

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ ТВАРИННИЦЬКИХ ВІДХОДІВ

А. І. Чміль, доктор технічних наук, професор

E-mail: a.chmil@ukr.net

Ю. О. Олійник, аспірант

E-mail: oljinik1202@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. *Розвиток електротехнологій та використання їх у різних сферах життя стало важливим елементом у пошуку та розробці нових ефективних методів обробки відходів тваринництва. Збільшення виробництва тваринницької продукції, та, відповідно, збільшення кількості гною, неефективне очищення загострює не просто екологічні проблеми, а й негативно впливає на роботу самого комплексу. Для вирішення цих проблем розроблена експериментальна лабораторна установка для електроімпульсної обробки тваринницьких відходів. Установка дозволяє ефективно та швидко обробляти відходи, оскільки процеси, що виникають під час електроімпульсного пробою в рідині, негативно впливають на патогенні мікроорганізми, бактерії та гельмінти. Для найбільш зручнішого та наочного дослідження розрядних процесів, які відбуваються під час проведення експерименту, та отримання інформації про досліджувані параметри експериментальної установки було розроблено імітаційну модель, яка з достатньою точністю описуватиме реальну систему в дії. Цей вид моделювання ґрунтується на досягненнях як класичної, так і новітньої комп'ютерної математики. В середовищі MATLAB Simulink розроблена імітаційна комп'ютерна модель, на якій було визначено зовнішні та робочі характеристики установки. За результатами експерименту було побудовано графіки напруги джерела, підвищеної трансформатором, та графік імпульсу напруги в момент пробою в робочій камері, порівняння якого з реальними результатами експерименту, дозволяє стверджувати, що незначна різниця форми імпульсу пов'язана з формою робочої камери та є особливістю процесів, що відбуваються під час електроімпульсної обробки відходів. Отримані результати дозволяють стверджувати про правильність задання параметрів моделювання.*

Ключові слова: *відходи тваринництва, електроімпульсна обробка, імітаційне моделювання*

Актуальність. *Ефективне очищення відходів тваринництва, а саме свинарства відіграє важливу роль у роботі комплексу, впливаючи на зростання та якість*

виготовленої продукції. Нами розроблена експериментальна електроімпульсна установка, яка дає можливість швидше та якісніше обробляти відходи, оскільки процеси, що виникають під час електроімпульсного пробою в рідині, негативно впливають на патогенні мікроорганізми та бактерії та гельмінти. Для найбільш зручнішого та наочного дослідження розрядних процесів у робочій камері установки нами змодельовано процес електроімпульсної обробки відходів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для отримання інформації про досліджувані параметри експериментальної установки доцільно замінити її моделлю, що з достатньою точністю описуватиме реальну систему. Цей вид моделювання ґрунтується на досягненнях як класичної, так і новітньої комп'ютерної математики. Таке моделювання називають імітаційним, оскільки ним можна дослідити явища, не вдаючись до експериментів, що дає змогу порівняти змодельовані результати з реальними та зобразити їх найбільш зручними та наглядними. Графічний інтерфейс та велика бібліотека Simulink дає можливість швидко будувати імітаційні моделі, однак разом з цим програма має такі специфічні особливості, які полягають у тому, що не завжди блоки є сумісними і потрібно самостійно знаходити шляхи вирішення таких проблем. Моделі, які представлені в літературних джерелах, не завжди підходять як зразок для розв'язання вузькопрофільних задач. Об'єктом нашого моделювання є лабораторна електроімпульсна установка для обробки тваринницьких відходів [1, 2, 3].

Мета дослідження – розробка та дослідження роботи імітаційної моделі лабораторної елелектроімпульсної установки обробки відходів та порівняння отриманих даних з експериментальними.

Матеріали та методи дослідження. Моделювання роботи експериментальної установки проводилось в програмі MATLAB Simulink.

Результати досліджень та їх обговорення. При дослідженні роботи електроімпульсної лабораторної установки іскрові розряди в робочій камері варто розглядати з усіма процесами, що відбуваються в ній: процес кавітації, утворення ударної хвилі, утворення серії вибухів. Для створення іскрового розряду потрібно

розробляти схему з відповідними параметрами, такими як напруга, ємність конденсатора. Експериментально було визначено параметри лабораторної установки, які відповідають технічним умовам проведення експерименту: робоча напруга установки 10 кВ, ємність високовольтного конденсатора 0,76 мкФ. Для детальнішого дослідження роботи установки нами розроблена імітаційна модель у програмі Simulink [5].

Завдяки програмі Simulink, математичного пакету MATLAB [6], нами вирішена практична задача розробки імітаційної моделі лабораторної електроімпульсної установки, що дає змогу дослідити зміну параметрів та порівнювати їх з реальними даними, отриманими на осцилографі (рис.1). Отримана експериментальна осцилограма показує, що відбувається під час пробою в робочій камері. Завдяки комп'ютерному моделюванню можна дослідити зміну параметрів на кожному етапі работ установки. Розроблена модель наочна, дозволяє оцінити значення не лише вихідних параметрів, а і вхідних, змінювати параметри сигналів, що дозволяє використовувати нові технічні рішення, експериментуючи на моделі.

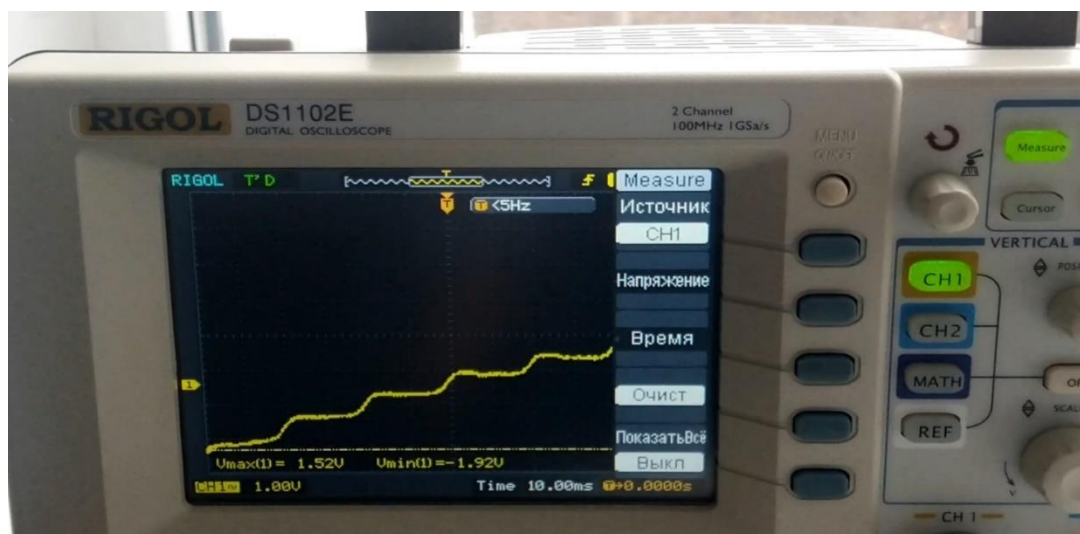


Рис. 1. Осцилограма експериментальних даних

На рис. 2. наведена імітаційна модель роботи лабораторної електроімпульсної установки.

Розроблена модель складається з блоків: джерело синусоїдної напруги U ; блоків осцилографів для спостереження залежностей у часі – Scope з бібліотеки

Sinks; блок вимірювання миттєвих значень струму; блоки вимірювання напруги джерела, підвищеної трансформатором, та напруги розряду; діодний міст з бібліотеки Power Electronics; лінійний трансформатор з бібліотеки Sim Power Systems Elements; блоки опорів $R1$ та $R2$; блоки конденсаторів $C1$, $C2$, $C3$.

Оскільки в бібліотеці Simulink не завжди є відповідні блоки для розв'язку вузькопрофільних задач, розрядні елементи лабораторної установки було показано як конденсатори $C2$ і $C3$ з малою ємністю.

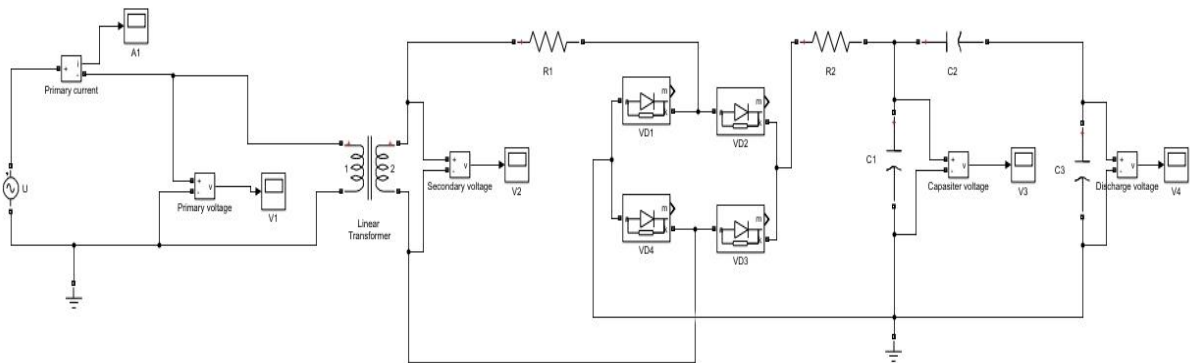
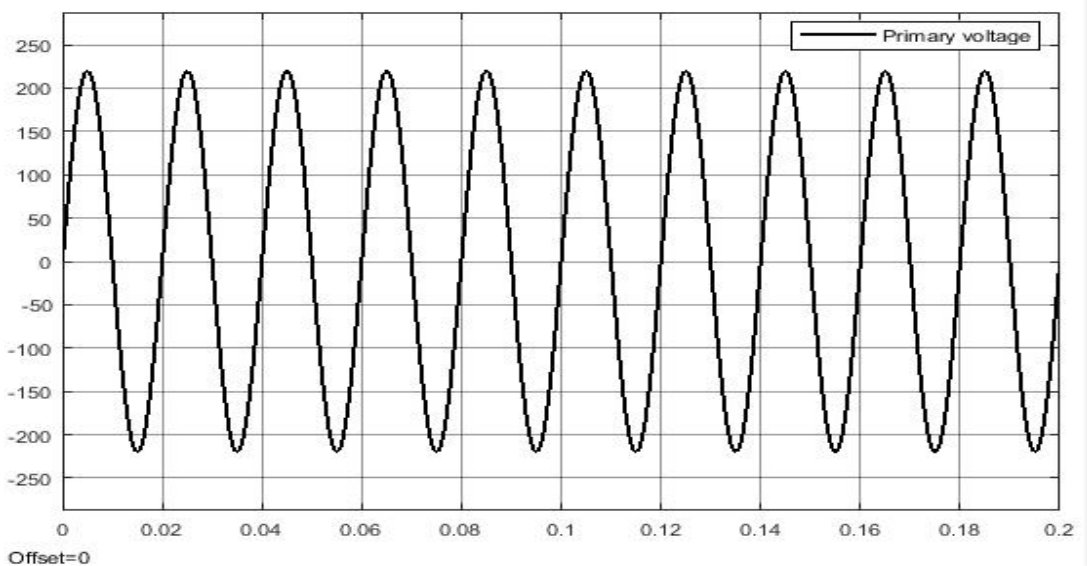


Рис.2. Імітаційна модель роботи лабораторної електроімпульсної установки



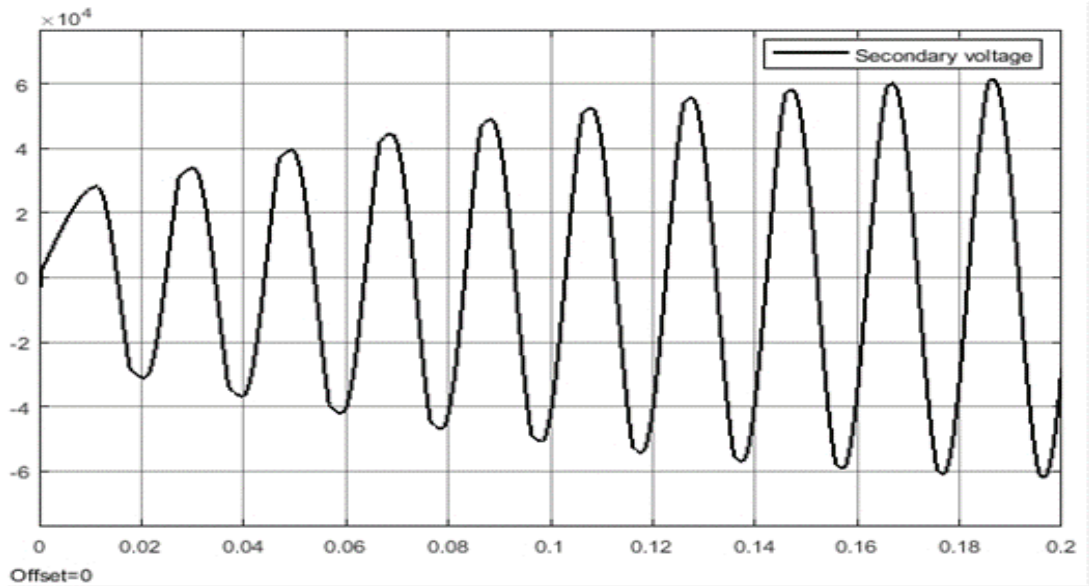


Рис.3. Осцилограми напруги джерела та підвищеної трансформатором

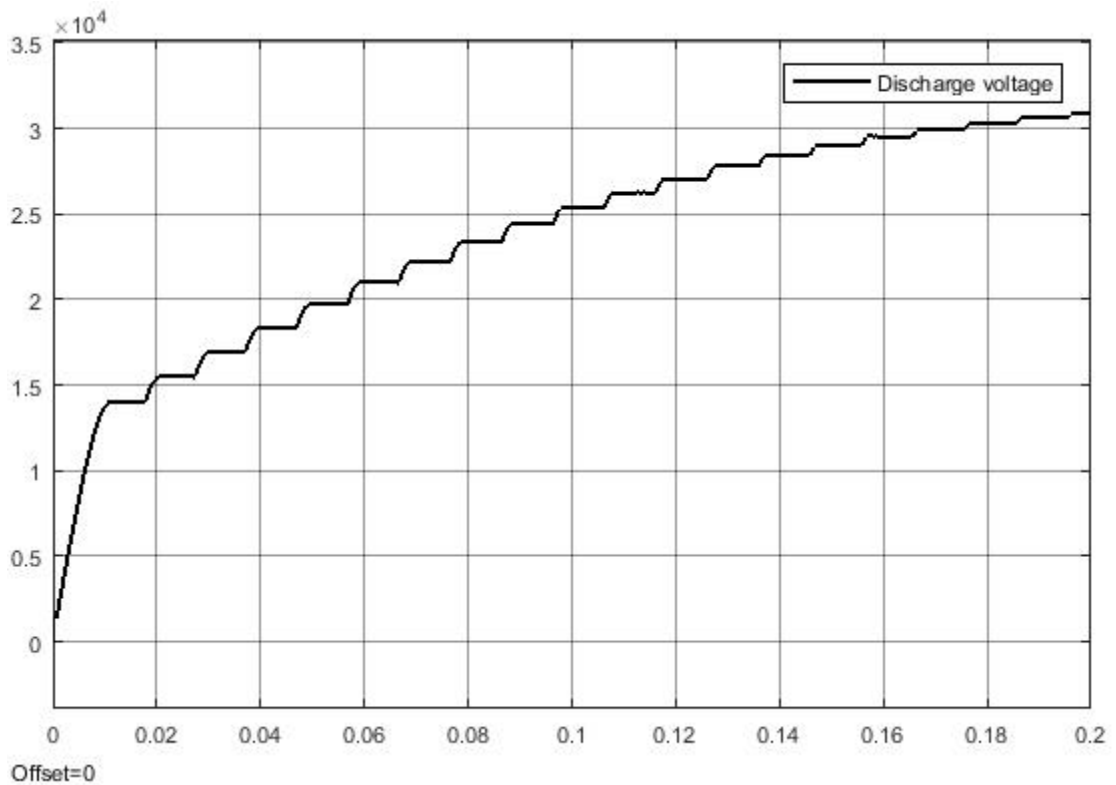


Рис. 4. Осцилограма вихідного сигналу

Досліджуючи роботу імітаційної моделі лабораторної електроімпульсної установки, за допомогою осцилографа Scope отримані такі дані, як Primaryvoltage - напруга джерела, secondary - підвищена трансформатором, та discharge – імпульс

напруги, що є осцилограмою вихідного сигналу. Результати моделювання отриманих значень наведено на рис. 3, 4.

Спочатку проводили експеримент на лабораторній установці. Для отримання вихідної напруги на основі реальних параметрів був проведений експеримент на комп'ютерній імітаційній моделі для перевірки адекватності розробленої моделі.

Порівнюючи отримані результати та експериментальні дані, видно, що форма імпульсу, яка спостерігалася при проведенні експерименту, трохи відрізняється від форми імпульсу на моделі. Можливо, це пов'язано з геометричними розмірами, формою робочої камери, розміру каналу розряду та фізичними процесами, якими супроводжуються розряди в рідині.

Висновки та перспективи. У процесі розробки та дослідження роботи лабораторної електроімпульсної установки, враховуючи трудомісткість процесу, доцільно мати інформацію про конструктивні властивості та технічні характеристики установки. Розроблена імітаційна модель дає можливість отримати необхідні дані та характеристики. З отриманих результатів випливає, що осцилограми, отримані під час експерименту та в результаті моделювання, мають незначні відмінності, що дозволяє стверджувати про правильність задання параметрів моделювання.

Список літератури

1. Mihir A. Bhatt Impulse Voltage Generation Using MATLAB/Simulink and its Integration in Undergraduate High Voltage Engineering Course. International journal of scientific research and education. 2016. 2321-7545.
2. Ahmed M. Massou, Shehab A., Ahmed Abbas Elserogi. A Modular High-Voltage Pulse-Generator with Sequential Charging for Water Treatment Applications. Article in IEEE Transactions on Industrial Electronics. December 2016. DOI: 10.1109/TIE.2016.2515055.
3. Волокитина Е. В., Никитин В. В., Опалев Ю. Г., Тебеньков Ф. Г. Имитационная математическая модель синхронной магнитоэлектрической машины в генераторном режиме в среде Matlab Simulink. Электроснабжение и электрооборудование. 2011. № 4. С. 21-25.
4. Гахович С. В., Мірошніченко О. В., Охрамович М. М., Савченко Т. В. Аналіз можливостей імітаційного моделювання складних радіотехнічних систем. Інформатика та математичні методи в моделюванні. 2013. Т. 3, №2. С. 156-162.

5. Наумова О. В. Совершенствование электроимпульсной технологии при получении биогаза из органических отходов. Дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2005. 126 с.

6. Голодний І. М., Лавріненко Ю. М., Червінський Л. С. Моделювання регульованого електропривода. К.: Аграр Медіа Груп, 2013. 227 с.

References

1. Mihir, A. (2016). BhattImpulse Voltage Generation Using MATLAB/Simulink and its Integration in Undergraduate High Voltage Engineering Course. International journal of scientific research and education: 2321-7545.

2. Ahmed M. Massou, Shehab A., Ahmed Abbas Elserogi (2016). A Modular High-Voltage Pulse-Generator with Sequential Charging for Water Treatment Applications. Article in IEEE Transactions on Industrial Electronics December DOI: 10.1109/TIE.2016.2515055.

3. Volokitina, E.V., Nikitin, V. V., Opalev, Yu. G., Tebenkov, F. G. (2011). Imitatsionnaya matematicheskaya model sinhronnoy magnitoelektricheskoy mashinyi v generatornom rezhime v srede Matlab Simulink [Simulation mathematical model of a synchronous magnetolectric machine in generator mode in Matlab Simulink]. Elektrosnabzhenie i elektrooborudovanie, 4, 21-25.

4. Gaxovych, S. V., Miroshnichenko, O. V., Oxramovych, M. M., Savchenko T. V. (2013). Analiz mozhlyvostei imitatsiinoho modeliuвання skladnykh radiotekhnichnykh system [Analysis of the capabilities of simulation of complex radio systems]. Informatyka ta matematychni metody v modeliuванні, 3 (2), 156-162.

5. Naumova, O. V. (2005). Sovershenstvovanie Elektroimpulsnoy tehnologii pri poluchenii biogaza iz organieskih othodov [Improving the Electropulse technology in the production of biogas from organic waste]. Dis. ... k.t.s. Saratov, 126.

6. Golodniy, I. M., Lavrinenko, Yu. M., Chervinskiy, L. S. (2013). Modeliuвання rehulovanoho elektropryvoda [Modeling of adjustable electric drive]. Kyiv: Agrar Media Grup, 227.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ОТХОДОВ

А. И. Чмилёв, Ю. А. Олейник

Аннотация. Развитие электротехнологий и использования их в различных сферах жизни стало важным элементом в поиске и разработке новых эффективных методов обработки отходов животноводства. Увеличение производства животноводческой продукции, и соответственно, увеличение количества навоза, неэффективная его очистка, обостряет не просто экологические проблемы, но и негативно влияет на работу самого комплекса. Для решения этих проблем нами разработана экспериментальная лабораторная установка для электроимпульсной обработки животноводческих отходов. Установка позволяет эффективно и быстро обрабатывать отходы, поскольку процессы, возникающие при электроимпульсном пробое в жидкости, негативно влияют на патогенные микроорганизмы, бактерии и гельминты. Для наиболее

удобного и наглядного исследования разрядных процессов, которые происходят во время проведения эксперимента, и получение информации об исследуемых параметрах экспериментальной установки была разработана имитационная модель, которая с достаточной точностью описывает реальную систему в действии. Данный вид моделирования основывается на достижениях как классической, так и новейшей компьютерной математики. В среде MATLAB Simulink разработана имитационная компьютерная модель, на которой были определены внешние и рабочие характеристики установки. По результатам эксперимента были построены графики напряжения источника, повышающего трансформатора и график импульса напряжения в момент пробоя в рабочей камере, сравнение которого с реальными результатами эксперимента позволяет утверждать, что незначительная разница формы импульса связана с формой рабочей камеры и является особенностью процессов, происходящие во время электроимпульсной обработки отходов. Полученные результаты позволяют утверждать о правильности задания параметров моделирования.

Ключевые слова: отходы животноводства, электроимпульсная обработка, имитационное моделирование

SIMULATION OF THE PROCESS OF ELECTRIC PULSE PROCESSING OF LIVESTOCK WASTE

A. Chmil, Y. Oliinyk

Abstract. *The development of electrical technologies and its use in various fields of life has become an important element in the search and development of new effective methods for treating livestock waste. An increase in the production of livestock products, and accordingly an increase in the amount of manure, inefficient treatment, aggravates not only environmental problems, but also negatively affects the operation of the complex itself. To solve these problems, we have developed an experimental laboratory unit for the electropulse treatment of livestock waste. The installation allows you to efficiently and quickly process waste, since the processes that occur during an electropulse breakdown in a liquid adversely affect pathogenic microorganisms, bacteria and helminths. For the most convenient and visual study of the discharge processes that occur during the experiment and obtaining information about the investigated parameters of the experimental setup, a simulation model was developed that describes the real system in action with sufficient accuracy. This type of modeling is based on the achievements of both classical and the latest computer mathematics. In MATLAB Simulink, a simulation computer model was developed on which the external and operating characteristics of the installation were determined. Based on the results of the experiment, the voltage graphs of the source, the step-up transformer and the voltage pulse graph at the time of breakdown in the working chamber were constructed, a comparison of which with the actual results of the experiment allows us to state that a slight difference in the shape of the pulse is associated with the shape of the working chamber, and is a feature of the processes that occur in electric pulse waste treatment time. The obtained results allow us to confirm the correctness of the task of modeling parameters.*

Key words: *livestock waste, electrical pulse processing, simulation*