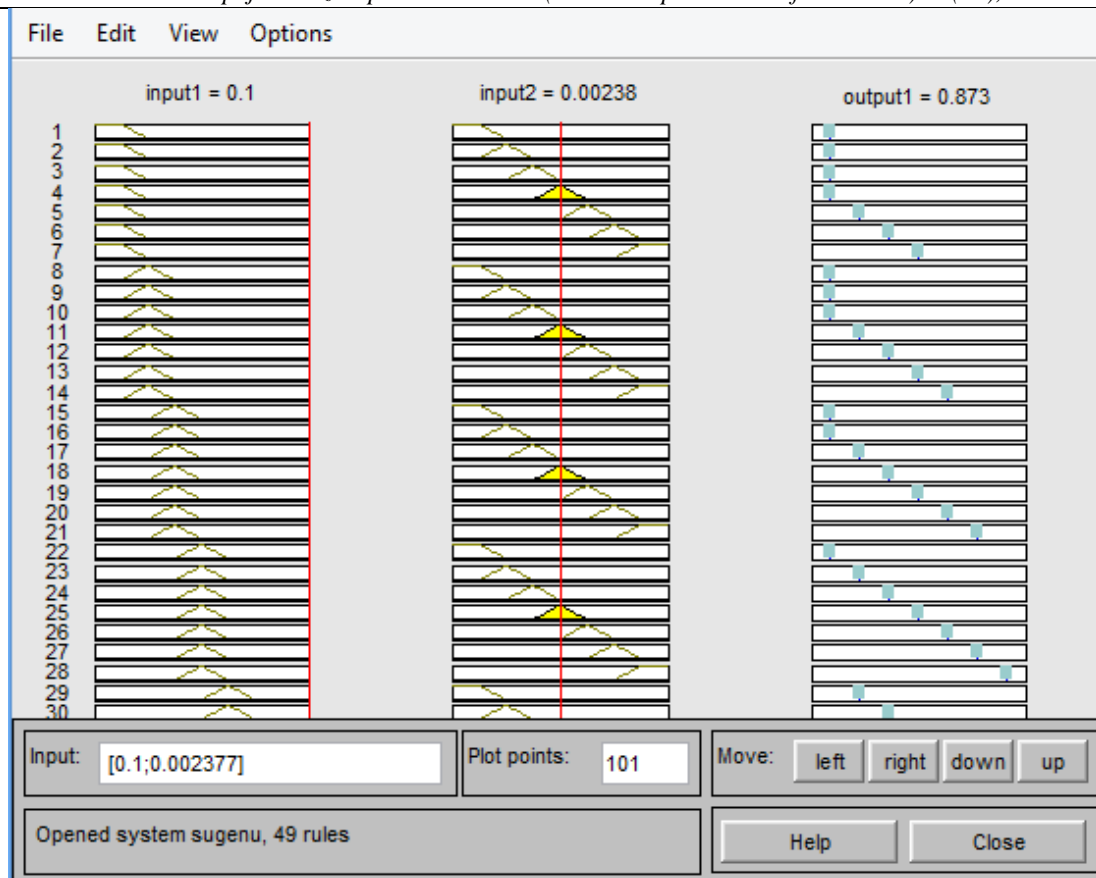


Рис. 8

На каждом интервале выборки значение RMS синусоидальной опорного напряжения и напряжения нагрузки используются для вычисления погрешности (e) и изменения сигналов

ошибок (Ce), которые выполняют роль входа в FLC. Этапы фаззификации, нечёткого исчисления и дефазификации выполняется программой, как описано на блок-схеме рис. 9.

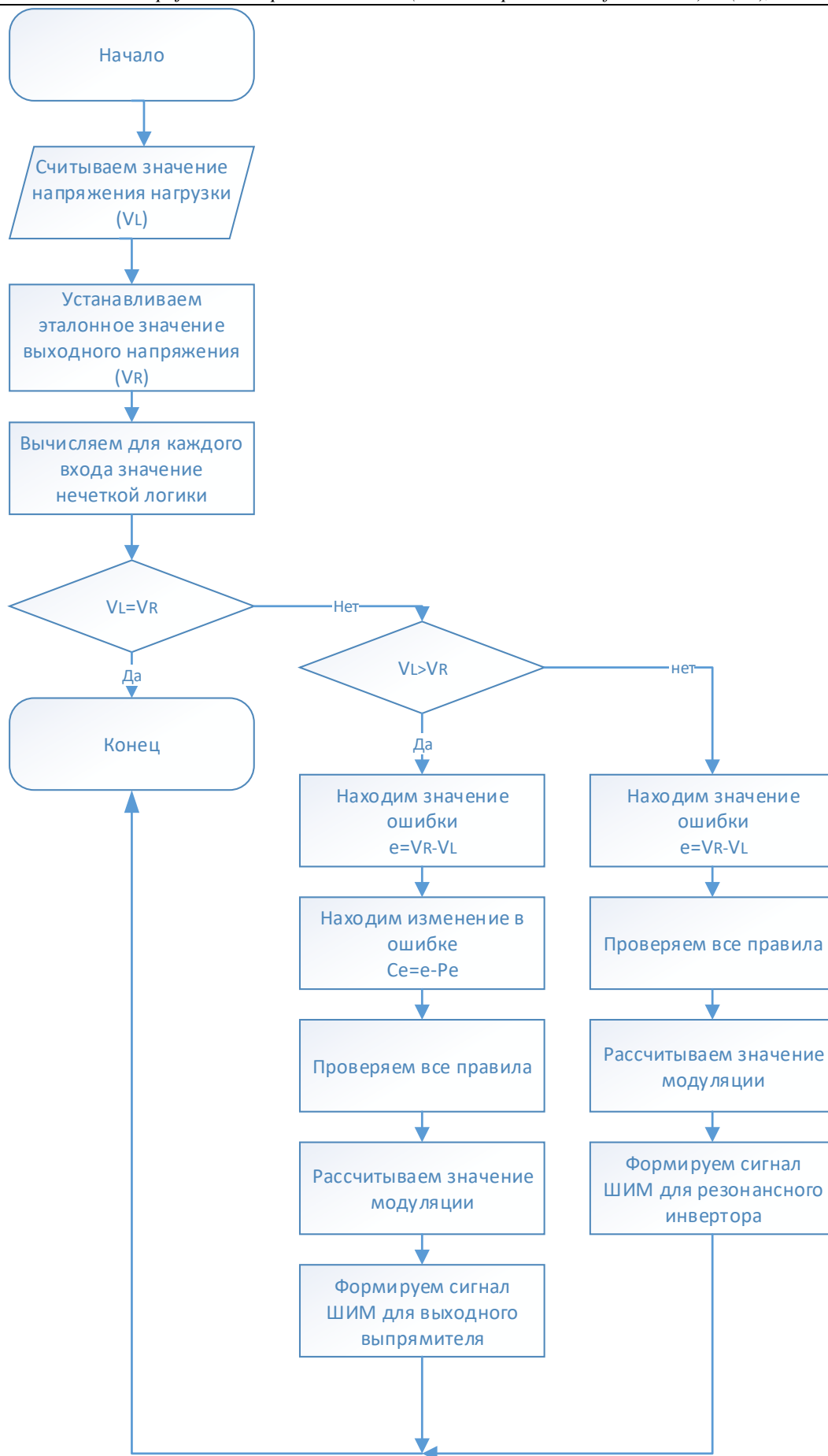


Рис. 9

4. Результаты моделирования

Моделирование замкнутого контура с использованием FLC контроллера для LLC осуществляется с помощью программного обеспечения MATLAB / Simulink. В зависимости от погрешности и изменения погрешности исчисляется величина изменения рабочего цикла. Инструкции по набору параметров и

функциональные блоки, доступные в MATLAB, используются для обновления нового рабочего цикла генераторов ШИМ.

Схема моделирования замкнутого контура LLC резонансного преобразователя с использованием FLC показана на рис. 10. Преобразователь работает с чистой коммутации 50 кГц.

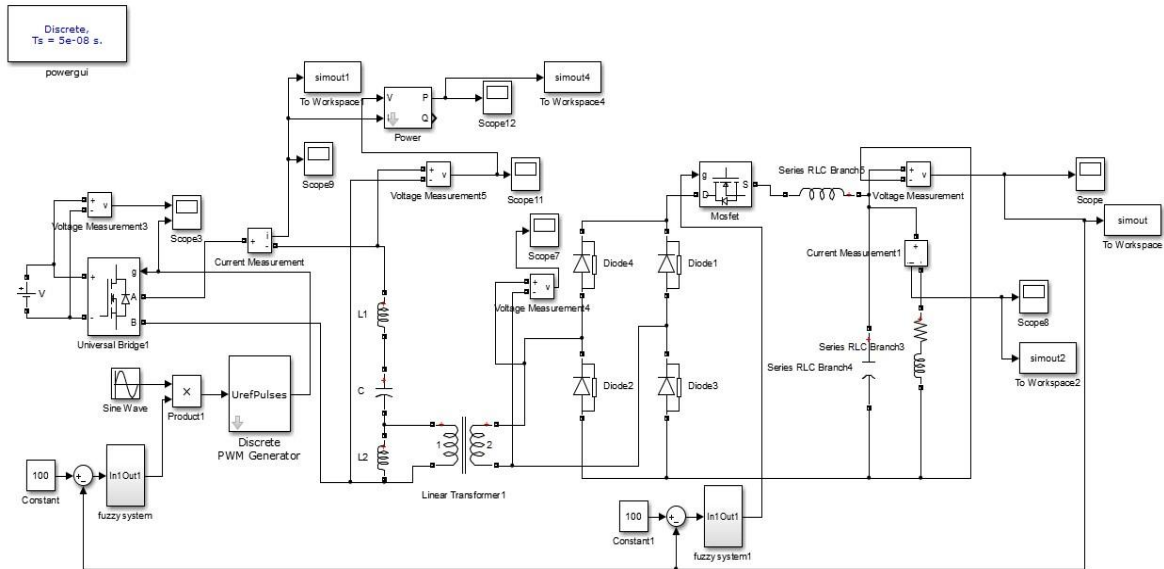


Рис. 10

Полученные результаты моделирования работы резонансного преобразователя, управляемого регулятором на основе нечёткой

логики по двум методам Мамдани (рис. 11) и Сугено (рис 12) сравниваются с результатами для обычного FLC регулятора из источника [14].

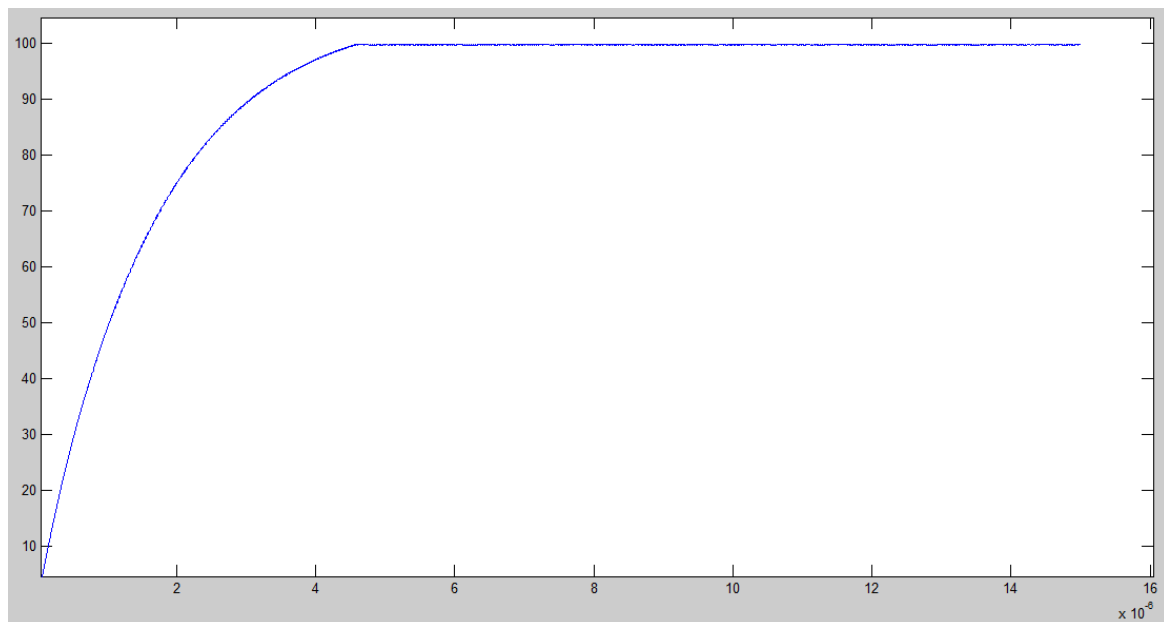


Рис. 11

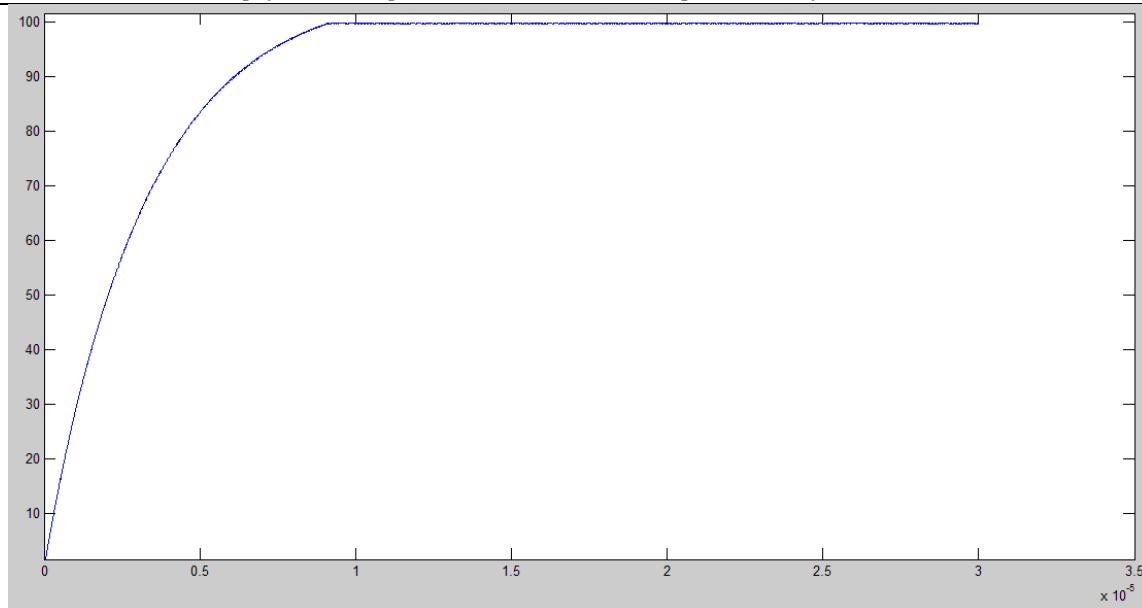


Рис. 12

Результаты моделирования представлены в таблице 2:

Таблица 2

Тип управления	Время нарастания (мс)	Час встановлення (мс)	Відхилення вихідної напруги
FLC	0.057	0.07	1.6%
FLC (Мамдані)	0.0027	0.005	0.4%
FLC (Сугено)	0.0024	0.0046	0.2%

5. Выводы

В данной работе нечёткий логический контроллер был разработан для улучшения отклика системы, например, времени установления, при реализации нечёткого контроллера системы управления на основе метода Мамдани получили выходное напряжение 99.6 от заданного напряжения 100В, установке составил 0.005 мс, время нарастания - 0.027 мс. Для метода Сугено выходное напряжение было 99,8, время установки 0.0046 мс, время нарастания - 0.0024 мс. Исходя из полученных данных, метод управления на основе Сугено является оптимальным для регулировки выходного напряжения резонансного источника питания.

Литература

1. Robert L. Steigerwald, "A Comparison of Half-bridge resonant converter topologies," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 3, No. 2, April 1988.
2. A. F. Witulski and R. W. Erickson, "Design of the series resonant converter for minimum stress," IEEE Transactions on Aerosp. Electron. Syst., Vol. AES-22, pp. 356-363, July 1986.
3. R. Oruganti, J. Yang, and F.C. Lee, "Implementation of Optimal Trajectory Control of

Series Resonant Converters," Proc. IEEE PESC '87, 1987.

4. V. Vorperian and S. Cuk, "A Complete DC Analysis of the Series Resonant Converter," Proc. IEEE PESC'82, 1982.

5. Y. G. Kang, A. K. Upadhyay, D. L. Stephens, "Analysis and design of a half-bridge parallel resonant converter operating above resonance," IEEE Transactions on Industry Applications Vol. 27, March-April 1991 pp. 386 - 395

6. R. Oruganti, J. Yang, and F.C. Lee, "State Plane Analysis of Parallel Resonant Converters," Proc. IEEE PESC '85, 1985.

7. M. Emsermann, "An Approximate Steady State and Small Signal Analysis of the Parallel Resonant Converter Running Above Resonance," Proc. Power Electronics and Variable Speed Drives '91, 1991, pp. 9-14.

8. http://home.agh.edu.pl/~vlsi/AI/rozmyta_en/

9. Robert Fuller, "Fuzzy Reasoning and Fuzzy Optimization," TUCS General Publications, No. 9, Turku Centre for Computer Science, Abo, 1998.

10. M. Ibrahim, Fuzzy Logic for Embedded Systems and applications, Elsevier Science, MA, USA, 2004.

11. Funk, P., Online fuzzy case-based individual stress diagnosing system, Master Thesis, Mälardalen University, 2005.

12. Oscar Castillo and Patricia Melin, "Type-2 Fuzzy Logic: Theory and Applications," Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, ISBN: 978-3-540-76283-6.

13. Mohammed S. EL-Moghany, Sun and Maximum Power Point Tracking in Solar Array

Systems Using Fuzzy Controllers via FPGA, Master Thesis, Islamic University-Gaza, 2011.

14. S. Selvaperumal, C. Christofer Asir Rajan, and S. Muralidharan "Stability and Performance Investigation of a Fuzzy-Controlled LCL Resonant Converter in an RTOS Environment" IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 28, No. 4, pp. 1820–1821, AP. 2013.

УДК 621.314.26: 539.16.04

ГРНТИ 45.37.31: 58.35.06

Chermalykh A.V.

*candidate of engineering sciences,
associate professor*

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Muhenov D.D.

*postgraduate at the department of automation control
of electrotechnical systems*

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

IONIZING RADIATION INFLUENCE ON THE FREQUENCY CONVERTER OUTPUT VOLTAGE

Чермалых Александр Валентинович

к.т.н., доц.

*Киевский политехнический институт
имени Игоря Сикорского*

Мугенов Даниил Джалильевич

*аспирант кафедры автоматизации управления
электротехническими комплексами
Киевский политехнический институт
имени Игоря Сикорского*

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Summary. The influence of radiation on the operation of a bridge crane of a nuclear waste storage facility is considered. It was found that the most sensitive to ionizing radiation are semiconductor devices in the electric drive system. We studied the change in the parameters of each of the power semiconductor device of the frequency converter with a direct current link from the absorbed dose of ionizing radiation. To do this, an analysis of the literature on theoretical and experimental studies has done. The equations of electrical equilibrium based on the frequency converter power channel diagram are written taking into account radiation sensitive parameters. A mathematical model of the dependence of the electrical energy semiconductor converter output voltage parameters on the absorbed dose of ionizing radiation is obtained to quantify the radiation effects. Plots of the dependence of the radiation-sensitive parameters of semiconductor devices on the absorbed dose are built. The concept of radiation dynamic resistance is introduced to evaluate the behavior of an insulated gate bipolar transistor collector-emitter channel. Elements which radiation-caused changes affects the most critically on operation of the system were discovered. The dependence of the output voltage of the frequency converter on the absorbed dose of ionizing radiation is obtained.

Аннотация. Рассмотрено влияние радиационного излучения на работу мостового крана хранилища ядерных отходов. Обнаружено, что наиболее чувствительными к ионизирующему излучению являются полупроводниковые приборы в составе системы электропривода. Изучено изменение параметров каждого из силовых полупроводниковых приборов преобразователя частоты со звеном постоянного тока от поглощённой дозы ионизирующего излучения. Для этого проведен анализ литературных источников по теоретическим и экспериментальным исследованиям. На основании схемы силового канала преобразователя частоты записаны уравнения электрического равновесия с учётом чувствительных к радиации параметров. Для количественной оценки влияния радиации получена математическая модель зависимости параметров выходного напряжения полупроводникового преобразователя электрической энергии от поглощённой дозы ионизирующего излучения. Построены графики зависимостей радиационно-чувствительных параметров полупроводниковых приборов от поглощённой дозы. Введено понятие радиационного динамического сопротивления для оценки поведения канала коллектор-эмиттер биполярного транзистора с изолированным затвором. Определены элементы, радиационное изменение