

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2025)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/GMYR4462>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/UJUR9426>

**С. С. Молдахметов¹, *А. Е. Анарбаев², А. П. Кислов³
Б. Т. Абдрахманов⁴, А. С. Аябаев⁵**

¹Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева,
Республика Казахстан, г. Петропавловск;

^{2,3,4,5}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2432-7983>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6890-8005>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-8008>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7817-1275>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1515-1233>

*e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

ГЕНЕРАТОР ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ ИСКРОВОГО РАЗРЯДНИКА

Статья посвящена разработке мобильного устройства для генерации преднамеренных электромагнитных помех. Принцип работы основан на искровом разряднике и индуктивном элементе, что позволяет создавать регулируемые электромагнитные импульсы. Диапазон рабочих частот достигает 2,5 ГГц, а напряженность электрического поля может составлять до 5 кВ/м. Генератор оснащен высоковольтным импульсным DC-DC преобразователем и питается от портативного аккумулятора.

Экспериментально установлено, что генерируемые помехи способны оказывать значительное воздействие на функционирование линий передачи данных, выполненных с применением неэкранированной витой пары категории 5е. Проведенный анализ осциллограмм показал, что наведенная помеха имеет форму затухающего синусоидального сигнала, параметры которого могут изменяться за счет регулировки ширины искрового промежутка и конфигурации индуктора. Регулировка искрового промежутка позволяет изменять частоту и амплитуду излучения. Классификация спектра излучаемых помех позволила отнести устройство к среднечастотному типу генераторов.

Представленный генератор, отличающийся малыми габаритами и автономностью, предназначен для проведения мобильных испытаний радиоэлектронной аппаратуры на электромагнитную устойчивость. Такие мобильные решения критически важны для повышения безопасности сетевых систем в реальных условиях эксплуатации, обеспечивая точные данные.

Ключевые слова: электромагнитные помехи, искровой разрядник, витая пара категории 5e, индуктор, преднамеренные помехи.

Введение

Электромагнитные угрозы представляют собой значительную опасность в современном мире, где технологии развиваются с неимоверной скоростью. Эти угрозы могут исходить от различных источников, включая стационарные генераторы электромагнитных помех (ЭМП), которые способны нарушать работу электронных систем и коммуникаций. В условиях нарастающей зависимости от технологий, защита от таких угроз становится критически важной [1]. В связи с этим наблюдается рост исследований, направленных на разработку методов защиты от преднамеренного воздействия на процесс передачи данных и сами электронные устройства [2].

Одной из проблем таких исследований является необходимость экспериментального исследования на устойчивость таких систем. Для этого требуются генераторы высокой частоты, антенные облучатели и другое оборудование, которое часто является стационарным. Для исследования сетевого оборудования в реальных условиях необходим мобильный генератор преднамеренных помех [3]. Мобильные решения могут предоставить гибкость и эффективность для поиска объектов потенциальных атак и разработке методов защиты таких объектов. Такие устройства позволят организациям проводить учения и оценивать готовность своих систем к потенциальным атакам. В данной статье предложен способ реализации генератора электромагнитных помех на основе искрового промежутка.

Активные исследования в области электромагнитных угроз (ЭМП) направлены на понимание рисков для ключевой национальной инфраструктуры и киберфизических систем [4; 5]. Эти исследования включают анализ требований к генераторам и антеннам, а также изучение примеров атак и контрмер. Отдельные работы углубляются в специфические системы: изучается влияние ЭМП на беспилотники (их структуру, связь и кабельные цепи) [6], моделируются системы электропитания с учетом возмущений [7], разрабатываются импульсные генераторы помех (в диапазоне 20 МГц – 600 МГц) [8], и определяются пути проникновения помех через вторичные источники питания вычислительных систем с предложением методов оценки

их вклада [9]. Однако, несмотря на значительный объем работ, большинство разработанных решений ориентировано на стационарные генераторы, что ограничивает их применимость в динамичных условиях. Недостаток данных о мобильных генераторах ЭМП и их использовании в реальных сценариях создает препятствия для практического внедрения. В связи с этим, актуальной задачей становится разработка и экспериментальная проверка мобильных генераторов электромагнитных помех, предназначенных для моделирования атак в условиях реальной эксплуатации оборудования.

Материалы и методы

На рисунке 1 изображена блок-схема генератора преднамеренных ЭМП.



Рисунок 1 – Блок-схема генератора преднамеренных ЭМП

Принцип работы генератора основан на формировании импульсных всплесков напряжения за счет коммутации тока. Коммутация осуществляется на специальном разряднике путем создания высокого напряжения на искровом промежутке. Для создания высокого напряжения использован конвертор напряжения. Входное напряжение такого повышающего силового модуля составляет от 3 до 6 В, а выходное достигает до 400 кВ. Для обеспечения мобильности в качестве источника питания можно использовать аккумуляторную батарею с максимальным долговременным током разрядки от 5 до 10А.

На рисунке 2 изображена принципиальная схема генератора преднамеренных электромагнитных помех.

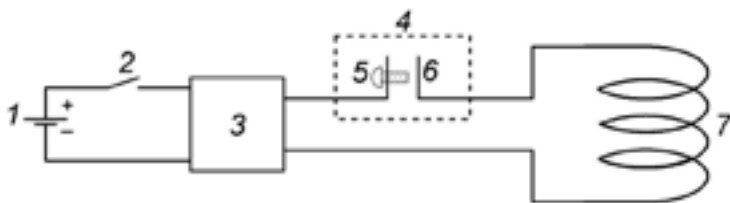


Рисунок 2 – Принципиальная схема генератора ЭМП

Устройство содержит источник питания 1, к выводам которого через пусковой кнопочный выключатель 2 подключены входные выводы высоковольтного импульсного повышающего DC-DC преобразователя 3

напряжения до 400кВ. К выходным выводам с высоковольтной стороны DC-DC преобразователя последовательно подключены разрядник 4 и индуктор 7. Разрядник представляет собой два электрода в виде токопроводящих металлических пластин. Одна из пластин имеет внутреннюю резьбу для токопроводящего болта 5. Вторая пластина представляет собой сплошной токопроводящий электрод 6. Пластины расположены друг напротив друга. При этом болт 5 ввинчивается в пластину так, чтобы между ним и пластиной напротив оставался искровой промежуток. Таким образом имеется возможность за счет вращения винта 5 регулировать ширину искрового промежутка. Как было указано выше разрядник соединен с индуктором. Индуктор представляет собой несколько витков провода.

При возникновении на разряднике достаточно высокого напряжения пробивается воздушный промежуток между токопроводящим болтом и электродом, расположенным напротив. В искровом промежутке возникает электрическая дуга и через индуктор начинает протекать электрический ток. Вследствие этого падает напряжение на выводах DC-DC преобразователя, и электрическая дуга гаснет, ток через индуктор угасает. Далее напряжение на выводах преобразователя восстанавливается и вновь процесс повторяется. При этом за счет изменения расстояния искрового промежутка от 0,1 до 25 мм регулируется частота тока. От ширины искрового промежутка также зависит и амплитуда импульсов. Согласно Закона Пашена амплитуда (V_p) этих импульсов зависит от произведения давления воздуха (p) на расстояние между электродами (a):

$$V_p = \frac{2737 \cdot p \cdot d}{\ln(112 \cdot p \cdot d) - \ln(\ln(1 + 1/\gamma))}$$

где γ – коэффициент вторичной эмиссии электронов с катода.

Настройка генератора требует учета зависимости напряжения пробоя от давления воздуха при фиксированном расстоянии между электродами. Повышение давления приводит к увеличению этого напряжения, что дает возможность управлять параметрами электрических колебаний в искровом промежутке и, соответственно, в индукторе. Индуктор, преобразуя ток в магнитное поле, позволяет создавать направленные электромагнитные помехи. Эти помехи используются для оценки устойчивости радиоэлектронной аппаратуры к внешним электромагнитным воздействиям. Сила создаваемого магнитного поля напрямую связана с количеством витков индуктора – чем их больше, тем мощнее поле. Тем не менее, следует избегать избыточного количества витков, так как это может привести к увеличению индуктивности

и снижению эффективности передачи энергии. Диаметр витков индуктора может быть как фиксированным, так и адаптированным под размеры исследуемого узла аппаратуры.

Результаты и обсуждение

Печатная плата генератора преднамеренных электромагнитных помех показана на рисунке 3.

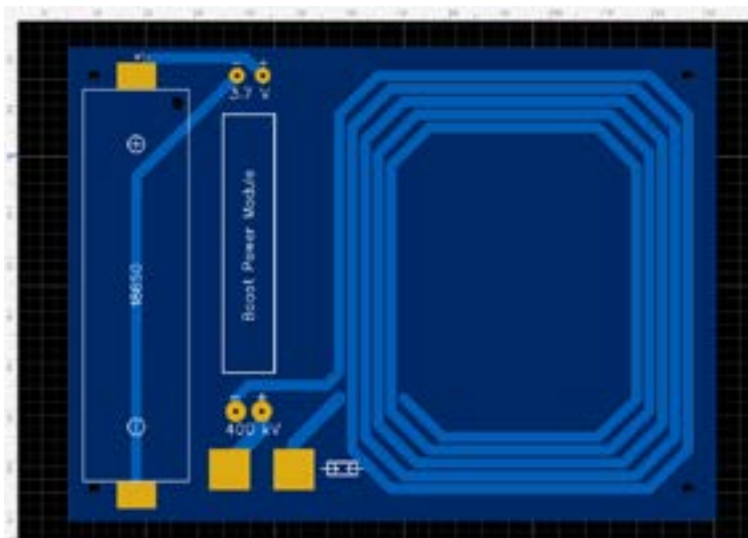


Рисунок 3 – Печатная плата генератора ЭМП

Печатная плата разработана в среде проектирования EasyEDA. Устройство достаточно компактное. Печатная плата имеет размеры 94×127 мм. Индуктор составляет 5 витков диаметром в среднем 60 мм и расположен непосредственно на плате.

На Рисунке 4 изображена фотография готового устройства генератора преднамеренных электромагнитных помех.



Рисунок 4 – Внешний вид генератора преднамеренных электромагнитных помех

В качестве источника питания использована аккумуляторная батарея Samsung ICR18650-26F с номинальной емкостью 2600 мАч и током непрерывного разряда до 5.2А.

Был проведен ряд экспериментальных исследований опытного образца генератора преднамеренных электромагнитных помех. Опытный образец генератора создавал электромагнитные импульсы с частотой до 2,5 ГГц и напряженностью электрического поля до 5 кВ/м.

Произведено исследование характеристики воздействия генерируемых электромагнитных помех на линию передачи данных в виде неэкранированной медной витой пары PVC 4x2x0.52 категории 5е. Схема экспериментальной установки показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема экспериментальной установки

Для анализа сигнала использован осциллограф с широкой полосой пропускания. Сигнал высокоскоростного стандарта 1000BASE-T передается от компьютера 1 к компьютеру 2, соединение производится по технологии Gigabit Ethernet при помощи неэкранированной медной витой пары PVC 4x2x0.52 категории 5е длиной 12 м и модульным разъемом 8P8C. В качестве компьютеров использовались ноутбуки и питание осуществлялось от аккумуляторных батарей, чтобы избежать паразитных наводок при питании от сети переменного тока.

Для упрощения исследования в рамках эксперимента в качестве данных непрерывно передавались ICMP Echo Reply пакеты при помощи утилиты ping, а на обратной стороне производилась фиксация доставленных эхо-запросов. В результате производился подсчет процента потерянных пакетов.

Передаваемые сигналы также фиксировались на осциллографе (Рисунок 6).

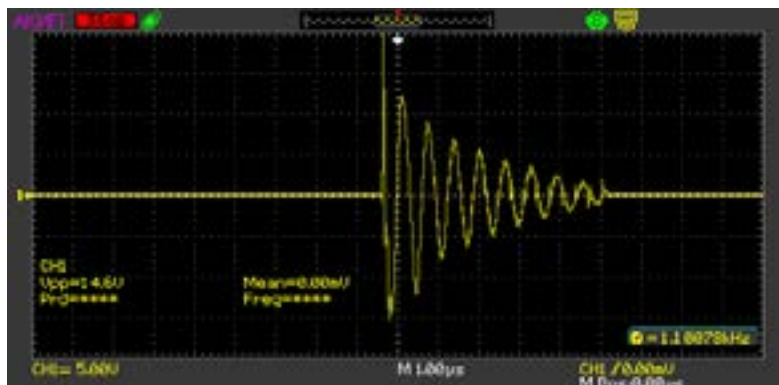


Рисунок 6 – Осциллограмма наведенной помехи в кабеле

Поскольку сигнал в Ethernet передается по паре проводов и является дифференциальным, то щупы осциллографа подключаются непосредственно к паре проводов у разъема. При этом для подключения сигнала на второй канал осциллографа использовались специальные дифференциальные щупы. Передаваемый сигнал регистрируется на осциллографе и сохраняется и далее переносится на компьютер для более детального анализа.

Как видно из осциллограммы преднамеренная помеха в виде электромагнитного импульса, наведенного на витую пару, представляет собой затухающий синусоидальный сигнал. Прежде всего колебательный процесс связан с LC-контуром, который состоит из индуктивности редуктора и емкости разрядника. Изменяя данные параметры, можно корректировать частоту помехи в допустимых значениях.

Амплитуда такой помехи в кабеле может достигать до 25 В, что является достаточным не только для нарушения процесса передачи информации, но и для вывода из строя сетевого оборудования.

В частотном диапазоне спектр помехи находится в пределах от 0,5 МГц до 2,5 ГГц. Это также обусловлено наличием паразитных емкостей и индуктивностей, а также случайностью процесса разряда в искровом промежутке. Таким образом, можно классифицировать генерируемое электромагнитное воздействие. В [10] предложено классифицировать помехи на три категории в зависимости от охвата частот: с узкой полосой, средней полосой и сверхширокой полосой. Для определения полосы частот используем метод, описанный в [11]:

$$\text{относительная ширина полосы} = \frac{2(f_h - f_n)}{(f_h + f_n)},$$

где f_h, f_n – верхняя и нижняя частоты,
либо

$$\text{процентная ширина полосы} = 200 \frac{(br-1)}{(br+1)},$$

где $br = \frac{f_h}{f_n}$ – это отношение полосы частот.

На основании расчета можно классифицировать электромагнитную помеху согласно таблице 1.

Таблица-1 – Классификация ЭМП

Тип полосы	процентная ширина полосы (pbw)	отношение полосы частот (br)
гипополоса или узкополосная	$\leq 1\%$	$\leq 1,01$
мезополоса	$1\% < p_{bw} \leq 100\%$	$1,01 < br \leq 3$
суб-гиперполоса	$100\% < p_{bw} \leq 163,4\%$	$3 < br \leq 10$
гиперполоса	$163,4\% < p_{bw} \leq 200\%$	$br > 10$

Таким образом, генерируемые электромагнитные помехи относятся к мезополосному диапазону, что позволяет отнести генератор ЭМП к узкополосным устройствам. Экспериментальное исследование включало также наблюдение за состоянием токопроводящих пластин разрядника. Экспериментальные данные свидетельствуют о незначительном влиянии разряда малой мощности на состояние пластин разрядника. Несмотря на это, для обеспечения оптимальных характеристик и надежности в практических приложениях, рекомендуется применение специализированных сплавов для электродов.

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR28712227).

Выводы

В ходе экспериментальных исследований подтверждена функциональность разработанного устройства. Результаты показали стабильную генерацию импульсов и возможность прецизионной регулировки параметров электромагнитного излучения.

Для проведения испытаний применялся индуктор с пятью витками, имеющий диаметр в диапазоне 60–70 мм. Питание осуществлялось от аккумуляторной батареи типоразмера 18650, характеризующейся номинальным напряжением 3,75 В и максимальным током разрядки 5200 мА. В результате удалось добиться стабильной генерации электромагнитных импульсов с частотой до 2,5 ГГц и напряженностью электрического поля до 5 кВ/м.

Было установлено, что регулировка искрового промежутка (от 0,1 до 8 мм), вариации опорного напряжения и изменения в индукторе (количество и диаметр витков) позволяют изменять частоту и амплитуду электромагнитного излучения. Экспериментально доказана стабильность работы генератора по созданию электромагнитных импульсов в широком диапазоне их характеристик.

К основным достоинствам генератора относятся его компактные габариты, простота схемотехнической реализации и отсутствие потребности в источниках высокой частоты, антеннах-облучателях и рупорных излучателях.

Селективность воздействия, способствующая повышению достоверности испытаний отдельных радиоэлектронных узлов, обеспечивается путем варьирования геометрических параметров индуктора.

Предлагаемое устройство предназначено для генерации и инъекции электромагнитных импульсов с возможностью регулировки частоты в радиоэлектронную аппаратуру и её отдельные блоки. Это обеспечивает возможность оценки помехоустойчивости аппаратуры к воздействию преднамеренных электромагнитных помех.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Anarbayev, A., Moldakhmetov, S., Talipov, O., and Kazanbayeva, A.,** // «Research on the exposure of radio-electronic equipment to ultrashort electromagnetic pulses and microwave radiation» // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, – 2023. – 18(11). – P. 1300–1308. – <http://doi.org/10.59018/0623168>

2 **P. Rajchowski, K. K. Cwalina, J. Magiera, A. Olejniczak, P. T. Kosz, A. Czapiewska, R. Burczyk, K. Kowalewski, J. Sadowski, S. J. Ambroziak,** «AEGIS – Mobile Device for Generating Electromagnetic Curtain for Special Applications and Countering the Threats of RCIED», // International Journal of Electronics and Telecommunications. – 2020. – Vol. 66. – No 1. – P. 187–192. – <http://dx.doi.org/10.24425/ijet.2020.131862>

3 **W. A. Radasky, C. E. Baum and M. W. Wik,** «Introduction to the special issue on high-power electromagnetics (HPEM) and intentional electromagnetic interference (IEMI),» in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 46. – No. 3. – P. 314–321. – Aug. 2004. <http://doi.org/10.1109/TEMC.2004.831899>

4 **See K.Y.,** «Practical Papers, Articles and Application Notes», // IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine, 13. – P. 44–44. <http://doi.org/10.1109/MEMC.2024.10834436>.

5 **J. Dawson,** «Intentional Electromagnetic Interference Effects in Cyber-Physical Systems» // Proceedings of EMCUK 2015, October 6–7 2015. – <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.5166.6643>

6 **S. Ibeobi, and X. Pan,** Study of electromagnetic pulse (EMP) effect on surveillance unmanned aerial vehicles (UAVs)» // Journal of Mechanical Engineering, Automation and Control Systems. – 2(1). – P. 44–53. – <http://doi.org/10.21595/jmeacs.2021.21926>

7 **K. Jakubiuk, D. Kowalak, and M. Nowak,** «The forming and emission of high power electromagnetic pulses» ITM Web of Conferences. –19, – 01001. – <http://doi.org/10.1051/itmconf/20181901001>

8 **R. Verma et al.,** Impulse electromagnetic interference generator, Conference Record of the Twenty-Sixth International Power Modulator Symposium, – 2004

High-Voltage Workshop., San Francisco. – 2004. – P. 543–546. – <http://doi.org/10.1109/MODSYM.2004.1433634>

9 **M. Shkinderov and Z. Gizatullin**, «Technique for Noise Immunity Analysis of Access Control Systems Using Electromagnetic Topology Method.» 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2020. – P. 144–148. – <http://doi.org/10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208154>

10 **L. Babich and T. V. Loiko**, Generalized Paschens Law for Overvoltage Conditions in IEEE Transactions on Plasma Science. – Vol. 44. – No. 12. – P. 3243–3248. – <http://doi.org/10.1109/TPS.2016.2629022>

11 **D. V. Giri and F. M. Tesche**, «Classification of intentional electromagnetic environments (IEME)» // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 46. – No. 3. – P. 322–328. – Aug. – 2004. – <http://doi.org/10.1109/TEM.2004.831819>.

Поступило в редакцию 03.10.25.

Поступило с исправлениями 10.11.25.

Принято в печать 05.12.25.

*С. С. Молдахметов¹, *А. Е. Анарбаев², А. П. Кислов³,*

Б. Т. Абдрахманов⁴, А. С. Аябаев⁵

¹М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,

Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.;

^{2,3,4,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

03.10.25 ж. баспаға түсті.

10.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

05.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

ҰШҚЫН РАЗРЯДТАҒЫШЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ҚАСАҚАНА ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК КЕДЕРГІЛЕРДІҢ ГЕНЕРАТОРЫ

Мақала әдейі электромагниттік кедергілерді тудыратын мобильді құрылғыны әзірлеуге арналған. Жұмыс принципі реттелетін электромагниттік импульстарды жасауға мүмкіндік беретін ұшқын разрядтағышқа және индуктивті элементке негізделген. Жұмыс жиілігінің диапазоны 2,5 ГГц-ке жетеді, ал электр өрісінің кернеулігі 5 кВ/м дейін болуы мүмкін. Генератор жоғары вольтты импульсті DC-DC түрлендіргішімен жабдықталған және портативті батареямен жұмыс істейді.

Эксперименталды түрде пайда болған кедергілер 5е санатындағы экрандалмаған бұралған жұпты қолдана отырып жасалған деректер желілерінің жұмысына айтарлықтай әсер етуі мүмкін екендігі анықталды. жүргізілген осциллограмма талдауы көрсеткендей, индукцияланған кедергі сөнетін синусоидалы сигнал түрінде болады, оның параметрлері ұшқын аралығының Шири және индуктордың конфигурациясын реттеу арқылы өзгеруі мүмкін. Ұшқын аралығын реттеу сәулелену жиілігі мен амплитудасын өзгертуге мүмкіндік береді. Шығарылатын кедергілер спектрінің жіктелуі құрылғыны генераторлардың орта жолақты түріне жатқызуға мүмкіндік береді.

Шағын габариттері мен дербестігімен ерекшеленетін ұсынылған генератор электромагниттік тұрақтылыққа радиоэлектрондық аппаратураның мобильді сынақтарын жүргізуге арналған. Мұндай мобильді шешімдер нақты деректерді қамтамасыз ете отырып, нақты жұмыс жағдайында желілік жүйелердің қауіпсіздігін жақсарту үшін өте маңызды.

Кілтті сөздер: электромагниттік кедергі, ұшқын сөндіргіш, 5е санатындағы бұралған жұп, индуктор, әдейі кедергі.

S. S. Moldakhmetov¹, *A. Ye. Anarbayev², A. P. Kislov³,

B. T. Abdrakhmanov⁴, A. S. Ayabayev⁵

¹M. Kozybayev North Kazakhstan University,

Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk;

^{2,3,4,5}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 03.10.25.

Received in revised form 10.11.25.

Accepted for publication 05.12.25.

INTENTIONAL ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE GENERATOR BASED ON SPARK ARRESTOR

The article is devoted to the development of a mobile device for generating intentional electromagnetic interference. The principle of operation is based on a spark arrester and an inductive element, which allows you to create adjustable electromagnetic pulses. The operating frequency range reaches 2.5 GHz, and the electric field strength can be up to 5 kV/m. The generator is equipped with a high-voltage DC-DC pulse converter and is powered by a portable battery.

It has been experimentally established that the generated interference can have a significant impact on the functioning of data transmission lines made using unshielded twisted pair of category 5e. The analysis of the waveforms showed that the induced interference has the form of a decaying sinusoidal signal, the parameters of which can be changed by adjusting the width of the spark gap and the configuration of the inductor. Adjusting the spark gap allows you to change the frequency and amplitude of the radiation. The classification of the spectrum of emitted interference made it possible to classify the device as a medium-band type of generators.

The presented generator, characterized by small dimensions and autonomy, is designed for conducting mobile tests of radio-electronic equipment for electromagnetic stability. Such mobile solutions are critically important for improving the security of network systems in real-world operation by providing accurate data.

Keywords: electromagnetic interference, spark arrester, category 5e twisted pair, inductor, intentional interference.

Теруге 17.12.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4494

Сдано в набор 17.12.2025 г. Подписано в печать 30.12.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4494

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz