

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ШУМА ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ЕГО СПЕКТРА НА СИГНАЛ НЧ-ТРАКТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ РАДИОСТАНЦИИ

В. Г. ШЕВЧУК, А. Ю. КУЛАЖЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. И. ТИТОВ

Белорусская железная дорога, г. Гомель

Рассмотрим математическую модель шума, в которой имеется частота первой гармоники шума и гармоники, кратные этой частоте, причем амплитуда каждой гармоники является случайной величиной. Частоту первой гармоники шума примем равной $f_{ш1} = 25$ Гц. Период повторения функции шума зависит от частоты первой гармоники и равен $T_{ш} = 1/f_{ш1}$.

В интервале моделирования $T_{мод}$, меньше периода $T_{ш} = 0,004$ с, функцию зависимости уровня шума от времени можно считать случайной и непериодической. Гармоника шума с номером N соответствует частоте $f_{шN} = f_{ш1} \cdot N$. Если принять количество рассматриваемых гармоник $N = 500$, то последняя рассматриваемая гармоника шума соответствует частоте $f_{ш500} = 25 \cdot 500 = 12500$ Гц.

Такой выбор диапазона учитываемых частот помех обусловлен амплитудно-частотными характеристиками железнодорожных радиостанций. В НЧ-тракте радиостанций частоты выше 3400 Гц подавляются с помощью активных фильтров. Соотношение между уровнем полезного сигнала и уровнем гармоник шумов частотой выше 10 кГц, как видно из амплитудно-частотных характеристик, например радиостанции РК-1Б, составляет более 60 дБ (более 1000 раз) и с повышением частоты только увеличивается. Поэтому при анализе спектр шума можно ограничить частотой $f_{ш500} = 12500$ Гц. В рассматриваемой модели амплитуда каждой гармоники шума является случайной величиной, подчиняющейся нормальному закону распределения.

Компьютерная программа MathCAD имеет встроенное средство генерации случайных чисел, подчиняющихся нормальному закону распределения, которое принимает параметры и возвращает массив случайных чисел, подчиняющихся заданным параметрам

$$U_b = rnorm(N, M, \sigma),$$

где N – количество возвращаемых случайных чисел, M – математическое ожидание случайной величины, σ – среднеквадратичное отклонение случайной величины.

Математическое ожидание уровня шума $M = 0$, среднеквадратичное отклонение амплитуды i -й гармоники примем равным $\sigma = 0,025$, количество возвращаемых случайных значений $N = 500$.

График зависимости амплитуд гармоник шума от номера гармоники приведен на рисунке 1, а. График спектра шума $U_{шp}(t)$ в нулевой момент времени $t = 0$ – на рисунке 1, б.

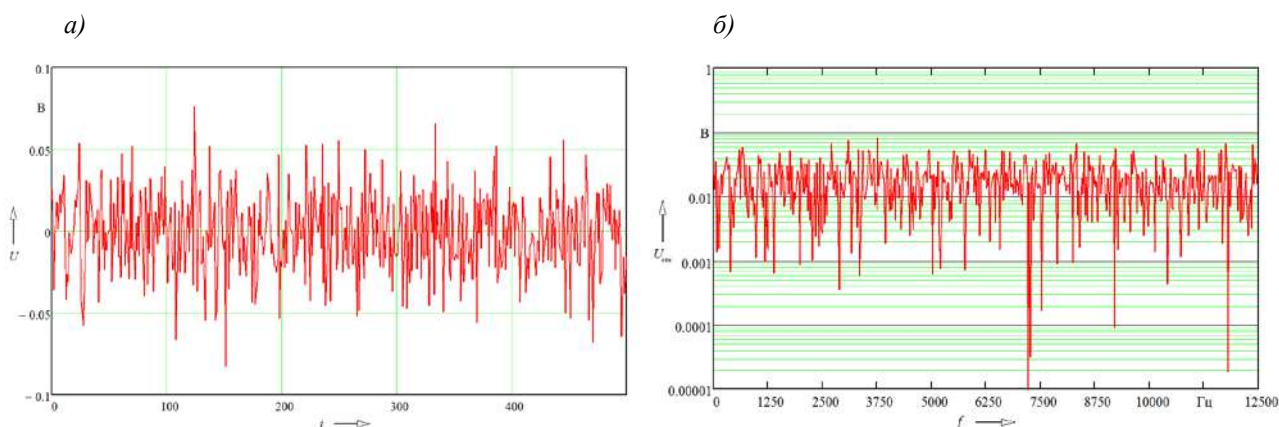


Рисунок 1 – Зависимость амплитуд гармоник шума от номера гармоники (а) и график спектра шума (б)

На рисунке 2, *а* дан график зависимости результирующей амплитуды шума от времени $U_{шр}(t)$, а на рисунке 2, *б* – график изменения результирующего напряжения сигнала при наличии шума от времени $U_{рез}(t)$.

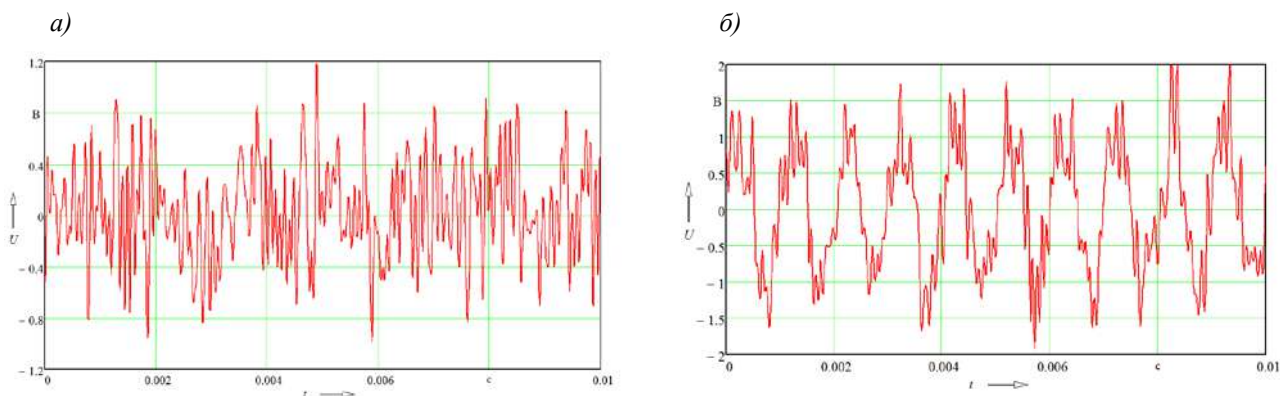


Рисунок 2 – Результирующая амплитуда шума (*а*) и изменение результирующего напряжения сигнала при наличии шума (*б*)

На рисунке 3, *а* приведен спектр сигнала с шумом в диапазоне частот от 0 до 20000 Гц, на рисунке 3, *б* – график сигнала с шумом, ограниченным по спектру до диапазона частот 300–3400 Гц в зависимости от времени.

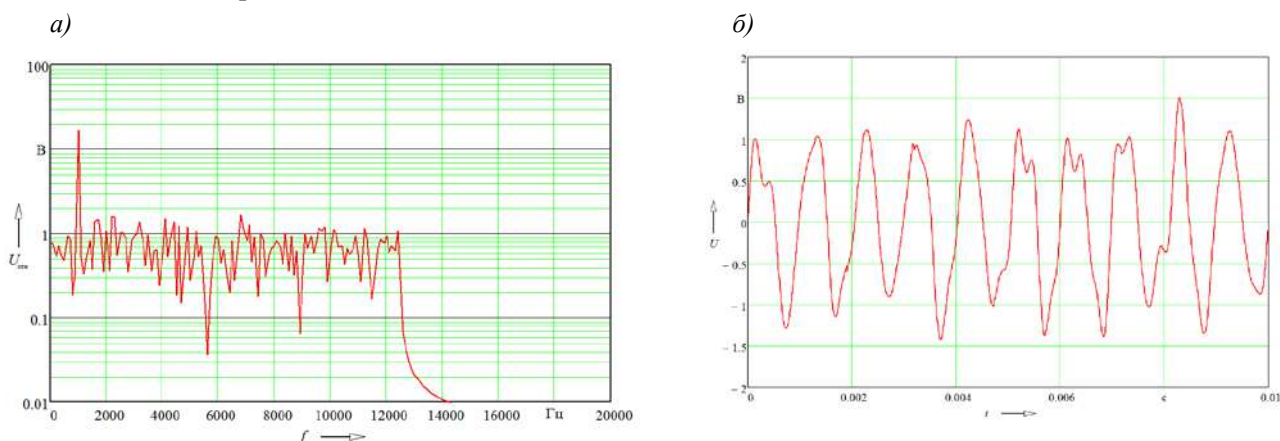


Рисунок 3 – Графики спектра сигнала с шумом в диапазоне частот 0–20000 Гц (*а*) и результирующего напряжения сигнала при наличии шума, ограниченного по спектру до диапазона частот 300–3400 Гц (*б*)

Результаты расчетов параметров модели шума с ограничением по спектру приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов параметров модели шума

Параметры шума	M , В	$\sigma_{в1}$	$U_{ср \text{ ампл}}$, В	$U_{действ}$, В	ОСШ, дБ	КНИ, %
Спектр в диапазоне 100–12500 Гц	0,024716	0,395	0,313	0,395	5,05	55,900
Спектр в диапазоне 300–3400 Гц	0,000541	0,224	0,178	0,284	9,99	31,650

Из таблицы 1 видно, что математическое ожидание функции шума M при ограничении спектра остается стремящимся к нулю. Ограничение спектра уменьшает не только среднее амплитудное значение сигнала по модулю $U_{ср \text{ ампл}}$, но и действующее напряжение $U_{ср \text{ ампл}}$, улучшая тем самым отношение сигнал/шум ОСШ и значение коэффициента нелинейных искажений КНИ.

Рассмотренная модель имеет ограничение по времени моделирования и ограниченный спектр, представленный дискретным набором гармоник. Преимуществом данной модели является непрерывная функция зависимости уровня шума от времени. Недостатком модели является невозможность прогнозирования амплитуды шума на этапе задания параметров модели.