

DOI <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.6.9>

УДК 621.391.82; 004.3; 681.139.3

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В ЗДАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ПО СЕТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Р. М. Сафина¹, М. С. Шкиндеров², Р. Р. Мубаракوف²

¹ Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма,
420010, г. Казань, Деревня Универсиады, д. 35

² Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д.10

Статья поступила в редакцию 8 июня 2021 г.

Аннотация. Системы контроля и управления доступом – это набор программного и аппаратного обеспечения для ограничения и регистрации входа на заданную территорию через специальные проходы. Кроме этого, при применении в современных спортивных сооружениях, данные системы должны иметь высокую пропускную способность для безопасного передвижения и своевременной эвакуации большого количества посетителей. Поэтому надежное функционирование систем контроля и управления доступом является важнейшей технической задачей. Электромагнитные помехи могут привести к нарушению функций системы контроля. Одним из причин сбоев в работе системы могут стать электромагнитные помехи в сети электропитания. В статье проводится анализ источников электромагнитных помех в сети электропитания. Проведены экспериментальные исследования функционирования системы контроля в условиях воздействия наносекундных помех по сети электропитания. Предложена имитационная модель и приводятся результаты моделирования электромагнитных помех. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Ключевые слова: помехоустойчивость, система контроля и управления доступом, здание, спортивное сооружение, электромагнитная помеха, сеть электропитания, эксперимент, моделирование.

Abstract. Access monitoring and control system are a set of software and hardware for restricting and registering the entrance to a given territory through special passages. In addition, when used in modern sports facilities, these systems must have a high capacity. This is necessary for the safe movement and timely evacuation of a large number of visitors. Therefore, the reliable operation of access monitoring and control systems is the most important technical challenge. Electromagnetic interference can disrupt the functions of the control system. One of the reasons for system malfunctions can be electromagnetic interference on the power supply network. The article analyzes the sources of electromagnetic interference in the power supply network. Experimental studies of the functioning of the control system under the influence of nanosecond noise on the power supply network have been carried out. A simulation model is proposed and the results of modeling electromagnetic interference in the control system when exposed to electromagnetic pulses through the power supply network are presented. The simulation results are in good agreement with the experimental data.

Key words: noise immunity, access monitoring and control system, building, sports facility, electromagnetic interference, power supply network, experiment, modeling.

Введение

Системы контроля и управления доступом в здания (СКУД) – это набор программно-аппаратных средств технической безопасности, предназначенных для ограничения и регистрации входа и выхода посетителей в здания, через специальные проходы [1, 2]. При применении в спортивных сооружениях также особенно важно, чтобы СКУД имела высокую пропускную способность для безопасного передвижения и своевременной эвакуации большого количества посетителей. Поэтому, помимо расширения функциональности СКУД появились и структурные различия. Наряду с контролируемыми блокирующими устройствами с фиксированным числом посетителей, когда их идентификация не вызывает проблем (учебные заведения и т.д.), можно использовать управляемые неблокирующие устройства с системой

дистанционного распознавания посетителей [3–6]. Использование таких систем целесообразно в местах, где необходимо пропустить максимальное количество людей за короткое время, при этом необходимо персонализировать каждый проход через СКУД (рис. 1).

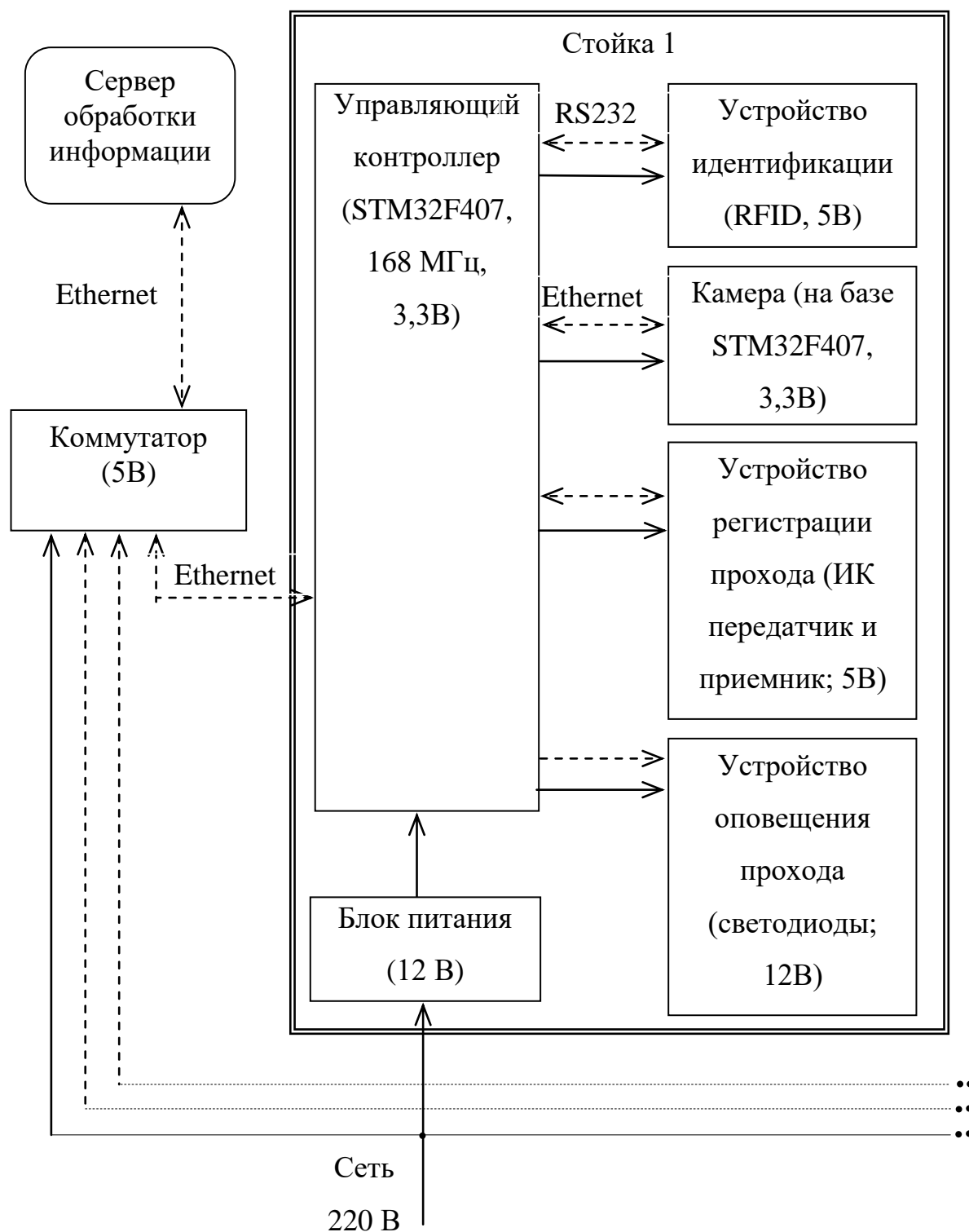


Рис. 1. Структурная схема не преграждающей СКУД.

Обеспечение безопасности за счет использования СКУД связано с ее надежной работой в реальных условиях эксплуатации, где среди важных внешних факторов (температура, влажность, механические воздействия и т.д.) присутствуют различные источники электромагнитных помех [7-13], которые могут привести к нарушению помехоустойчивости. В работах авторов [14-18] представлены результаты экспериментальных исследований и моделирования электромагнитных помех, которые подтверждают актуальность данных задач.

Одним из причин возникновения сбоев в СКУД могут стать кондуктивные импульсные помехи в сети электропитания [19-23]. В литературе [8, 9, 19, 24-27] часто встречается классическое разделение электромагнитных помех на непреднамеренные и преднамеренные. Но в последние годы появились технических средства, которые могут генерировать практически любые формы электромагнитных импульсов (ЭМИ), поэтому их целесообразно классифицировать по временному диапазону воздействия, например наносекундные, микросекундные и миллисекундные.

Цель работы – анализ источников и исследование помех в СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ по сети электропитания.

1. Анализ источников помех в сети электропитания СКУД

Анализ источников помех в сети электропитания СКУД сделан на основе публикаций [8, 9, 14, 19, 24, 25]. В данных материалах определяются параметры существующих на сегодняшний день непреднамеренных и преднамеренных источников кондуктивных ЭМИ в сети электропитания (табл. 1).

Таблица 1. Параметры источников кондуктивных ЭМИ в сети электропитания

№	Тип помех	Параметры помех	Уровень воздействия			
			I	II	III	IV
1	Непреднамеренные наносекундные ЭМИ	Амплитуда импульсов, кВ	0,5	1	2	4
		Длительность фронта, нс	5	5	5	5
		Длительность импульса (50%), нс	50	50	50	50

2	Непреднамеренные микросекундные ЭМИ	Амплитуда импульсов, кВ	0,5	1	2	4
		Длительность фронта, мкс	1	1	1	1
		Длительность импульса (50%), мкс	50	50	50	50
3	Преднамеренный, с перенапряжением	Кратность перенапряжений	1,5	1,7	1,5	1,7
		Мощность источника, кВА	10	30	50	100
		Длительность воздействия, с	30	60	30	60
4	Однократные миллисекундные ЭМИ	Длительность импульса, мс	5	5	10	20
		Амплитуда тока, кА	2	5	5	10
		Энергия накопителя, кДж	7	20	40	150
5	Однократные миллисекундные ЭМИ	Длительность импульса, мс	0,1	0,3	1	2
		Амплитуда тока, кА	5	10	5	10
		Энергия накопителя, кДж	1	5	10	45
6	Комбинированные ЭМИ	Длительность импульса, мс	5	5	10	20
		Длительность вспомогательного импульса, мкс	50	50	50	100
		Амплитуда тока, кА	2	5	5	10
		Амплитуда тока для вспомогательного импульса, кА	5	5	5	5
7	Однократные наносекундные ЭМИ	Длительность импульса (50 Ом), нс	500	500	500	500
		Длительность фронта, нс	50	50	50	50
		Напряжение (50 Ом), кВ	250	250	250	250
		Энергия накопителя, Дж	20	500	500	500
8	Наносекундные периодические ЭМИ	Длительность (10 кОм), нс	50	50	50	50
		Длительность фронта (10 кОм), нс	5	5	5	5
		Напряжение (10 кОм), кВ	50	60	70	80
		Частота следования, кГц	1	1	1	1
9	Микросекундные периодические ЭМИ	Напряжение (50 Ом), кВ	5	5	5	5
		Частота осцилляций, МГц	0,2- 1	0,2- 1	0,2- 1	0,2- 1

		Частота следования, кГц	0,7	0,8	0,9	1,0
10	Периодические ЭМИ короткого замыкания	Длительность импульса, мкс	500	500	500	500
		Амплитуда тока, кА	0,5	1	1	1
		Дополнительные параметры: частота импульсов тока 0,1...1 кГц, длительность пачки импульсов 1 с.				

Выбор уровня воздействия на устройства, при непреднамеренных помехах, устанавливается в зависимости от условий эксплуатации, а по преднамеренным, в зависимости от потребляемой мощности.

2. Экспериментальные исследования

Для проведения экспериментальных исследований функционирования СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ был разработан стенд [14], который включает в себя: опытный образец СКУД с не преграждающими турникетами (рис. 1); генератор наносекундных помех ИГН 4.1 (рис. 2а); осциллограф Tektronix TDS 2022B (рис. 2б). Измерение помех в СКУД осуществляется на выходе источника вторичного электропитания.

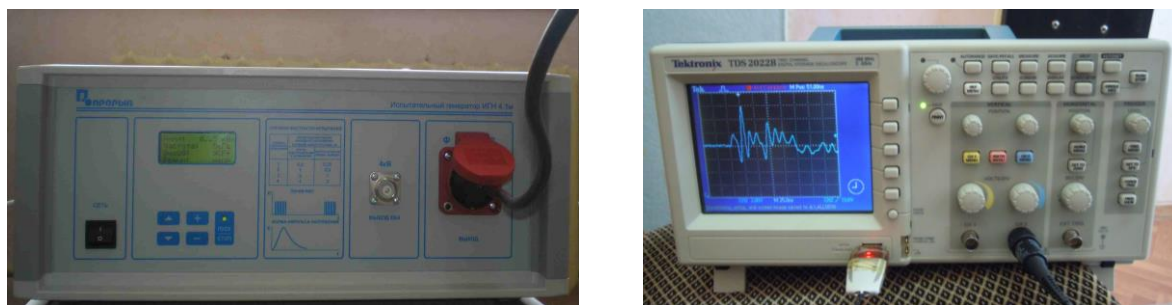


Рис. 2. Фотография генератора помех (а) и осциллографа (б).

Для СКУД, эксплуатируемых в электромагнитной обстановке помещений гражданских объектов, предъявляются требования по первому и второму уровню жёсткости воздействия (0,5 кВ, 1 кВ) при нормальной помехоустойчивости и по третьему уровню (2 кВ) при повышенной помехоустойчивости [14, 25]. Способ подключения генератора наносекундных ЭМИ – линии первичной сети электропитания «фаза-нейтраль» СКУД.

Примеры осциллограмм измерения наведенных помех на выходе

источника вторичного электропитания СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ представлены на рис. 3.

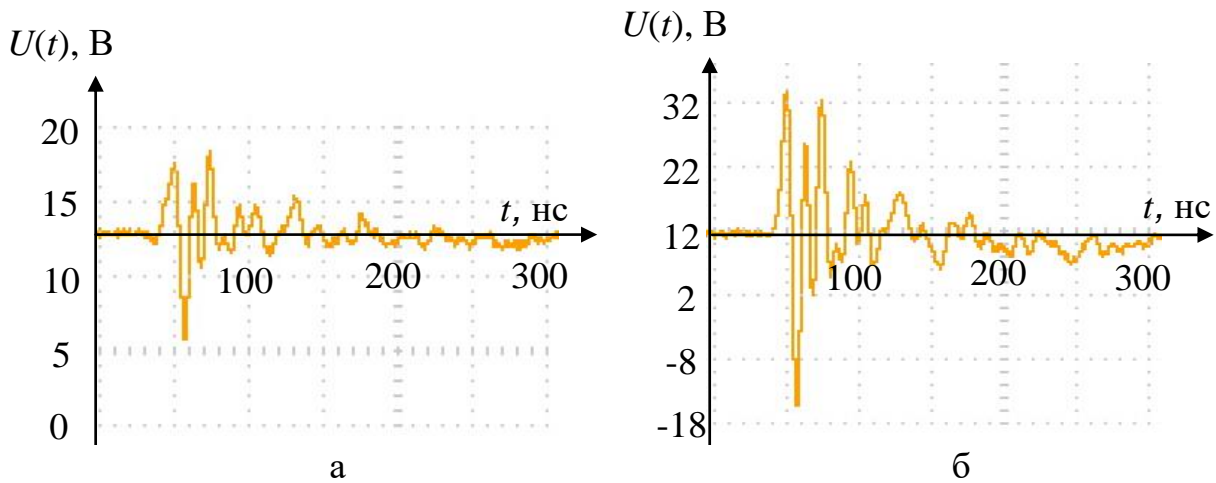


Рис. 3. Осциллограммы помех на выходе источника вторичного электропитания СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ (а – 0,5 кВ; б – 2 кВ).

3. Моделирование помех в сети электропитания СКУД

В качестве инструмента для моделирования помех в СКУД при электромагнитных воздействиях по сети электропитания используется программный комплекс ПА-9. Для анализа электромагнитных помех при воздействии наносекундных ЭМИ по сети электропитания, на основе эквивалентной схемы источника вторичного электропитания СКУД, разработана имитационная модель (рис. 4).

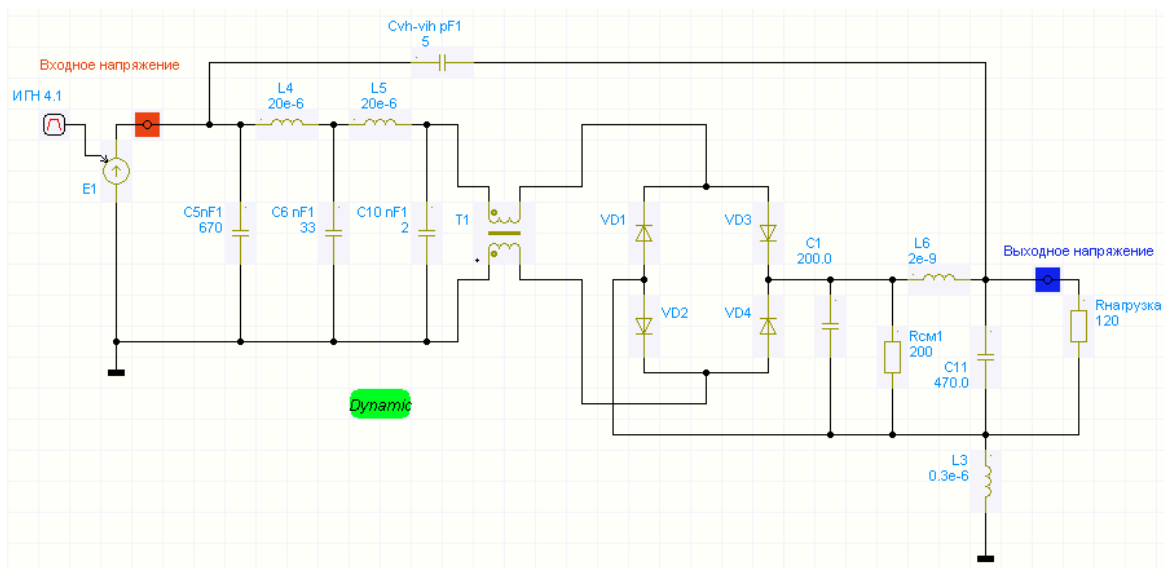


Рис. 4. Имитационная модель для анализа помех в СКУД.

При рассмотрении воздействия наносекундных ЭМИ доминирующим механизмом проникновения помех к элементам СКУД становится путь через паразитные емкости входных/выходных выводов источника вторичного электропитания (в данном случае емкость $C_{vh-vih}=5$ пФ) [21]. Примеры осциллограмм моделирования электромагнитных помех на выходе источника вторичного электропитания СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ представлены на рис. 5.

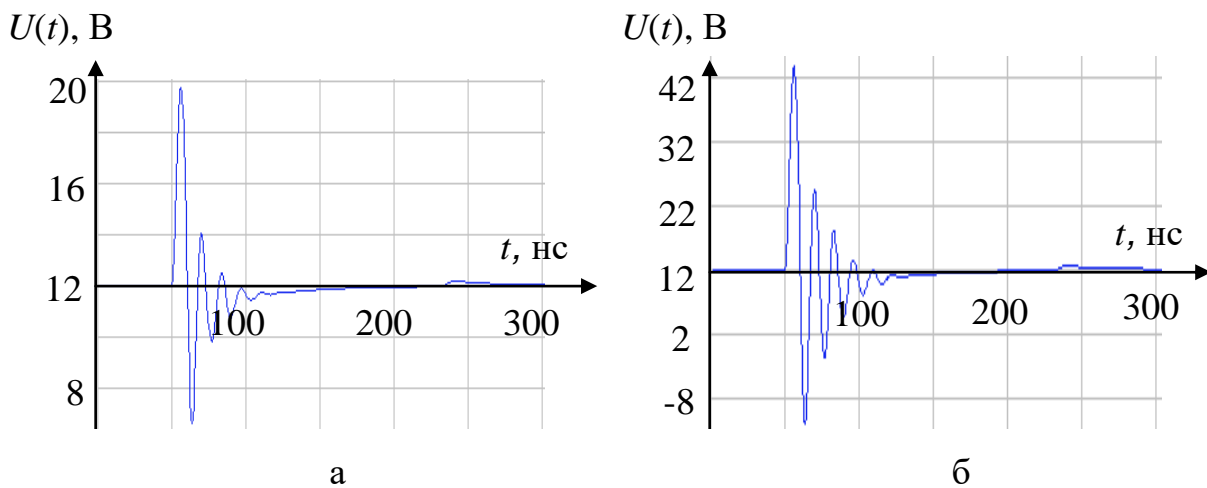


Рис. 5. Осциллограммы моделирования помех в СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ по сети электропитания (а – 0,5 кВ; б – 2 кВ).

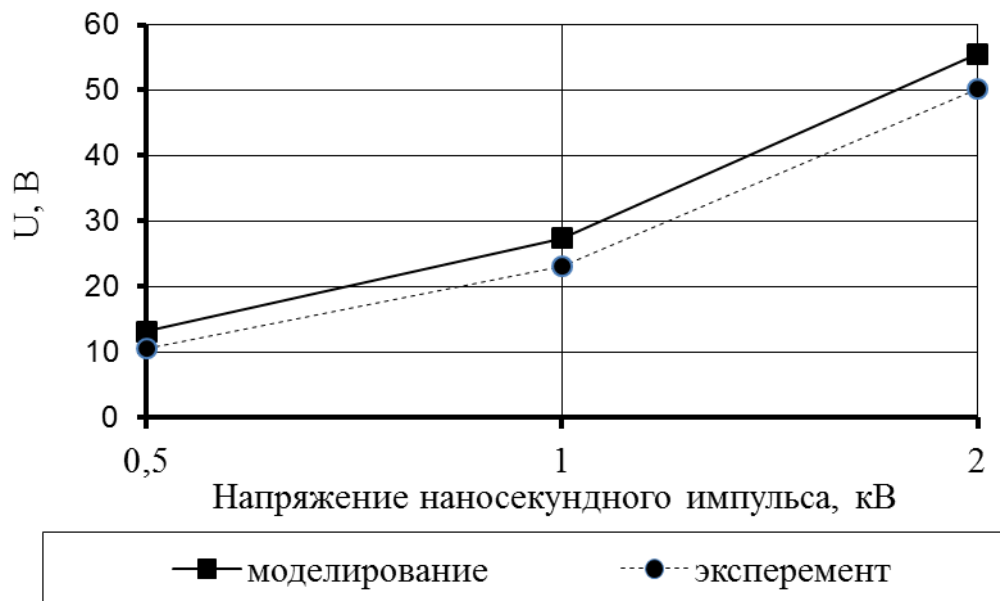


Рис. 6. Зависимость напряжения наведенной помехи в СКУД от напряжения наносекундных ЭМИ.

Зависимость напряжения (размах) наведенных помех на выходе источника вторичного электропитания СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ напряжением от 0,5 кВ до 2 кВ, представлена на рис. 6.

Результаты моделирования имеют максимальное расхождение не более 25 % по амплитуде помех (размах) с экспериментальными данными соискателя при воздействии наносекундных ЭМИ напряжением до 2 кВ.

Полученные результаты экспериментов и моделирования позволяют сделать следующие выводы: максимальное напряжение импульсных помех во вторичной сети электропитания СКУД, при воздействии наносекундных ЭМИ, может достигать 30-40 В. Но данное напряжение не превышает электрическую прочность КМОП элементов (70-100 В). Таким образом, нарушение качества функционирования по критерию «D» не происходит, что подтверждают и экспериментальные результаты; в рассматриваемом примере длительность наведенных помех больше длительности информационных сигналов, поэтому необходимо сравнивать амплитуду помех с уровнем статической помехоустойчивости элементов СКУД [8, 9, 13]. По данному сравнению можно сказать, что для некоторых типов цифровых элементов СКУД может произойти ложное переключение. Это, с определенной вероятностью, может привести к временному нарушению функционирования СКУД по критерию «B» или «C». Если, данный уровень вероятности ошибки элементов СКУД является неприемлемым для разработчика, то необходимо выбрать другие параметры исследуемого объекта, элементов и линий связи СКУД, а также применить методы и рекомендации для ослабления электромагнитных помех [7-9, 28-33].

Заключение

Электромагнитные помехи могут привести к нарушению функций СКУД, и одним из вероятных путей проникновения помех является сеть электропитания. Например, при экспериментальных исследованиях помехоустойчивости СКУД на воздействие наносекундных ЭМИ выявлены следующие причины временного нарушения качества функционирования: фиксирование ложных проходов через систему и нарушение светового

оповещения состояния прохода (критерий «В» при ЭМИ 1 кВ); ручной перезапуск службы обмена между базой данных с исполнительными устройствами (критерий «С» при ЭМИ 2 кВ).

Для создания СКУД с удовлетворительной помехоустойчивостью необходимо на этапе разработки учесть возможные последствия воздействия электромагнитных помех по сети электропитания. Поэтому, для исследования помех, непосредственно возникающих на элементах СКУД при воздействии наносекундных ЭМИ по сети электропитания, предложена имитационная модель. Полученные результаты моделирования позволяют судить об амплитуде и временных параметрах наведенных помех, которые могут привести к нарушению помехоустойчивости устройств СКУД. Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Таким образом, решение задачи помехоустойчивости СКУД авторами видится в конструировании устройств на основе имеющегося опыта, с учетом результатов экспериментальных исследований и моделирования, с последующей доводкой.

Литература

1. *Access Control Technologies Handbook*, Washington, U.S. Department of Homeland Security. 2015. 56 p.
2. Norman T. *Electronic Access Control*. Imprint-Butterworth: Heinemann Published, 2017. 576 p.
3. Гут Р.В., Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Методы ранговой фильтрации в системах видеонаблюдения. *Вестник технологического университета*. 2017. №17. С.71–73.
4. Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Обнаружение и сопровождение объектов в бортовых системах обработки изображений. *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. №13. С.331–334.
5. Шлеймович М.П., Ляшева С.А., Кирпичников А.П. Вычисление признаков

- изображений на основе вейвлет-преобразования. *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. №18. С.223–228.
6. Обухов А.В., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Методы автоматического распознавания автомобильных номеров. *Вестник Чувашского университета*. 2016. №3. С.201-208.
7. Paul C.R. *Introduction to Electromagnetic Compatibility*. Hoboken, Wiley-Interscience, 2006. 1016 p.
8. Акбашев Б.Б., Балюк Н.В., Кечиев Л.Н. *Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий*. Москва, Грифон, 2014. 471 с.
9. Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. *Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты*. Москва, ООО «Группа ИДТ». 2007. 478 с.
10. Гизатуллин З.М., Фазулянов Ф.М., Шувалов Л.Н., Гизатуллин Р.М. Целостность информации в USB флэш-накопителе при воздействии импульсного магнитного поля. *Журнал радиоэлектроники* [электронный журнал]. 2015. №8. <http://jre.cplire.ru/jre/aug15/8/text.pdf>.
11. Кириллов В.Ю., Томилин М.М. Расчет напряженности электрического и магнитного полей от электростатических разрядов. *Технологии электромагнитной совместимости*. 2017. №2. С.15–24.
12. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М. Экспериментальные исследования помехоустойчивости персонального компьютера при импульсном разряде статического электричества. *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. 2011. №3. С.78–83.
13. Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. *Защита электронных средств от воздействия статического электричества*. Москва, Издательский дом «Технологии». 2005. 352 с.
14. Шкиндеров М.С. Исследование функционирования системы контроля и управления доступом при воздействии наносекундных электромагнитных помех по сети электропитания. *Технологии электромагнитной совместимости*. 2019. №3. С.60–70.

15. Шкиндеров М.С., Гизатуллин З.М. Исследование функционирования системы контроля и управления доступом в условиях воздействия электростатических разрядов. *Радиотехника и электроника*. 2018. №11. С.1181–1187.
16. Сафина Р.М., Шкиндеров М.С. Повышение помехоустойчивости системы контроля и управления доступом при воздействии электростатического разряда. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2020. №8. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.8.10>.
17. Шкиндеров М.С., Нуриев М.Г., Гизатуллин З.М. Сквозное прогнозирование помехоустойчивости систем контроля и управления при внешних электромагнитных воздействиях. *Вестник Казанского государственного энергетического университета*. 2016. №2. С.26–37.
18. Гизатуллин З.М., Набиев И.И., Шкиндеров М.С. Помехоустойчивость локальных вычислительных сетей при внешних электромагнитных воздействиях. *Телекоммуникации*. 2017. №2. С.41–47.
19. Mansson D. *Intentional electromagnetic interference (IEMI). Susceptibility investigations and classification of civilian systems and equipment*. Uppsala, Acta Universitatis Upsaliensis. 2008. 127 p.
20. Гизатуллин З.М. Электромагнитная совместимость электронных средств объектов электроэнергетики при внешних электромагнитных воздействиях по сети питания. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2007. №9-10. С.37–45.
21. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Зиатдинов И.Н. Анализ функционирования вычислительной техники при воздействии электромагнитных помех по сети электропитания. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2015. №7-8. С.98–105.
22. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М. Анализ качество электроэнергии в однофазной сети электропитания 220 Вольт 50 Герц. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2012. №7-8. С.63–71.
23. Гизатуллин Р.М., Гизатуллин З.М., Архипов А.О. Моделирование побочной

- кондуктивной передачи информации от вычислительной техники через сеть электропитания. *Информация и безопасность*. 2018. №3. С. 390–393.
24. Сухоруков С.А. Комментарии к ГОСТ Р 52863-200. *Технологии электромагнитной совместимости*. 2011. № 3. С.1–20.
25. ГОСТ Р 20009-2000. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства охранной сигнализации. Требования и методы испытаний. Москва, Издательство стандартов. 2001. 12 с.
26. Шкиндеров М.С., Гизатуллин З.М. Информационная безопасность вычислительной техники при воздействии преднамеренных электромагнитных помех. *Информация и безопасность*. 2017. №3. С.452–455.
27. Гизатуллин З.М. Исследование эффективности экранирования корпуса персонального компьютера при преднамеренных электромагнитных воздействиях. *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. 2008. №1. С.28–31.
28. Жечев Е.С., Черникова Е.Б., Белоусов А.О., Газизов Т.Р. Экспериментальные исследования зеркально-симметричного модального фильтра во временной и частотной областях. *Системы управления, связи и безопасности*. 2019. № 2. С.162–179.
29. Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М., Мелкозеров А.О., Куксенко С.П., и др. Пути решения актуальных проблем проектирования радиоэлектронных средств с учетом электромагнитной совместимости. *Техника радиосвязи*. 2014. №2(22). С.11–22.
30. Гизатуллин З.М. Снижение электромагнитных помех в межсоединениях многослойных печатных плат. *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. 2012. №2. С.199–205.
31. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Нуриев М.Г., Назметдинов Ф.Р. Снижение электромагнитных помех и защита информации в вычислительной технике с помощью экранирующих стекол. *Вестник*

Казанского государственного энергетического университета. 2017. №3. С. 46–57.

32. Жуков П.А., Кириллов В.Ю., Марченко М.В. Влияние способов соединения экрана кабеля с электрическим соединителем на эффективность экранирования. *Вестник Московского энергетического института. 2019. №2. С. 50–56.*

33. Журавлев С.Ю., Кириллов В.Ю., Жуков П.А. Исследования радиопоглощающих материалов для космических аппаратов. *Технологии электромагнитной совместимости. 2018. №4. С.32–39.*

Для цитирования:

Сафина Р.М., Шкиндеров М.С., Мубараков Р.Р. Помехоустойчивость систем контроля и управления доступом в здания при воздействии электромагнитных помех по сети электропитания. *Журнал радиоэлектроники* [электронный журнал]. 2021. №6. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.6.9>