

SIMULATION OF ELECTRONIC VOLTAGE REGULATORS OF MECHATRONIC SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE DELAY.

M.B. Hidirova

Teacher, Kimyo International University in Tashkent

S. Abdurahmanova

Master student, Kimyo International University in Tashkent

Annotation. The article deals with simulation of an electronic voltage regulator based on the Simulink and Neural Network extension packages of the MATLAB program. Schemes of voltage regulators are presented, a description is given on setting the parameters for modeling voltage regulators, taking into account the delay. These models can be used to analyze the functioning of voltage regulators in transient and emergency modes, as well as in the educational process for training specialists in mechatronics and robotics.

Key words: regulator, mathematical modeling, nonlinear dynamics, transfer function, energy, information.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ЗАПАЗДЫВАНИЯ.

М.Б. Хидирова

Преподаватель, Ташкентский Международный Университет Кимё

С. Абдурахманова

Магистр, Ташкентский Международный Университет Кимё

Аннотация. Рассмотрен вопрос разработки модели регулятора напряжения на базе пакетов расширения Simulink и Neural Network программы MATLAB. Представлены схемы регуляторов напряжения, приведено описание по настройке параметров моделирования регуляторов напряжения с учетом запаздывания. Данные модели могут быть использованы для анализа функционирования регуляторов напряжения в переходных и аварийных режимах, а также в учебном процессе при подготовке специалистов по мехатронике и робототехнике.

Ключевые слова: регулятор, математическое моделирование, нелинейная динамика, передаточная функция, энергия, информация.

Конец XX столетия характеризуется пристальным вниманием исследователей к разработке мехатронных систем, состоящих из большого числа динамически взаимодействующих элементов механической, электрической, информационной природы. Для обеспечения постоянства напряжения в многосвязных мехатронных системах с запаздыванием используются электронные регуляторы на микропроцессорной основе. ПИД-регуляторы нашли широкое применение в электронных регуляторах напряжения

мехатронных систем, где очень важно не допустить перенапряжений [1-4]. Назначение ПИД-регуляторов заключается в поддержании заданного значения некоторой входной величины, например, напряжения. Передаточная функция ПИД-регулятора определяется выражением:

$$W(s) = Kp + \frac{Ki}{s} + \frac{sKd}{1+Ts},$$

где Kp, Ki, Kd – коэффициенты усиления пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих регулятора, соответственно, T – постоянная времени дифференцирования.

При решении задач беспроводной передачи энергии для обеспечения беспроводной зарядки мехатронных систем посредством энергии микроволнового излучения возникает проблема запаздывания в системах принятия и передачи маяковых сигналов с преобразователя напряжения, резонансного трансформатора и генераторов [5]. Передаточную функцию преобразователя напряжения можно выразить через апериодическое звено первого порядка [3]:

$$W(s) = \frac{K}{1 + Ts}$$

где K – коэффициент пропорциональности, T – постоянная времени дифференцирования.

Модель ПИД-регулятора преобразователя напряжения с запаздыванием равным 27 с в системе MATLAB и результаты моделирования приведены на рис.1 и рис. 2.



Рис.1 Модель ПИД-регулятора преобразователя напряжения в системе MATLAB

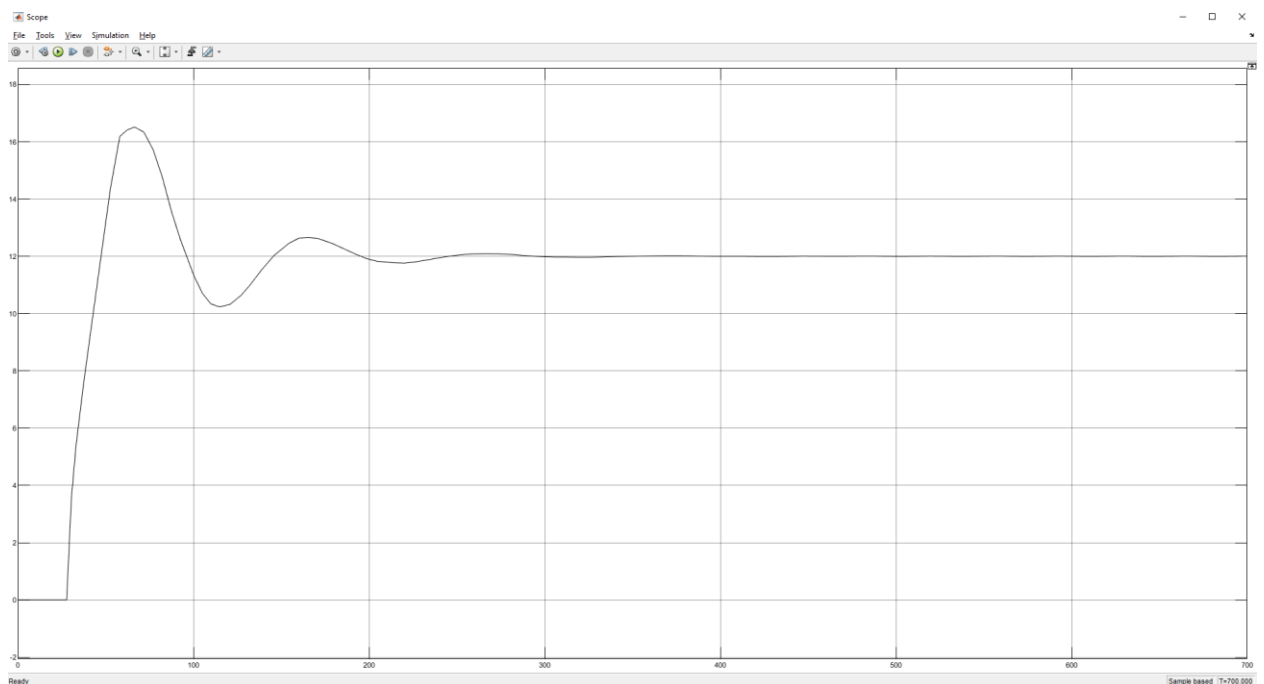


Рис.2 Характеристика ПИД-регулятора преобразователя

напряжения с запаздыванием 27 с (заданное значение достигается на 300 с со следующими коэффициентами $K=0,062$, $Ki=0,005$)

Передаточную функцию трансформатора можно принять в следующем виде:

$$W(s) = \frac{Ls^2 + Rs + 1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

Модели ПИД-регуляторов трансформатора и напряжения с запаздыванием в системе MATLAB и результаты моделирования приведены на рис. 3-6.

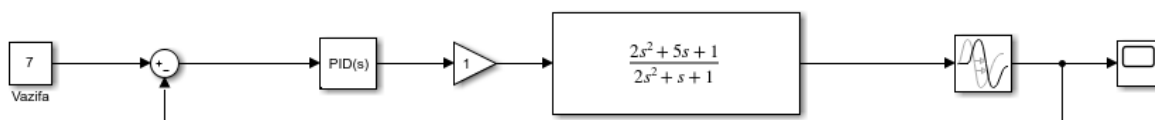


Рис.3 Модель ПИД-регулятора трансформатора с запаздыванием в системе MATLAB

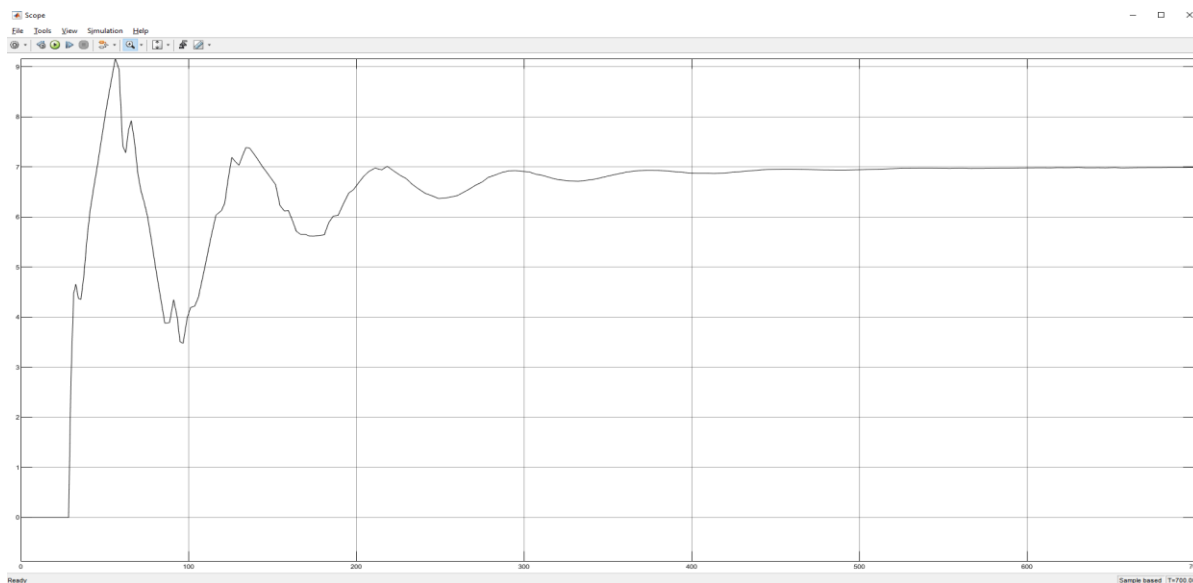


Рис.4 Характеристика ПИД-регулятора трансформатора с запаздыванием 27 с (заданное значение достигается на 550 с со следующими коэффициентами $K=0,9$, $Ki=0,01$, $Kd=-19,2$)

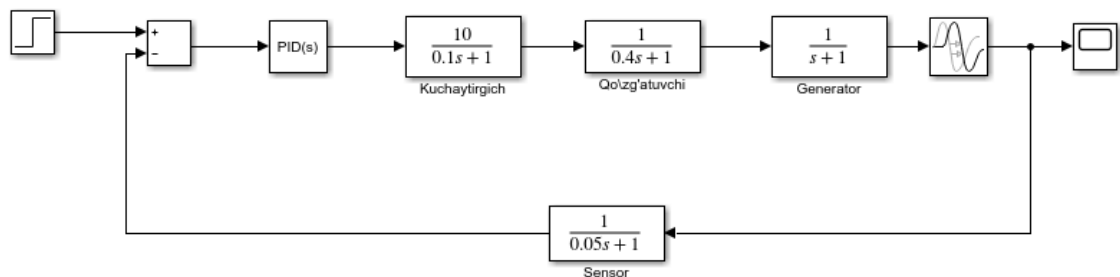


Рис.5 Модель ПИД-регулятора напряжения с учетом запаздывания в системе MATLAB



Рис.6 Характеристика ПИД-регулятора напряжения (заданное значение достигается на 3 с со следующими коэффициентами $K=0.48$, $Ki=0.47$, $Kd=0.09$)

Настройка коэффициентов ПИД-регулятора является не простой задачей, требуется определить коэффициенты для трех составляющих для достижения заданных требований по времени установления и перерегулирования. Авторы работы [6] заявляют об эффективности использования нейросетевого оптимизатора параметров ПИД-регулятора к колебаниям нагрузки и шуму. В структурах преобразования напряжений из-за своей простоты реализации и более низкой стоимости хорошо рекомендовал себя алгоритм Antlion Optimization (ALO) для ПИД-регулятора, который даёт гораздо лучшие результаты с более быстрой динамикой [7]. Адаптивный нейро-нечеткий (ANFIS) самонастраивающийся ПИД-регулятор, а также гибридные ПИД-регуляторы обладают эффективными характеристиками, позволяющими быстро и надежно следовать схеме опорного напряжения при внешних изменениях нагрузки, распределениях и неопределенности параметров [8-9]. Но, несмотря на огромные успехи, все еще не созданы регуляторы, обладающие обобщающей и «думающей» способностью, особенно в условиях быстро-изменяющейся энергетической и информационной среды [10-12].

Исследователи рассматривают задачи моделирования и обучения искусственной нейронной сети регулятора, динамика которой описывается системой интегро-дифференциальных уравнений с запаздыванием [13-14]. Также свойства гистерезиса

(запаздывания) используются для построения хаотических искусственных нейронных сетей со сложной функцией активации с самообучением и обобщением [13-18]. На рис. 7 представлена модель нейро-регулятора напряжения с запаздыванием. Для исследования вопросов самоорганизации, саморегуляции и адаптации регулятора для достижения устойчивого функционирования в процессе обработки внешних и внутренних энергетических и информационных потоков необходимо изучение ассоциативных, взаимосопряженных и самосопряженных регуляторных связей.

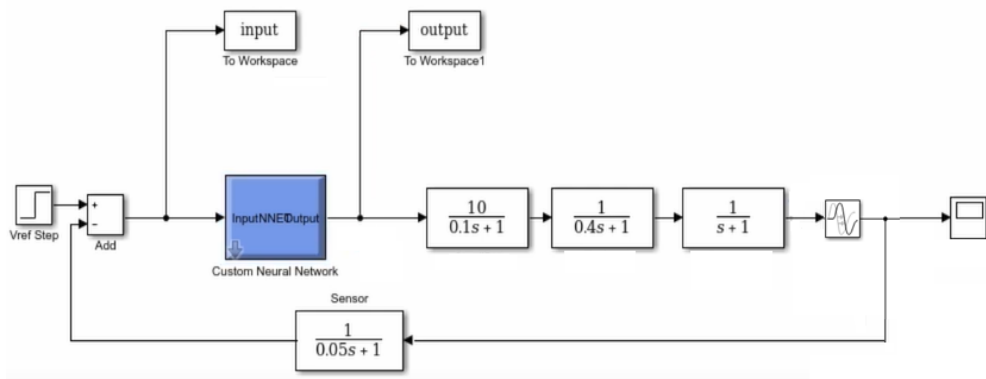


Рис.7 Модель нейро-регулятора напряжения с учетом запаздывания

Используя методику регуляtorики построен нейро-регулятор с учетом временных взаимоотношений, кооперативных процессов и комбинированных обратных связей на базе функционально-дифференциальных уравнений с запаздыванием [19]. На основе результатов качественных исследований и вычислительных экспериментов возможно построение параметрического портрета модельных систем нейро-регулятора с выделением конкретных областей однотипного поведения: тривиального аттрактора, стационарного режима, предельных циклов типа Пуанкаре, динамического хаоса, деструктивных изменений – «черная дыра» с целью анализа закономерностей функционирования рассматриваемой системы при переходных и аварийных ситуациях. Более подробное изложение результатов моделирования электронных нейро-регуляторов напряжения мехатронных систем с учетом запаздывания планируется в последующих публикациях.

Математическое описание электрических процессов на основе электрических схем, содержащих резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности и др., часто совпадает с описанием процессов в объектах иной физической природы, также известны построенные методом электроаналогий математические модели технических устройств [20]. Приведенные модели могут быть использованы и для моделирования механических частей сложных мехатронных систем.

Таким образом, для моделирования электронных регуляторов напряжения мехатронных систем с учетом запаздывания наиболее оправданным и актуальным является использование хаотических искусственных нейронных сетей со сложной функцией активации с самообучением и обобщением. Особенно это актуально при разработке систем беспроводной передачи энергии на большие расстояния, когда очень важны вопросы экологии, безопасности и эффективности. Созданную нейронную сеть необходимо не обучать, а образовывать, то есть формировать навык иерархически оперировать понятиями экологичности, безопасности и эффективности при центральном регулировании потоками энергии и информации.

Литература

1. Ю.Р. Кузин, А.В. Калинин, Д.С. Гримак. Метод коррекции следящего привода с использованием токового трансформатора в местной обратной связи Известия ЮФУ. Технические науки, 2016, №6 (179)
2. IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies // IEEE Standard. — 2005. — Vol. 421, v 5 (Rev. of IEEE 521.5-1992).
3. Егоров Л.Е. Математические модели электронных регуляторов напряжения и частоты судовых генераторных агрегатов. Вестник государственного университета речного и морского флота. 2014, №1 (23).
4. Старцева Е.В., Щекотуев А.В., Щекотуев А.В., Исаев Ю.Н. Переходные процессы в трансформаторной обмотке с учетом распределенности параметров обмотки // современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1
5. Дмитриев А.С., Кинев А.В., Клецов А.В. и др. Дистанционное управление мобильными объектами с помощью сверхширокополосных хаотических СВЧ сигналов: Препринт № 1 (639). М.: ИРЭ РАН, 2005.
6. Fang M., Zhuo Y., Lee Z. The application of the self-tuning neural network PID controller on the ship roll reduction in random waves // Ocean Engineering. – 2010. – №. 37. – P.529–538
7. Ghamari, S.M., Narm, H.G., Mollae, H.: Fractional-order fuzzy PID controller design on buck converter with Antlion Optimization Algorithm. IET Control Theory Appl. 16, 340–352 (2022).
8. Abdelfattah, H., Kotb, S., Esmail, M., & Mosaad, M. Adaptive Neuro-Fuzzy Self Tuned-PID Controller for Stabilization of Core Power in a Pressurized Water Reactor. International Journal of Robotics and Control Systems, 3(1), 1-18. (2022).
9. Mehmet Hakan Demir, Berkay Eren. Output voltage control of double chambers microbial fuel cell using intelligence-based optimized adaptive neuro fuzzy inference controller. International Journal of Hydrogen Energy, Volume 47. Issue 45. 2022, pp. 19837-19849.
10. Kapustnikov A.A., Sysoeva M.V., Sysoev I.V. Modeling Spike-Wave Discharges in the Brain with Small Neurooscillator Networks // Mathematical Biology and Bioinformatics. 2020. V. 16. P. 139–146.
11. Крылов А.К. Нелинейные и фрактальные свойства нейронной активности – следствия для моделирования // Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2009. Т. 1. С. 105–108.
12. Палагин С.В. Ноосферное мышление, или Что такое нофукома в интеллектуальной самоорганизованности ноосферянина: Метод. пособие (самоучитель) по интеллектуальной самоорганизации. М.: Радуга, 2021. 352 с.
13. Bakhshiev A.V., Gundelakh F.V. Mathematical Model of the Impulses Transformation Processes in Natural Neurons for Biologically Inspired Control Systems Development // CEUR Workshop Proceedings. 2018. V. 1452. P. 1–12. 7.
14. Большакова И. С., Шаронов Д. А. Обучение нейронной сети с запаздыванием // Программные продукты и системы. 2011. № 2. С. 35–37.
15. Bakhshiev A.V., Fomin I.S., Gundelakh F.V., Demcheva A.A., Korsakov A.M. The architecture of a software platform for growing spiking neural networks simulator developing // Journal of Physics: Conference Series. 2020. V. 1679. P. 042001.
16. Doubla, I.S., Ramakrishnan, B., Tabekoueng, Z.N. *et al.* Infinitely many coexisting hidden attractors in a new hyperbolic-type memristor-based HNN. *Eur. Phys. J. Spec. Top.* (2022).
17. Yu F, Kong X, Chen H, Yu Q, Cai S, Huang Y and Du S (2022) A 6D Fractional-Order Memristive Hopfield Neural Network and its Application in Image Encryption. *Front. Phys.* 10:847385. doi: 10.3389/fphy.2022.847385

18. J. Liu and R. Xu, "Adaptive synchronisation of memristorbased neural networks with leakage delays and applications in chaotic masking secure communication," *International Journal of Systems Science*, vol. 49, no. 6, pp. 1300–1315, 2018.
19. Хидиров Б.Н. Избранные работы по математическому моделированию регуляторики живых систем. Москва – Ижевск, 2014, 304 с.
20. Н. Г. Чикуров. Синтез математических моделей технических систем методом электроаналогий. Вестник УГАТУ, 2009, Т.12, № 2(31). С. 156–165