

К.А. Индюхов, К.А. Батенков, А.Е. Миронов, М.В. Стремоухов  
(г. Орел, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации)

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА В СИСТЕМАХ СВЯЗИ XDSL**

*Приведены математические выражения, описывающие основные характеристики импульсного шума.*

*Mathematical expressions describing the main characteristics of impulse noise are presented.*

*Ключевые слова: импульсный шум, математическое представление, параметры импульсного шума.*

*Keywords: impulse noise, mathematical representation, parameters of impulse noise.*

В настоящее время не уделяется должного внимания исследованиям влияния импульсного шума на передаваемую информацию. Это связано с возможностью перехода к использованию оптоволоконных линий связи, что во многом решает данную проблему. Однако в ситуациях, когда замена медных кабелей на оптоволокно невозможна, вопрос о борьбе с импульсными помехами встает более остро.

В связи с общим технологическим прогрессом, а также растущими потребностями пользователей, шумовая обстановка вокруг оконечного устройства цифровой абонентской линии становится все более сложной. Это вызвано появлением различных бытовых приборов, которые являются источниками импульсных шумов и находятся в непосредственной близости от кабеля связи. Создаваемый ими импульсный шум имеет существенно нестационарные свойства, оказывающие значительное влияние на процесс приема пользовательских данных.

Рассмотрев существующие модели импульсных шумов, можно отметить некоторые характерные особенности их описания. Амплитуда импульсного шума описывается нормальным законом распределения, а моменты появления импульсов подчиняются пуассоновскому распределению. Источники импульсных помех независимы по пространству и времени, а их главными представителями являются электромеханические бытовые приборы, аварии линий сильного тока, удары молнии.

Следует отметить, что влияние импульсных помех на передаваемый сигнал сильно зависит от состояния их источников. В моменты включения и выключения приборов, а также в моменты переключения их режимов работы наблюдаются сильные импульсные помехи. Основными характеристиками импульсного шума являются моменты появления, амплитуда и длительность импульсов. В общем виде амплитуду импульса шума можно описать следующей формулой[1]:

$$f_i(u) = \frac{1}{240u_0} e^{-\left|\frac{u}{u_0}\right|^{\frac{1}{5}}},$$

где  $f_i(u)$  – это плотность распределения амплитуды импульса шума;  
 $u_0$  – параметр, определяющий функцию формы.

Длительность импульсов шума характеризуется следующей формулой:

$$f_i(t) = B \frac{1}{\sqrt{2\pi s_1 t}} e^{-\frac{1}{2s_1^2} \ln^2 \frac{t}{t_1}} + (1 - B) \frac{1}{\sqrt{2\pi s_2 t}} e^{-\frac{1}{2s_2^2} \ln^2 \frac{t}{t_2}},$$

где  $f_i(t)$  – это плотность распределения длительности импульсов шума;  
 $B$  – параметр, определяющий xTU-R или xTU-C;  
 $t_1, t_2$  - средние значения;  
 $s_1, s_2$  - параметры логнормального распределения.

Моменты появления импульсов можно представить следующей формулой:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t},$$

где  $f(t)$  – это плотность распределения моментов появления импульсов;  
 $\lambda$  – интенсивность появления импульсов.

Анализ существующих данных позволяет сделать вывод о том, что влияние внутрикомнатных устройств на передачу сигнала в системах связи достаточно тяжело представить общей универсальной моделью.

### Список литературы

1. Krejci J., Zeman T. Analyze of impulse noise // Knowledge in Telecommunication Technologies and Optics, КТТО, 2010.

*Материал поступил в редколлегию 09.10.18.*