

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА / TECHNICAL ASPECTS OF THE CONSTRUCTION

DOI: 10.18454/mca.2016.04.3

Величкин В.А.¹, Крестьянинова Е.А.², Белоцерковская В.Б.³, Елманова Е.С.⁴¹Кандидат технических наук, профессор, ²студент, ³студент, ⁴студент, Московский Государственный Строительный Университет.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация

Шум в строительстве немаловажный фактор. Он может создавать помехи при передаче информации по каналам связи, особенно, если сигналы малой мощности и информацию необходимо передать на дальнее расстояние. Таким образом, шум будет большой помехой в области автоматизации объектов, где без передачи информации на большое и малое расстояние не обойтись. Аналитическое исследование длительностей выбросов шума весьма сложно. Райсом было получено приближенное распределение длительности интервалов между моментами пересечения шумом нулевого уровня. Позднее были предложены также приближенные решения для достаточно высоких уровней. Первые экспериментальные сведения о распределении временных интервалов между нулями в нормальном шуме были получены Кэмпбеллом [1]. Недавно опубликовал свои исследования Блетекьер [2], получивший распределение длительности выброса шума, пропущенного через фильтр с полосой пропускания 440 – 10250 Гц на уровнях от 0 до 1,69 σ . В данной статье произведены более полные исследования и предоставлены результаты.

Ключевые слова: выбросы шума, шум, пропущенный через низкочастотный фильтр, полосовой фильтр, рэлеевский шум, нормальный шум, исследования шума.

Velichkin V.A.¹, Krestyaninova E.A.², Belotserkovskaya V.B.³, Elmanova E.S.⁴¹PhD in Engineering, Professor, ²Postgraduate student, ³ Postgraduate student, ⁴ Postgraduate student, Moscow State University of Civil Engineering

ENGINEERING AND ECOLOGICAL CONSTRUCTION AND MECHANIZATION, NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY MOSCOW STATE UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING

Abstract

Noise is an important factor in the process of construction. It can interfere with the process of rendering information through various communication channels, especially if these are low power signals and the information should be transmitted over a long distance. Thus, noise can be a considerable hindrance in the field of object automation, where transmission of information over large and small distances is absolutely necessary. Analytical study of the duration of noise emissions is a rather difficult task. Rice received an approximate distribution of the duration of intervals between the moments when noise passes zero level. Later, approximate solutions for sufficiently high levels have also been proposed. The first experimental data on the distribution of time intervals between zeros in normal noise were obtained by Campbell [1]. Bletekier [2] has recently published his research – he obtained the distribution of noise emission duration, which was passed through a filter with a bandwidth of 440 - 10250 Hz at the levels from 0 to 1.69. This article provides a more detailed study of the subject with the corresponding results.

Keywords: noise emissions, noise, passed through a low pass filter, band pass filter, Rayleigh noise is normal noise, noise studies.

Введение. При решении многих задач необходимо иметь данные о длительности выбросов и интервалов между выбросами шума на разных уровнях. Можно указать в качестве примеров задачи о взаимодействии шума на инерционное реле, об оценке помехоустойчивости приема с селекцией импульсов по длительности и другое.

Принцип измерения длительностей выбросов шума заключался в следующем: исследуемый шум подавался на двусторонний ограничитель, с помощью которого из шума на нужном уровне вырезались приблизительно прямоугольные импульсы, длительность которых равна длительности выбросов. Этими импульсами запускался генератор пилообразного напряжения, на выходе которого получалась последовательность импульсов с амплитудами, пропорциональными длительностям соответствующих выбросов. Таким образом, измерение длительностей сводилось к измерению амплитуд.

В качестве генератора шума использовался усилитель 28ИМ, на вход которого подключался германиевый диод. На выходе усилителя при специально подобранном диоде удавалось получить нормальный шум со среднеквадратичным значением напряжения порядка 2 В.

Шум с выхода усилителя пропусклся через фильтр с нужной частотной характеристикой, усиливался и подавался на двусторонний ограничитель. Эффективное напряжение шума на входе ограничителя поддерживалось равным 10 В по квадратичному вольтметру с постоянной времени 3 с. Раствор характеристики ограничился и не превышал 1 В и имелась возможность сдвигать эту характеристику на ± 150 В. Вырезанные из шума прямоугольники использовались для запуска генератора пилообразных импульсов. Измерительная часть установки была выполнена в трех вариантах.

Основная часть. Наиболее просто, но наименее точно, интегральное распределение длительности выбросов снималось с помощью осциллографа ЭО-7, на вход которого подавались пилообразные импульсы, и светометрической установки.

Второй вариант включал в себя усилитель УШ-2, в котором из заданного фронта пилообразных импульсов формировались импульсы с длительностью около 1,5 мкс и амплитудами, пропорциональными длительности выбросов. Интегральное распределение длительностей снималось с помощью интегрального дискриминатора, имеющегося в УШ-2, и пересчетной схемы ПС-10 000. Непосредственно дифференциальное распределение снималось дифференциальным анализатором ААДО-1 и ПС-10 000. Установка калибровалась с помощью генератора импульсов 104-И.

Большинство представленных ниже кривых было снято либо интегральным дискриминатором с последующим графическим дифференцированием, либо дифференциальным анализатором. При наладке аппаратуры для снятия новой серии кривых с новым фильтром производились контрольные измерения различными методами. Это позволяло обнаруживать и устранять погрешности, возникающие в различных элементах схемы. Точность полученных результатов зависит от многих факторов. Наибольший вес в данном случае имели неточности поддержания уровня шума по квадратичному вольтметру и нестабильность усиления УШ-2. Результирующая погрешность в измерениях не превышала 5% при времени усреднения более 1 минуты.

Исследовался нормальный шум на выходе фильтра с нижней граничной частотой $f_n = 350$ Гц и переменной верхней граничной частотой $f_b = 1620, 2570$ и 5130 Гц. Плоская часть частотной характеристики фильтра имела колебания не более 7%. Ввиду того что $f_b \gg f_n$ такие фильтры можно назвать приблизительно низкочастотными.

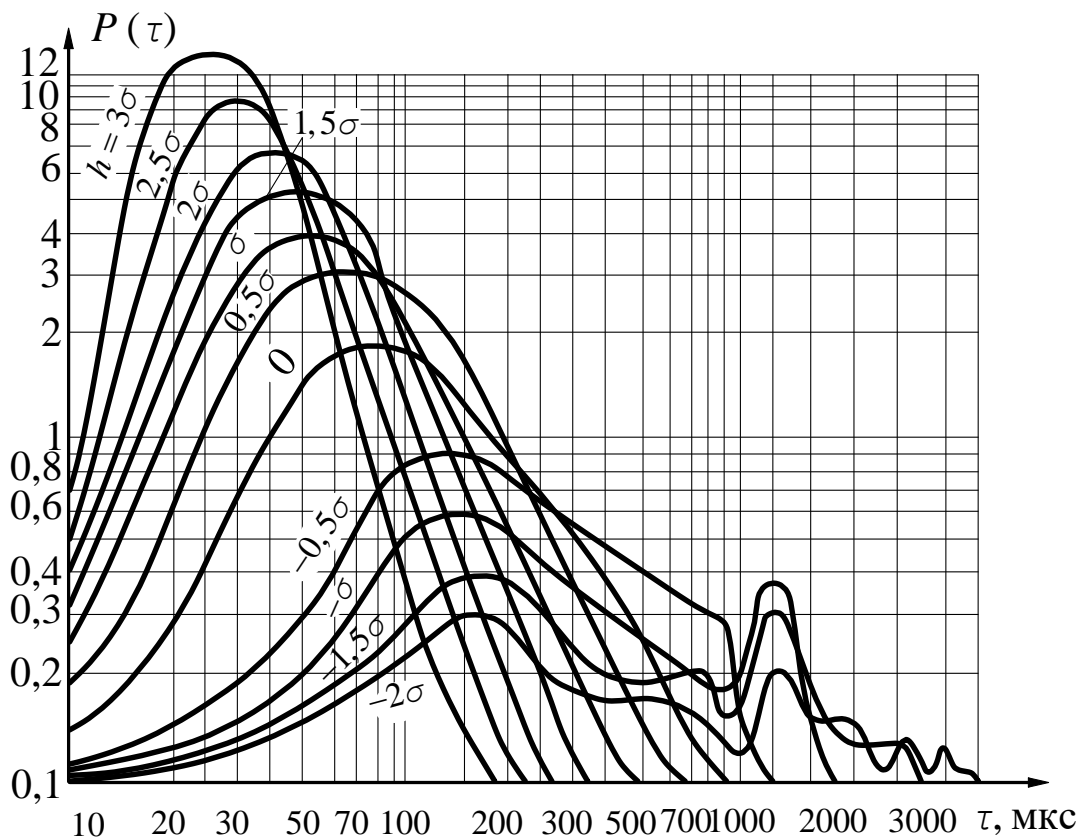


Рис. 1

Представлены кривые дифференциального распределения длительности выбросов для фильтра с граничной частотой $f_b = 5130$ Гц. Они снимались на уровнях $h = 0; 0,5\tau; 1,5\tau; 2\tau; 2,5\tau; 3\tau$. По оси абсцисс на графиках отложена длительность выбросов τ в микросекундах. Все кривые ограничивают одинаковую площадь.

Из представленных кривых видно, что с увеличением h максимумы распределений длительностей выбросов сдвигаются влево и уменьшается дисперсия этих распределений.

На рисунке 1 представлены также кривые распределения длительностей интервалов между выбросами, которые обозначены как кривые распределения длительностей выбросов на отрицательных уровнях $h = 0; -0,5\sigma; -\sigma; -2\sigma$.

Наличие затухающих колебаний в распределениях можно объяснить некоторой коррелированностью шума по моментам возникновения выбросов. Увеличение вторичных максимумов на более высоких уровнях говорит об увеличении корреляции.

В работе проведена проверка приближенных формул, описывающих распределение выбросов шума, по экспериментальным данным работы. Эта проверка показала, что для случая фильтра низших частот приближенные формулы дают достаточную точность при уровнях $1,02\sigma$ — $1,69\sigma$. Полученные результаты показывают, что и при более высоких уровнях точность приближенных формул оказывается высокой.

Нормальный шум пропускался через полосовой фильтр со средней частотой $f_0 = 1000$ Гц и полосой пропускания, принимавшей значения $\Delta f = 290, 370$ и 660 Гц. Частотная характеристика хорошо аппроксимировалась колокольной кривой.

На рисунке 2 представлены результаты экспериментальной проверки работы [3]. Пунктиром изображены расчетные, а сплошной линией — экспериментальные значения. Видно, что в случае полосового фильтра проверяемая формула дает правильный результат только при условии выше 2σ и при малой длительности.

Таким образом, в случае, когда шум имел колокольную форму спектра, точность приближенных формул, описанных в работе [4], оказалась ниже чем в случае шума, пропущенного через фильтр низких частот.

Для получения шума с распределением Рэлея использовались каскады УПЧ коротковолнового приемника, содержащие кварцевый фильтр с полосой пропускания 280 Гц и линейный детектор. Среднеквадратичное значение шума, описанного в работе [5] измерялось до детектора, а после детектора без переходных емкостей был включен двухсторонний ограничитель. В связи с выше сказанным в рассматриваемом случае все уровни на которых исследовались выбросы были положительными.

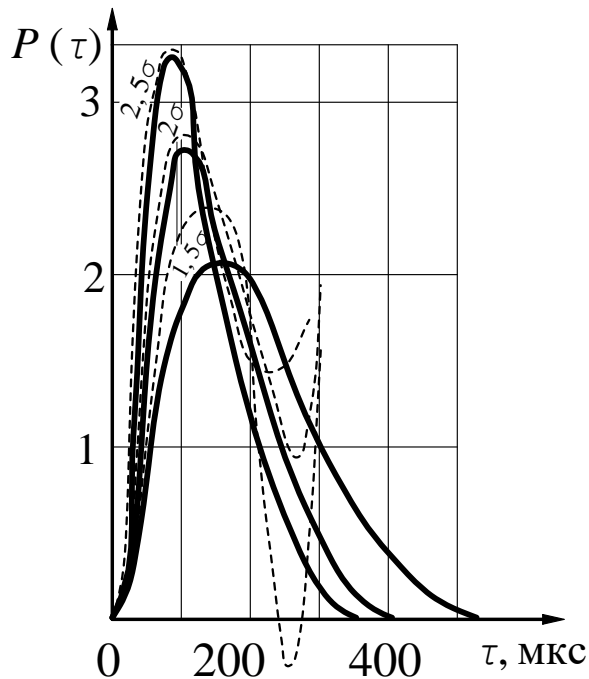


Рис. 2

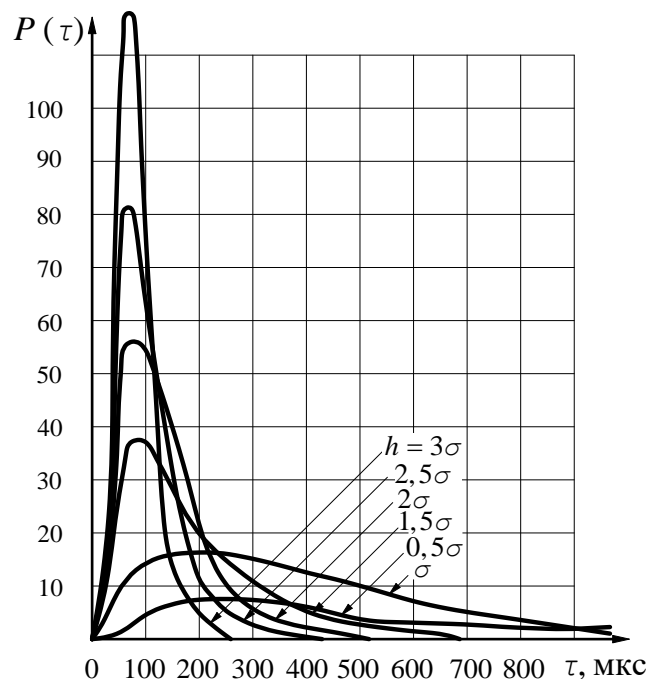


Рис. 3

На рисунке 3 изображены распределения длительностей выбросов шума, а на рисунке 4 — распределения длительностей интервалов между выбросами. Отсутствие в этих распределениях вторых максимумов даже на самых низких уровнях говорит о слабой корреляции выбросов рэлеевского шума.

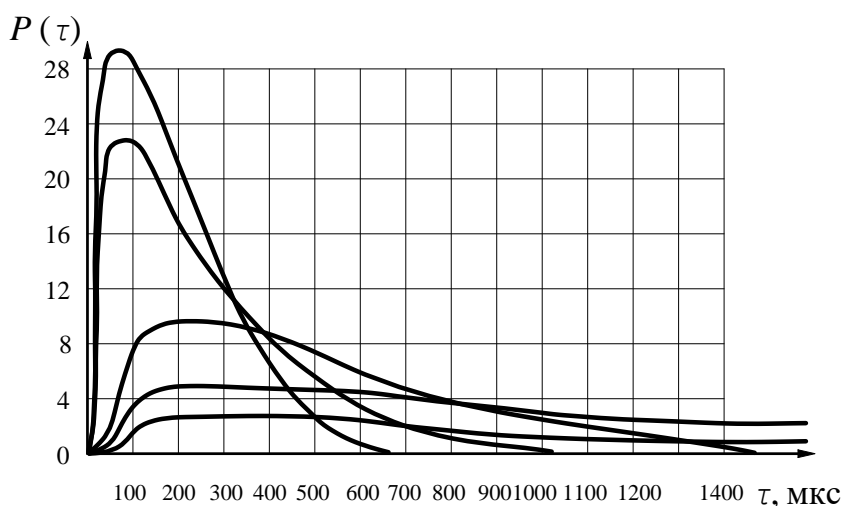


Рис. 4

Как видно из графиков, положения минимумов и максимумов при переходе к высшим уровням сдвигаются влево. Однако, если сравнить кривые распределения вероятности длительностей выбросов рэлеевского шума на рисунке 3 с кривыми, полученными для длительностей выбросов нормально шума, упомянутой в работе [6], имеющего примерно ту же ширину спектра $\Delta f = 290$ Гц, то можно убедиться, что в первом случае с уменьшением уровня положения максимумов смещаются значительно медленнее, чем во втором. Сами же максимумы у рэлеевского шума с уменьшением уровня падают гораздо быстрее.

Заключение. При автоматизации различных систем никак не обойтись без каналов связи. Известный факт, что шум несет за собой негативное воздействие на передачу информации. По итогу может приходиться искаженная информация или вовсе не доходить до адресата. Проведенная работа позволяет заключить, что известные, в настоящее время приближенные методы анализа длительностей выбросов шума дают удовлетворительный результат только на высоких уровнях при малой длительности выбросов. В других случаях целесообразно пользоваться экспериментальными результатами.

Литература

1. Райс С. Теория флуктуационных шумов / С. Райс ; пер. с англ. под ред. Н. А. Железнова // Теория передачи электрических сигналов при наличии помех. — М. : ИИЛ, 2003
2. Райс С. Теория флуктуационных шумов / С. Райс ; пер. с англ. под ред. Н. А. Железнова // Теория передачи электрических сигналов при наличии помех. — М. : ИИЛ, 2003
3. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов, Амиантов И.Н. — М. : Радиотехника, 2009.
4. Кендалл М. Теория распределений / М. Кендалл, А. Стьюарт ; пер. с англ. В. В. Сазонова, А. Н. Ширяева под ред. А. Н. Колмогорова. — М. : Наука, 1966
5. Горовецкая Т. А. Кумулянтный анализ $1/f$ шума / Т. А. Горовецкая, А. И. Красильников // Электроника и связь. — 2007. — № 6 (41)
6. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах / М. Букингем ; пер. с англ. Г. А. Сидоровой и др. — М. : Мир, 1986.

References

1. Rajs S. Teorija fluktuacionnyh шумов [Theory of fluctuation noises] / S. Rajs ; per. s angl. pod red. N. A. Zheleznova [translated from English. Edited by Zheleznova N.A.] // Teorija peredachi jelektricheskikh signalov pri nalichii pomeh [Theory of electrical signals transmission with noise]. — Moscow. : IIL, 2003 [in Russian]
2. Rajs S. Teorija fluktuacionnyh шумов [Theory of fluctuation noises] / S. Rajs ; per. s angl. pod red. N. A. Zheleznova [translated from English. Edited by Zheleznova N.A.] // Teorija peredachi jelektricheskikh signalov pri nalichii pomeh [Theory of electrical signals transmission with noise]. — Moscow. : IIL, 2003 [in Russian]
3. Tihonov V. I. Statisticheskaja radiotekhnika [Statistical radio technology] / V. I. Tihonov, Amiantov I.N. — M. : Radiotekhnika [Radio technology], 2009. [in Russian]
4. Kendall M. Teorija raspredelenij [Theory of distributions] / M. Kendall, A. St'juart ; per. s angl. V. V. Sazonova, A. N. Shirjaeva pod red. A. N. Kolmogorova [translated from English. V.V. Sazonov, A.N. Shiryayev, edited by Kolmogorov A.N.]. — M. : Nauka, 1966 [in Russian]
5. Goroveckaja T. A. Kumuljantnyj analiz $1/f$ shuma [Cumulative analysis of $1/f$ noise] / T. A. Goroveckaja, A. I. Krasil'nikov // Jelektronika i svjaz' [Electronics and Communications]. — 2007. — № 6 (41) [in Russian]
6. Bukingem M. Shumy v jelektronnyh priborah i sistemah [Noise in electronic devices and systems] / M. Bukingem ; per. s angl. G. A. Sidorovoj i dr. [translated from English by G.A. Sidorova and others] — M. : Mir, 1986. [in Russian]