

УДК 621.391.823

DOI: 10.30987/article\_5bb5e6d9f0f021.30192954

К.А. Батенков, Н.И. Мясин, А.В. Королев, М.В. Илюшин, Е.А. Кожин

## ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ В ЦИФРОВЫХ АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЯХ

Получены статистические характеристики импульсных помех, генерируемых различными бытовыми приборами. Синтезирован математический аппарат для анализа импульсных помех.

**Ключевые слова:** импульсные помехи, измерительные комплексы, цифровые абонентские линии.

К.А. Batenkov, N.I. Myasin, A.V. Korolyov, M.V. Ilyushin, E.A. Kozhin

## PULSE INTERFERENCE MEASUREMENTS IN DIGITAL USER LINES

Present-day measuring procedures of pulse interference are not perfect. The application of the *MATLAB* mathematical modeling environment and a personal computer (PC) allows creating an efficient complex for measuring the interference of a pulse character. Kinds of the pulse interference are similar in the form, but differ considerably in their peak values of the amplitude. Different kinds of home equipment generate noise impacts in view of peculiarities of their structural formation and an elemental base used. For the qualita-

tive analysis the of the pulse interference impact upon a line of communication it is necessary to use a mathematical apparatus which allows estimating completely the degree of the interference impact. The data obtained must contribute to the development of engineering solutions and methods for the compensation of the pulse interference impact upon digital user lines.

**Key words:** pulse interference, measuring complexes, digital user lines.

### Введение

Следует отметить, что большая часть переносных тестеров используют при анализе только часть спектра и имеют определённый порог статических помех. Если уровень шума превышает этот порог, то прибор фиксирует это событие как импульсную помеху. При таком способе прибор будет принимать за импульсные шумы радиопомехи и другие стационарные шумы, уровень которых превышает пороговый уровень статических шумов, установленный в приборе. Тем не менее существует достаточно простой способ оценки воздействия импульсных шумов на абонент-

скую линию, который предполагает использование аудиокарты персонального компьютера. Также необходимо использовать аналог абонентской линии, который имеет возможность подключения к разъёму персонального компьютера. В ходе проведения эксперимента планируется оценить воздействие импульсных шумов на абонентскую линию в зависимости от удаленности линии от объекта воздействия, а также от используемой бытовой техники в качестве источника импульсных помех.

### Методология и результаты исследования

Для создания математической модели применяется программный продукт *MATLAB R2018a*. *MATLAB* является высокоуровневым языком программирования, с помощью которого становятся возможны анализ данных, разработка алгоритмов и создание различных моделей. Основные функции, использованные в разработанной

модели, - *audiorecorder*, *plot*, *histogram* и *fft*.

В ходе проведения эксперимента было исследовано воздействие бытовой техники на телефонный кабель. Время проведения эксперимента варьировалось в диапазоне от 3 до 5 мин. Основным видом манипуляций с бытовыми приборами явля-

лось их периодическое отключение и включение в сеть электропитания общего пользования. Результаты исследований

были интерпретированы в графическом виде.

Пример речевого сигнала представлен на рис. 1.

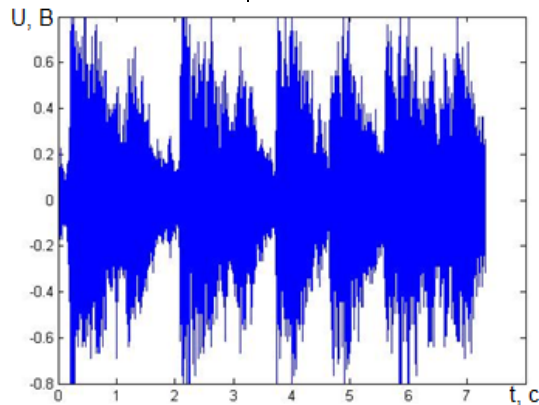


Рис. 1. Графическое представление речевого сигнала

На рис. 2 представлено графическое отображение типового импульса речевого сигнала. Стоит отметить существенное различие в форме импульсов речевого сигнала и импульсного шума. Речевой сигнал в отличие от импульсной помехи не имеет

мгновенного характера и резких перепадов в значении амплитуды. Также стоит отметить различие в пиковом напряжении речевого сигнала и шумового сигнала импульсного характера, которое больше в случае импульсной помехи.

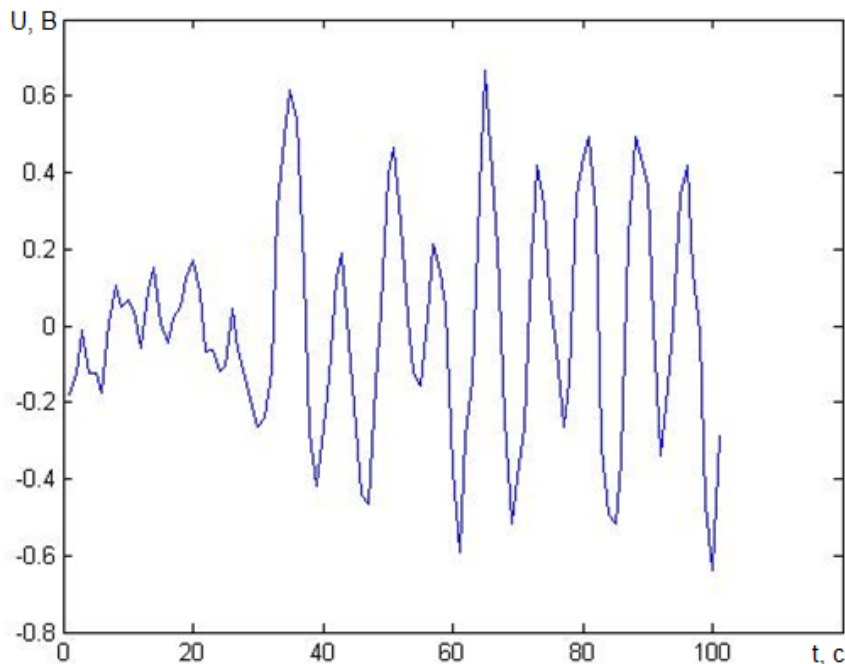


Рис. 2. Типовой импульс речевого сигнала

Источником импульсных помех - ноутбук. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что исследуемый объект генерирует импульсы с наименьшей ин-

тенсивностью и пиковой амплитудой. Такие результаты можно объяснить принципом работы адаптера ноутбука.

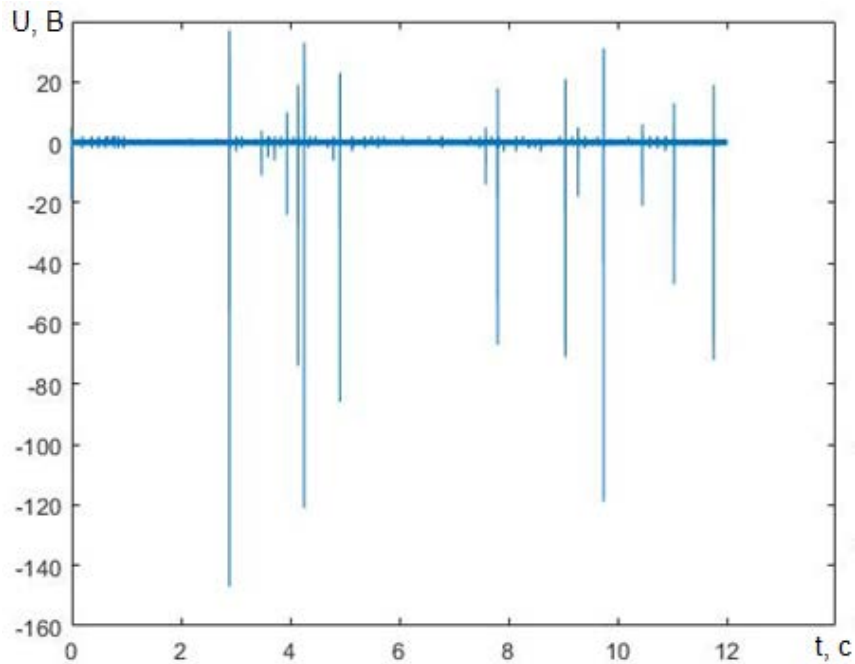


Рис. 3. Импульсные помехи от адаптера ноутбука

Графическое представление типового импульса адаптера ноутбука (рис. 4) сопоставимо с результатами измерений большинства видов бытовой техники. Но стоит отметить, что при оценке не отдельного импульса, а выборки импульсов их

средняя длительность несколько ниже, чем у многих образцов бытовой техники. Импульсные помехи адаптера ноутбука в среднем занимают временные интервалы, равные 6 мс.

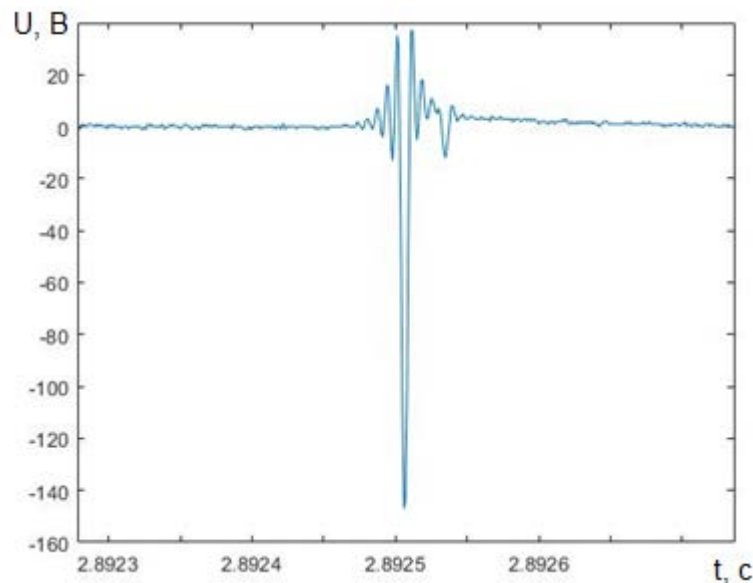


Рис. 4. Типовой импульс адаптера ноутбука

Для анализа воздействия импульсных помех на цифровую абонентскую линию целесообразно использовать точечные оценки значений средней и максимальной амплитуды импульсов, средней и максимальной длительности импульсов, средней

и максимальной энергии импульсов и мощности импульса.

Исследуемый сигнал можно описать выражением

$$U(nt_0).$$

Следовательно, значения амплитуд находятся с помощью следующих выражений:

$$U_{\max} = \max_n U(nt_0),$$

$$U_{cp} = \frac{\sum_{n=1}^N U(nt_0)}{N}.$$

Для оценки длительности импульсов необходимо следующее допущение:

$$U(nt_0) \rightarrow T(k), \text{ где } k=0,1,2,\dots,K,$$

$$T(k) = T_2(k) - T_1(k).$$

Тогда максимальная и средняя длительности импульсов описываются выражениями:

$$T_{\max} = \max_k T(k),$$

$$T_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^K T(k)}{K}.$$

Максимальная и средняя энергии импульсных шумов рассчитываются в соответствии с выражениями:

## Заключение

Современные методы измерения импульсных помех не являются совершенными. Использование среды математического моделирования *MATLAB* и персонального компьютера позволяет создать эффективный комплекс измерения помех импульсного характера. Импульсные помехи схожи по своей форме, но существенно различаются по пиковым значениям амплитуды. Разные образцы бытовой техники генерируют различные помеховые воздействия ввиду особенностей своего

$$E_{\max} = \max_k \sum_{i=\frac{T_1(k)}{t_0}}^{\frac{T_2(k)}{t_0}} U^2(it_0),$$

$$E_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=\frac{T_1(k)}{t_0}}^{\frac{T_2(k)}{t_0}} U^2(it_0)}{K}.$$

Средняя мощность импульсных помех:

$$P_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=\frac{T_1(k)}{t_0}}^{\frac{T_2(k)}{t_0}} U^2(it_0)}{\sum_{k=1}^K T(k)}.$$

Использование описанного математического аппарата позволяет дать качественную оценку импульсным помехам, воздействующим на цифровые абонентские линии. Полученные данные позволяют разработать метод компенсации негативного воздействия помех на линию связи и передаваемый сигнал.

структурного построения и используемой элементной базы. Для качественного анализа воздействия импульсных помех на линию связи необходимо использование математического аппарата, который позволяет максимально полно оценить степень их воздействия. Полученные данные должны способствовать разработке технических решений и методов компенсации воздействия импульсных помех на цифровые абонентские линии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория электрической связи: учеб. пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К.К. Васильева. - Ульяновск: УлГТУ, 2008. - 452 с.
2. Батенков, К.А. Технический эффект оптимальных линейных модуляции и демодуляции в беспроводных системах связи / К.А. Батенков // Известия Института инженерной физики. - 2015. - Т. 1. - № 35. - С. 24-28.
3. Батенков, К.А. [Математические модели модулятора и демодулятора с заданным порядком нелинейности](#) / К.А. Батенков // [Цифровая обработка сигналов](#). - 2013. - № 1. - С. 14-21.
4. Батенков, К.А. Алгоритм формирования несущих колебаний для линейного канала связи с аддитивным белым гауссовским шумом / К.А. Батенков // Телекоммуникации. - 2008. - № 3. - С. 10-15.
1. *Theory of Electric Coupling: manual* / K.K. Vasilev, V.A. Glushkov, A.V. Dormidontov, A.G. nesterenko; under the general editorship of K.K. Vasilev. - Vliyanovsk: UISTU, 2008. - pp. 452.
2. Batenkov, K.A. Technical effect of optimum linear modulation and demodulation in wireless systems of communication / K.A. Batenkov // *Proceedings of Engineering Physics Institute*. - 2015. - Vol. - No.35. - pp. 24-28.
3. Batenkov, K.A. Simulators of modulator and demodulator with specified order of nonlinearity / K.A. Batenkov // *Digital Signal Processing*. - 2013. - No.1 - pp. 14-21.
4. Batenkov, K.A. Algorithm of carrying oscillations formation for linear signal of communication with additive white gauss noise / K.A. Batenkov // *Telecommunications*. - 2008. - No.3. - pp. 10-15.

*Статья поступила в редакцию 7.06.18.*

*Рецензент: д.т.н., доцент, сотрудник Академии ФСО России*

*Лисичкин В.Г.*

*Статья принята к публикации 14.08.18.*

## Сведения об авторах:

**Батенков Кирилл Александрович**, д.т.н., сотрудник Академии ФСО России, e-mail: [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Мясин Николай Игоревич**, к.т.н., сотрудник Академии ФСО России, e-mail: [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Королев Александр Васильевич**, к.т.н., доцент, сотрудник Академии ФСО России, e-mail: [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Batenkov Kirill Alexandrovich**, Dr. Sc. Tech., Colleague of Academy of FSP, e-mail: [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Myasin Nikolay Igorevich**, Can. Sc. Tech., Colleague of Academy of FSP, [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Korolyov Alexander Vasilievich**, Can. Sc. Tech, Assistant Prof., Colleague of Academy of FSP, [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Илюшин Михаил Владимирович**, к.т.н., сотрудник Академии ФСО России, e-mail: [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Кожин Евгений Андреевич**, сотрудник Академии ФСО России, e-mail: [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Ilyushin Mikhail Vladimirovich**, Can. Sc. Tech., Colleague of Academy of FSP, [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).

**Kozhin Evgeny Andreevich**, Colleague of Academy of FSP, [pustur@yandex.ru](mailto:pustur@yandex.ru).