Научная статья
Original article
УДК 621.316

# НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАМЫКАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МОЩНЫХ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

NEUTRALIZATION OF ELECTRONIC CLOSING DEVICES BY USING POWERFUL ULTRA-WIDEBAND SIGNALS

**Бикбулатов Радмир Ильдарович,** студент 2 курс, факультет «Автоматизация технологических процессов и производств», Институт теплоэнергетики, Россия, г. Казань
**Тазеев Нияз Фанисович,** студент 2 курс, факультет «Автоматизация технологических процессов и производств», Институт теплоэнергетики, Россия, г. Казань

**Bikbulatov Radmir Ildarovich,** 2nd year student, faculty "Automation of technological processes and production", Institute of Thermal Power Engineering, Russia, Kazan
**Tazeev Niyaz Fanisovich,** 2nd year student, faculty "Automation of technological processes and production", Institute of Thermal Power Engineering, Russia, Kazan

**Аннотация:** Широкополосные сигналы позволяют обеспечить высокую помехоустойчивость передачи данных в канале при соотношении сигнал/шум по мощности близком к единице, а при определенных условиях и ниже единицы. Актуальной задачей является выбор широкополосных сигналов и их обработка. Рассмотрены возможности применения сверхширокополосных

сигналов для нейтрализации электронных запирающих устройств в случае внеполосного воздействия. Введены типовые модели деструктивных воздействующих широкополосных и сверхширокополосных сигналов на системы связи специального назначения. Приведены числовые значения временных и энергетических характеристик излучаемых последовательностей сигналов, обеспечивающих деградацию полупроводниковых элементов в случае внеполосного воздействия.

**Annotation:** Broadband signals allow for high noise immunity of data transmission in a channel with a signal-to-noise power ratio close to one, and under certain conditions below one. An urgent task is the selection of broadband signals and their processing. The possibilities of using ultra-wideband signals to neutralize electronic locking devices in the case of out-of-band exposure are considered. Typical models of destructive influencing broadband and ultra-broadband signals on special-purpose communication systems are introduced. Numerical values of the time and energy characteristics of the emitted signal sequences providing degradation of semiconductor elements in the case of out-of-band exposure are given.

**Ключевые слова:** сверхширокополосный, система контроля доступа, функциональное поражение, нейтрализация, внеполосный.

**Keywords:** ultra-broadband, access control system, functional damage, neutralization, out-of-band.

В настоящее время в телекоммуникационных системах передачи данных, системах управления, радиолокации и навигации все шире применяют специальные сигналы, называемые широкополосными (ШПС) [1]. Наибольшее применение ШПС находят сегодня в беспроводных сетях передачи данных. Интерес к ШПС не только не ослабевает, а напротив – только усиливается с развитием и внедрением новых инфокоммуникационных технологий. Свойства широкополосных сигналов, в сочетании с оптимальными методами их обработки, позволяют обеспечить высокую

помехоустойчивость передачи данных в канале при соотношении сигнал/шум по мощности близком к единице, а при определенных условиях и ниже единицы. В этом случае передачу полезных данных в канале практически невозможно заметить и, тем более, распознать их.

Постановка проблемы.

Электронный замок – одна из основных составляющих систем контроля доступа, достаточно распространенное устройство, которое можно встретить на большинстве охраняемых объектов. Функциональность современных электронных замков такова, что они не являются отдельной деталью запирающего механизма, а интегрируются в общую систему безопасности [2].

Для того чтобы электромеханический замок предоставлял доступ на объект только определенным лицам, необходимо просто известить их о запрограммированном коде. Анализ конструкций современных замков показал, что их элементной базой являются радиокомпоненты: диоды, транзисторы, микросхемы, процессоры. Для открывания электронных замков используют брелки, цифровые коды или биометрические механизмы, то есть в конструкции обязательно присутствует приемник сигнала, который и обеспечивает открывание защищаемого объекта [3].

Несмотря на очевидные преимущества современных систем контроля доступа, их составляющие чувствительны к воздействию мощных электромагнитных импульсов (ЭМИ), что приводит к отказу электронных элементов конструкции, основа которых – твердотельные полупроводниковые структуры (диоды, транзисторы и микросхемы). Использование мощного электромагнитного излучения может привести к функциональному поражению системы [4]. В данном случае под функциональным поражением понимается такое состояние системы, при котором наблюдается кратковременное или длительное нарушение работоспособности электронной аппаратуры, что связано с невозобновляемыми отказами полупроводниковых элементов. Технология функционального поражения предполагает

использование ЭМИ малой продолжительности (до 1 нс) и большой пиковой мощности.

Отметим, анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время проведены теоретические исследования и созданы сверхширокополосные (СШП) радиотехнические системы разного назначения [1; 2]. Основу таких систем составляет тракт формирования и излучения СШП сигналов, представляющий собой достаточно отработанное техническое решение. Поэтому такой тракт может быть положен в основу разработки и создания конкурентоспособных средств нейтрализации систем контроля доступа, включая электронные замки.

Под СШП сигналом понимают сигнал наносекундной продолжительности с большой относительной шириной спектра ( □f/fcep □1, где □f – ширина спектра, fcep – средняя частота). Основным преимуществом использования таких сигналов является то, что НПС средство не предназначено для поражения одной конкретной системы или класса систем, а может использоваться для поражения широкого диапазона различных систем [5].

Целью данной работы является сбор и анализ информации относительно технологии СШП; разработка программных методов обработки СШП сигналов; разработка и непосредственная реализация приемо-передающего устройства UWB сигнала на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Большинство современных систем беспроводной связи, применяемых в повседневной жизни используют технологию излучения и приема узкополосных сигналов (Wi-Fi, BlueTooth и т. д.). Эти системы имеют существенные недостатки, такие как слабая помехоустойчивость, высокое энергопотребление, а также низкая скорость передачи данных (особенно технология BlueTooth). Эти проблемы решаются путем замены традиционных систем узкополосной связи на широкополосную и сверхширокополосную. Основная идея технологии заключается в

использовании сверхширокополосного сигнала для передачи информации при помощи импульснокодовой модуляции.

Изложение основного материала. Известны два способа функционального поражения (нейтрализации) радио элементной базы электронных замков: внутри полосный и внеполосный.

Внутри полосный способ является энергетически более выгодным, но требует наличия антенной системы у нейтрализуемого объекта. Поэтому основным способом нейтрализации систем контроля доступа можно считать внеполосный способ, при котором функциональное поражение управляющей элементной базы спец вычислителей существенно зависит как от характеристик радиоэлектронных элементов, так и от конструктивного выполнения впечатляющего объекта, например, от конструкции и характеристик экранов, размеров и формы технологических отверстий, элементов монтажа, взаимного расположения радиоэлектронных элементов на монтажных платах и т.п. [6]. Поэтому в данном случае для оценки необходимой мощности ЭМИ целесообразно использовать результаты специальных экспериментальных исследований по устойчивости данного типа устройства к воздействию ЭМИ малой продолжительности и большой мощности.

Способы подавления опасных электрических сигналов, распространяющихся из контролируемой зоны по кабелям (электрическим проводам), могут быть пассивными и активными. Первые обеспечивают уменьшение уровня опасных сигналов, вторые - повышение уровня помех.

Энергетический порог для достижения эффекта деградации радиоэлектронных элементов определяется временем релаксации тепловых процессов, который для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем составляет ≥10...100 нс. Для усиления теплового воздействия, что приводит к деградации радиоэлементов, необходимы периодические последовательности СШП сигналов. Выражение для оценки, требуемой для

нейтрализации радиоэлектронных элементов мощности на входе полупроводникового прибора, имеет вид [4]:

$$P_{дегр} = \frac{K_n S_{p\text{-}n}}{\sqrt{\tau_\Sigma}},$$

(1)

где Кп – постоянное повреждение, зависящее от типа полупроводникового элемента и имеющее размерность [кВт/мкс 1/2 · см -2]; τ∑ – суммарное время воздействия ЭМИ; Sp─n – площадь p–n перехода [см2].

Приведенное выражение позволяет определить суммарную мощность, необходимую для деградации элементов, в случае внемугового воздействия на них периодической последовательности импульсов:

(2) $$P_{дегр}^{ext} = P_{дегр} K_{вп},$$

где КВП – дополнительный коэффициент послабления, определяемый экспериментально.

В таблице приведены значения мощности внеполосного воздействия для пачки ультракоротких импульсов τΣ=100 мс.

Таблица значение мощности внеполосного воздействия

| Типы полупроводниковых элементов | Кп | Sp – n, см2 | τ∑, мс | $P_{дегр}^{ext}$, мВт | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | К вп= 30 дБ | К вп= 40 дБ |
| Диоды и транзисторы | 0,1 | 10-3…5·10-2 | 102 | 3·102 … 2·104 | 3·103 … 2·105 |
| Диоды СВЧ | 0,01 | 10-3 … 5·10-2 | 102 | 3·101 … 2·103 | 3·102 … 2·104 |
| Интегральные схемы и большие интегральные схемы | 0,1 | 10-4 … 2·10-3 | 102 | 3·101 … 6·102 | 3·102 … 6·103 |

Результаты указанных расчетов показывают, что мощность, необходимая для деградации элементов $P_{дегр}^{ext}$ в случае внеполосного воздействия должна быть в пределах от 30 до 2·105 мВт. Для создания

мощностей такого уровня необходимо в дальнейшем предложить соответствующую конструкцию СШП антенной системы.

Выводы

В статье приведены временные и энергетические характеристики последовательностей СШП сигналов, достаточные для нейтрализации систем контроля доступа, основным элементом которых являются электронные замки. Полученные данные могут использоваться в разработке требований к СШП средств нейтрализации электронных замков.

**Литература**

1. 1.Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384с.
2. Астанин Л.Ю., Костылев А.А. Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений. – М.: Радио и связь, 1989. – 192 с.
3. Иммореев И.Я. Сверхширокополосные радары: новые возможности, необычные проблемы, системные особенности. – Вестник МГТУ, 1998, №4, с.128−133.
4. Имореев И.Я., Синявин А.Н. Изучение сверхширокополосных сигналов. Сб. Антенны, 2001, №47.
5. Вишневский В.И., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2006. – 288с.
6. Имореев И.Я., Судаков А. Сверхширокополосные и узкополосные системы связи. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2003. №2.

**Literature**

1. 1.Grigoriev V.A., Lagutenko O.I., Raspaev Yu.A. Networks and radio access systems. – M.: Eco-Trends, 2005. – 384s.
2. Astanin L.Yu., Kostylev A.A. Fundamentals of ultra-wideband radar measurements. – M.: Radio and Communications, 1989. – 192 p.
3. Immoreev I.Ya. Ultra-wideband radars: new opportunities, unusual problems, system features. – Bulletin of MSTU, 1998, No. 4, pp.128−133.

4. Immoreev I.Ya., Sinyavin A.N. Study of ultra-wideband signals. Sat. Antennas, 2001, No. 47.
5. Vishnevsky V.I., Lyakhov A.I., Portnoy S.L., Shakhnovich I.V. Broadband wireless information transmission networks. Moscow: Technosphere, 2006. – 288s.
6. Immoreev I.Ya., Sudakov A. Ultra-broadband and narrowband communication systems. ELECTRONICS: Science, Technology, Business, 2003. No. 2.

*© Бикбулатов Р.И., Тазеев Н.Ф., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022.*

**Для цитирования**: Бикбулатов Р.И., Тазеев Н.Ф. НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАМЫКАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МОЩНЫХ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022.