



питания // Радиотехника и электроника. – 2016. – №5. – С. 500–504.

10. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Назметдинов Ф.Р., Набиев И.И. Повышение помехоустойчивости электронных средств при электромагнитных воздействиях по сети электропитания // Журнал радиоэлектроники. – 2015. – №6. – С. 2.

11. Белоусов А.О., Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М. Многопроводная микрополосковая линия как модальный фильтр для защиты от сверхкоротких импульсов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – №3. – С. 124-128.

12. Газизов А.Т., Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р. Разложение сверхкороткого импульса в структурах с лицевой связью // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2017. – №3. – С. 70-75.

13. Белоусов А.О., Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р. Экспериментальное подтверждение модельной фильтрации в многопроводной микрополосковой линии // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2016. – №3. – С. 51-54.

М.С. Шкиндеров, О.В. Чернов, Р.М. Гизатуллин

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ПО ДВУХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ СЕТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЗДАНИЯ

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ)

За прошлые годы произошло увеличение активности в области преднамеренных электромагнитных (ЭМ) помех, которые иногда упоминаются как «электромагнитный терроризм», что в нормативных документах относится к задаче информационной безопасности. В то время как больше всего внимания было сосредоточено на «излучающей» угрозе, совершенно ясно, что не надо забывать об угрозе кондуктивных помех. Кондуктивные угрозы включают то, что произведено с помощью наведения в линию излучающего поля и от прямого ввода кондуктивных помех в электропроводку, например, здания [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Хорошо известно, что в большинстве случаев, электропроводка здания обеспечивает эффективный перенос потенциально разрушительной энергии в электронные средства (ЭС). Но при этом интерес представляет как изменяются параметры ЭМ импульса, а именно его форма, фронт и длительность, в зависимости от длины распространения в линии.

Целью данной работы является анализ параметров введенных наносекундных ЭМ импульсов на конце исследуемой двухпроводной линии в зависимости от длины распространения. На рис. 1 представлен способ подключения к двухпроводной линии генератора и нагрузки [4].

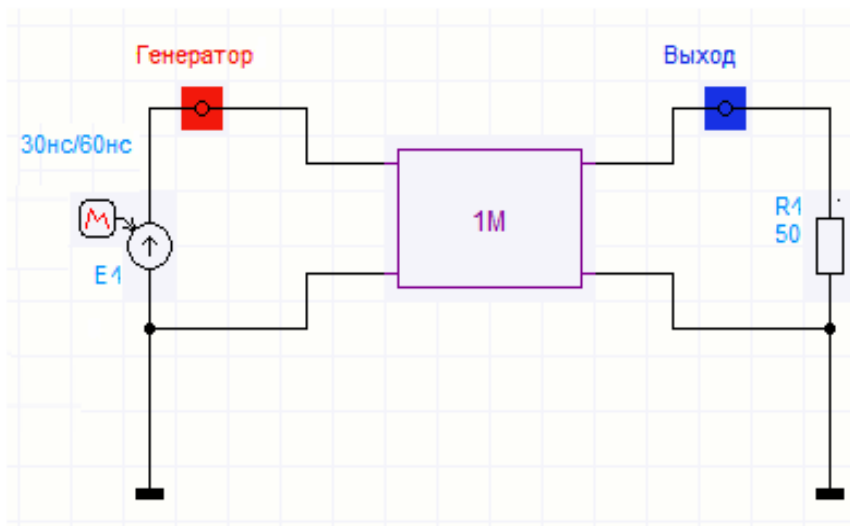


Рис. 1. Подключение генератора и нагрузки к двухпроводной линии

В работе рассматриваются типичные наносекундные ЭМ импульсы, воздействующие по сети электропитания (табл. 1). Наиболее часто форма импульсов представляет собой двойную экспоненту [7].

Таблица 1

Параметры наносекундных ЭМ импульсов

№	Длительность фронта, $t_{фр}$	Длительность импульса на уровне 50%, $t_{50\%}$
1	30 нс	60 нс-1 мкс
2	5 нс	50 нс

Анализ параметров введенного наносекундного ЭМ импульса на конце линии, в зависимости от длины его распространения проводится в программном комплексе схемотехнического моделирования ПА-9. Для проведения имитационного моделирования разработана модель источника преднамеренных ЭМ воздействий и модель двухпроводной линии длиной от 1 до 30 метров.

Результатом проведенных исследований являются графики зависимости напряжения ЭМ импульса в линии для различных длин. Например, на рис. 2 наглядно видно, как изменяет параметры ЭМ импульс с наносекундными параметрами (№1, табл. 1). На рис. 3 приведен график изменения фронта и длительности введенного ЭМ импульса как функция от длины его распространения по линии.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы: введенное в двухпроводную линию электропроводки здания ЭМ импульс с наносекундными параметрами на выходе линии существенно изменяет свою форму, а его фронт и длительность существенно возрастают с увеличением длины распространения.

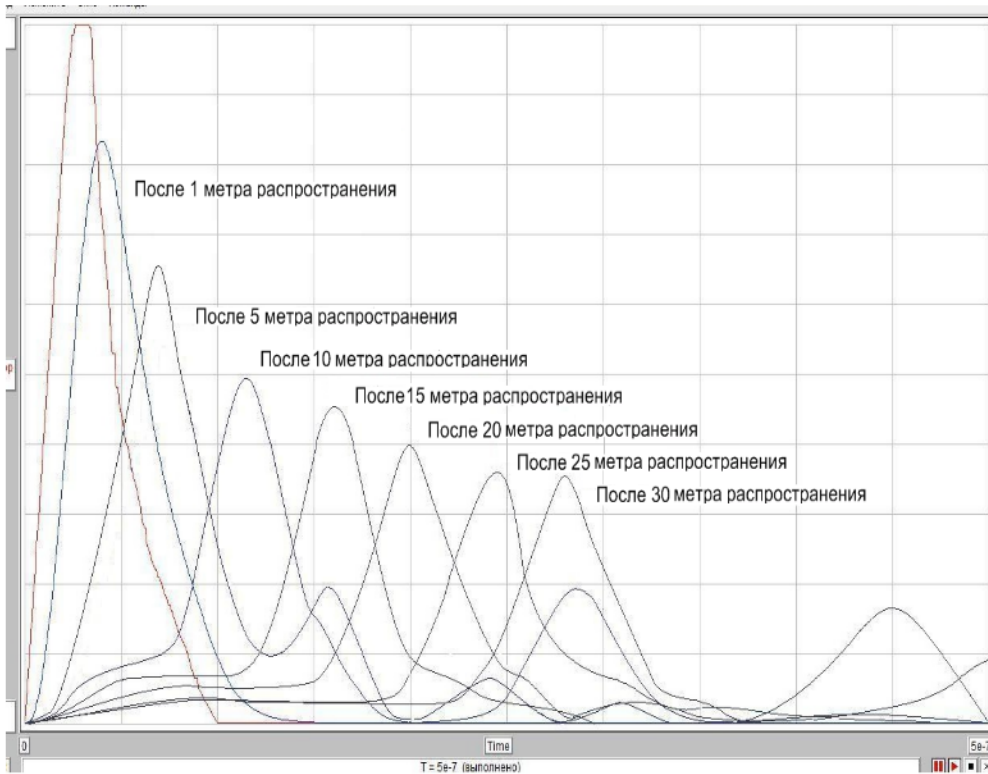


Рис. 2. Изменение напряжения ЭМ импульса при различных длинах распространения

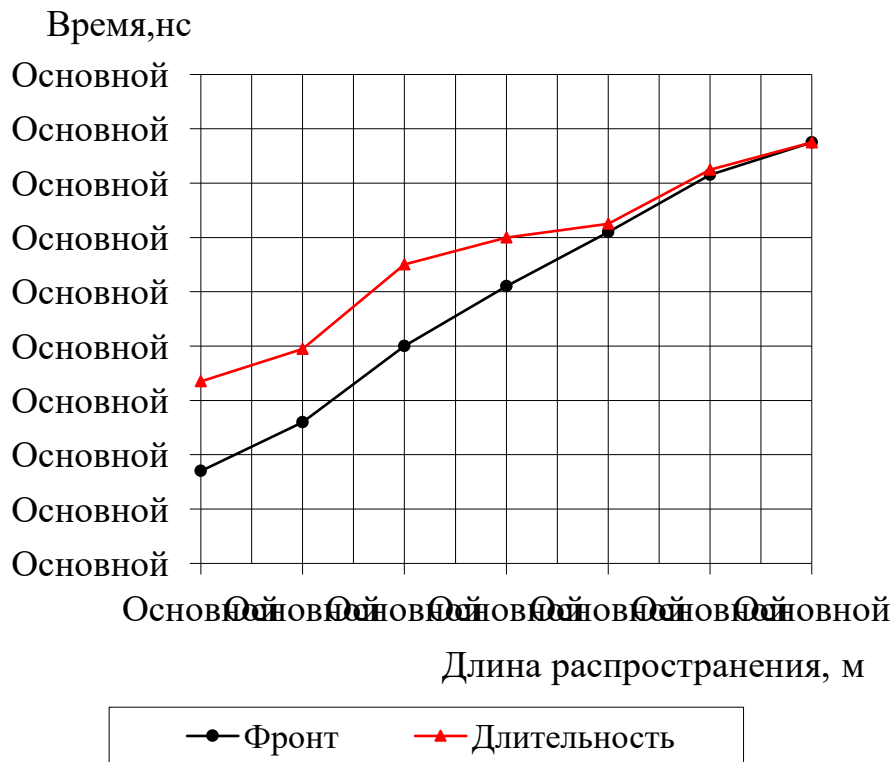


Рис. 3. Изменения фронта и длительности введенного ЭМ импульса в двухпроводной линии как функция от длины распространения



При этом, как представлено в [8, 9], при воздействии ЭМ с наносекундными параметрами применение устройств защиты от помех по сетям электропитания не дают существенного ослабления помех по сети электропитания. Предполагается, что рассмотренные типичные устройства защиты снижают только кондуктивную составляющую электромагнитных помех по сети электропитания, но в данном случае, проникновение высокочастотной составляющей ЭМ происходит за счет других путей, например, паразитных емкостей входных выходных цепей. Для повышения информационной безопасности электронных систем при преднамеренных воздействиях ЭМИ по сети электропитания возможно применение существующих и новых технических решений [10, 11, 12, 13].

### Литература

1. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Зиатдинов И.Н. Моделирование электромагнитного воздействия на электронные средства по сети электропитания здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – №7-8. – С. 104-110.
2. 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.
3. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Зиатдинов И.Н., Шарафутдинов И.И. Помехоустойчивость средств вычислительной техники при динамических изменениях напряжения сети электропитания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – №1-2. – С. 105–115.
4. 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.
5. Гут Р.В., Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Методы ранговой фильтрации в системах видеонаблюдения // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 17. С. 71-73.
6. Обухов А.В., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Методы автоматического распознавания автомобильных номеров // Вестник Чувашского университета. 2016. №3. С.201-208.
7. Mansson D., Nilsson T., Thottappillil R. Propagation of UWB Transients in Low-Voltage Installation Power Cables // IEEE Transactions on electromagnetic compatibility, vol. 49, no. 3, August 2007.
8. Гизатуллин Р.М., Гизатуллин З.М. Помехоустойчивость и информационная безопасность вычислительной техники при электромагнитных воздействиях по сети электропитания. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – 142 с.
9. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М. Исследование помехоустойчивости вычислительной техники при электромагнитных воздействиях по сети электропитания // Радиотехника и электроника. – 2016. – №5. – С. 500–504.



10. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Назметдинов Ф.Р., Набиев И.И. Повышение помехоустойчивости электронных средств при электромагнитных воздействиях по сети электропитания // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2015. – №6. – С. 2.

11. Белоусов А.О., Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М. Многопроводная микрополосковая линия как модальный фильтр для защиты от сверхкоротких импульсов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – №3. – С. 124-128.

12. Газизов А.Т., Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р. Разложение сверхкороткого импульса в структурах с лицевой связью // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2017. – №3. – С. 70-75.

13. Белоусов А.О., Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р. Экспериментальное подтверждение модельной фильтрации в многопроводной микрополосковой линии // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2016. – №3. – С. 51-54.

М.С. Шкиндеров, О.В. Чернов, Р.М. Гизатуллин

## ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПРЕДНАМЕРЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОСЕКУНДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ПО СЕТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ)

Прогнозы специалистов показывают, что вероятность использования электромагнитного воздействия по сетям электропитания растет год от года [1, 2]. При этом сеть электропитания и так является хорошим переносчиком непреднамеренных электромагнитных помех [3, 4]. Поэтому при разработке концепции безопасности объекта, в частности включающего в себя систему контроля управления доступом (СКУД), необходимо учитывать и возможность преднамеренного электромагнитного воздействия по сетям электропитания [5, 6, 7, 8, 9]. Для осуществления электромагнитного террора по сетям электропитания используются специальные технические средства, которые подключаются к сети непосредственно с помощью гальванической связи через конденсатор или с помощью индуктивной связи через трансформатор.

Целью данной работы является анализ функционирования цифровых элементов электронных средств (ЭС), в частности СКУД, при преднамеренных электромагнитных воздействиях по сети электропитания при различных способах подключения генератора электромагнитных импульсов (ЭМИ) к сети. Известно о существовании следующих способов подключения генератора ЭМИ к сети питания: фазой и нейтралью; фазой и заземлением; нейтралью и заземлением. В данной работе рассматриваются первые два способа (рис. 1, рис. 2).