ПОСТОЯННЫЙ КОМИТЕТ
СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА БЕЛАРУСИ И РОССИИ

ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЕВФРОСИНИИ ПОЛОЦКОЙ

XXXI научно-практическая конференция
«КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ»
6-7 октября 2026 года

ОПТИМАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ КАНАЛА УТЕЧКИ ДИСКРЕТНО-КВАНТОВЫХ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

В. К. ЖЕЛЕЗНЯК[1], К. Я. РАХАНОВ[1], А.Г. ФИЛИППОВИЧ[2] , М.М. БАРАНОВСКИЙ[2], Т. В. БОРБОТЬКО[3], С. В. ХАРЧЕНКО[1]

[1]Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Республика Беларусь
[2]Оперативно-аналитический центр при Президенте Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь
[3]Научно-исследовательский институт технической защиты информации г. Минск, 220088, Республика Беларусь

г. Москва

ВВЕДЕНИЕ

Свойство системы измерительной автоматизированной определяется свойствами и параметрами зондирующих измерительных сигналов (ИС), определяемых алгоритмом их формирования. Основными требованиями к таким информационным ИС является повышенная избирательность при их конечной длительности. Сигналы с повышенной селективностью приема позволяют снижать уровень взаимных помех, повышают точность и разрешающую способность.

ВВЕДЕНИЕ

В качестве ИС предложено использовать периодическую импульсную последовательность треугольной формы. ИС треугольной формы имеет преимущество перед гармоническим ИС в процессе выделения шума квантования, так как позволяет достичь более высокой точности при его обработке

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – оптимизация принципов оценки защищенности речевых сигналов (РС) при передаче с высокой точностью, высокой достоверностью для обнаружения каналов утечки информации (КУИ) информационного шума квантования, установления нормативных параметров оценки защищенности.

ОБОСНОВАНИЕ ОДНОПЕРИОДНОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ИС *s(t)*

Снижение методической и инструментальной неопределенности (погрешности) при одновременной возможности повысить чувствительность при оценке защищенности КУИ возможно при принципиально новых разработках методов и средств технической защиты РС.

Обосновано для оценки защищенности РС использование одноперiодного с периодом T_1 сигнала *s(t)*, который используют в полосах равной разборчивости.

АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ИС И ЕГО МОЩНОСТЬ

В каждую полосу равной разборчивости последовательно подают одноперiодный с периодом T_1 гармонический ИС амплитуды A_0 сигнал $s(t)$, из которого формируют автокорреляционный сигнал по формуле

$$\varphi(\tau)=\frac{1}{T_1}\int_{-T_1/2}^{+T_1/2} s(t)s(t-\tau)dt \quad ,$$

где τ – величина временного сдвига сигнала.

Затем определ $s(t)=A_0\cos(\omega\tau-\varphi)=A_0\cos\left(\frac{2\pi}{T_1}t-\varphi\right)$ едставляя

.

$$\varphi(\tau)=\frac{A_0^2}{2}\cos\omega\tau$$

В резу $\tau=0 \quad \psi(0)=\frac{A_0^2}{2}$, ют .

При $\psi(0)$ т.е. есть средняя за период мощность ИС.

ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ СИГНАЛА

При этом автокорреляционный сигнал $\frac{A_0^2}{2}\cos\,\omega\tau$ дифференцируют *n* кратно по времени с получением для *n*-й производной коэффициента увеличения амплитуды дифференцируемого сигнала $K=\left(j2\pi f_i\right)^n$.

Одновременно в каждой полосе равной разборчивости определяют мощность стационарного случайного шума, используя автокорреляционное преобразование по формуле

$$\psi(\tau)=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T_i}\int_{-T_1/2}^{+T_1/2}s(t)s(t-\tau)dt=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T_i}\int_{-T_1/2}^{+T_1/2}s(t+\tau)s(t)dt$$

ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ АВТОКОРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ СИГНАЛА

При $\tau = 0$ получается

$$\psi(0) = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{T_i} \int_{-T_1/2}^{+T_1/2} s^2(t) dt = \sigma^2$$

Отсюда видно, что $\psi(0)$ совпадает с дисперсией (средней мощностью) процесса.

Полученный сигнал шума дифференцируют *n* кратно с увеличенной амплитудой по среднеквадратичному закону в $K = \sqrt{(j2\pi f_i)^n}$ раз.

РЕШЕТЧАТЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ С δ-ФУНКЦИЕЙ

Затем осуществляют накопление дискретизацией (квантованием) по времени в фиксированные моменты времени *T*, заменяя сигналы *S(t)* решетчатыми в виде выделенных ординат (дискрет) немодулированной периодической последовательности δ-функций:

$$\delta_T^*(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \delta(t - mT)$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ДИСКРЕТИЗАЦИИ СИГНАЛА *S(t)*

Для получения периода дискретизации T_0 для каждой полосы равной разборчивости представим немодулированную периодическую последовательность в виде ряда Фурье $\delta_T^*(t) = \frac{2\pi}{\omega_0} \sum_{m=-\infty}^{\infty} e^{jk\omega_0 t}$,

где ω_0 - частота квантования по времени, совпадающая со средней частотой полосы разборчивости $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

где T_0 – период дискретизации гармонического измерительного сигнала, т.к. $\delta_T^*(t)$ максимально при $t = 0$.

Выходная величина дифференцированного сигнала *Sвых* преобразованием Фурье соответствует:

$$s_{вых}(t) = s \cdot \delta_T'(t) = s \cdot T_0 = s\frac{2\pi}{\omega_0} e^0$$

ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛ-ШУМ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИЩЕННОСТИ РС

После чего определяют отношение увеличенного усредненного значения мощности сигнала к усредненному значению мощности шума, а эффективность защищенности РС оценивают путем сравнения полученного отношения мощностей сигнал/шум к их нормативному значению.

Улучшение сигнал/шум при дифференцировании и накоплении ОСШ=200(30;105;166,67).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решена научная проблемная задача установления каналов утечки высококачественных речевых сигналов при цифровой обработке оптимальными измерительными сигналами и их оптимальной обработкой.

Впервые решена проблема обнаружения и защищенности каналов утечки с предельной точностью высококачественного речевого сигнала предложенным и обоснованным оптимальным измерительным сигналом и его обработка без искажения нелинейной ступенчатой функцией при весьма малом уровне сигнала в канале утечки информации. Так, при шаге квантования не менее $\Delta = 2^{-2b}$, где b – разрядность дискретизации, $b = 7$, дисперсии $\sigma = -53$ *дБ*. Исключена методическая погрешность решетчатой функции при обработке обоснованного одноперiодного сигнала $S(t)$ автокоррелированием, дифференцированием n-кратно и синхронном накоплением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспекты проблемы искусственного интеллекта в области комплексной защиты информации / В. К. Железняк, А. Г. Филиппович, К. Я. Раханов и др. // Искусственный интеллект в Беларуси : материалы III форума IT-академгорода, Минск, 10-11 окт. 2024 г / ОИПИ НАН Беларуси. – Минск, 2024. – С. 95–105.
2. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. для вузов / И. С. Гоноровский. – М.: Сов. радио, 1967. – Ч. 1. – 440 с.
3. Железняк, В. К. Защита информации от утечки по техническим каналам : учеб. пособие / В. К. Железняк. – СПб. : Изд-во ГУАП аэрокосмического приборостроения, 2006. – 188 с.
4. Стейн, С. Принципы современной теории связи и их применение к передаче дискретизированных сообщений / С. Стейн, Дж. Джонс ; отв. ред. Л. М. Финк. – М.: Связь, 1971. – 376 с.

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!