

1Н//291111К(039)

**IST** '10

24-25 ноября  
2010 года  
Минск, Беларусь

Материалы VI Международной конференции

**Информационные  
системы и технологии**

**IST'2010**

**Informational  
systems and technologies**

---

**INFOPARK**



**ИИ**



## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ КУИ В РЕЧЕВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

*В.К. Железняк, К.Я. Раханов*

Полоцкий государственный университет, НИОЭЛ ТЗИ  
телефон: +375 (29) 516 09 89, e-mail: K.Rakhanau@gmail.com

Представлены результаты исследования ЛЧМ-сигнала в качестве измерительного для обнаружения и оценки параметров и характеристик каналов утечки информации (КУИ), оценки принятых мер защиты и защищенности речевых КУИ. Снижен уровень порогового эффекта ЛЧМ-сигнала путем синхронного накопления. Методика оценивания параметров ЛЧМ-сигнала в шумах высокого уровня основана на его частотно-временном преобразовании (ЧВП). Показаны преимущества ЛЧМ-сигнала в отличие от гауссового шумового и гармонического сигнала.

**Введение.** Защита информации в значительной мере определяется тем, насколько полно проведены исследования по выявлению КУИ. Защиту информации объективно оценивают по выделению слабого сигнала в шумах высокого уровня в КУИ [1].

Важной составляющей оценки с высокой точностью защищенности объекта информатизации является обоснование выбора измерительного сигнала. Критерием выбора измерительного сигнала является оптимальный пороговый уровень (уровень различия измерительного сигнала на фоне помех).

**Шумовой сигнал.** Оптимальный пороговый уровень для сигнала и шума (подчиненных нормальному закону), который сводит к минимуму вероятность неправильного решения, представлен в [2]:

$$z_{\text{опт}} = \frac{\sigma_N \sqrt{2}}{\sigma_S / \sigma_N} \sqrt{\left[ \ln \left( 1 + \frac{\sigma_S^2}{\sigma_N^2} \right) - \ln \frac{p}{g} \right] \left[ 1 + \left( \frac{\sigma_S}{\sigma_N} \right)^2 \right]}, \quad (1)$$

где  $\sigma_S, \sigma_N$  – среднеквадратические значения сигнала и шума,  $p, g$  – вероятности наличия и отсутствия сигнала.

Используя (1), представим графически зависимость оптимального порогового уровня  $z_{\text{по}}$  от отношения сигнал/шум  $q$  (рис. 1). Для этого значения вероятностей оптимальный пороговый уровень измерительного шумового сигнала лежит в пределах от 3.72 дБ до 6 дБ и выше.

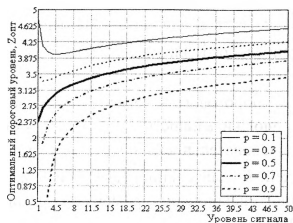


Рис. 1. Оптимальный пороговый уровень шумового сигнала

**Гармонический сигнал.** В работе [1] гармонический сигнал научно обоснован в качестве измерительного на базе корреляционной теории разборчивости речи и апробирован в аппаратуре СИА «К6-6», КИПА «ФИЛИН-А». Высокая селективность средства измерений решает задачу достоверного выявления всех видов КУИ речевого сигнала.

Гармонический сигнал позволяет обнаруживать слабые сигналы в шумах высокого уровня. При этом оценка шума исключает искусственные помехи и частично позволяет учесть реверберационные помехи и резонансные явления.

Погрешность измерения спектральной плотности гармонического сигнала обусловлена конечной длиной его реализации. Если синусоидальный сигнал ограничен длительностью  $T$ , то спектральная плотность представляет непрерывную функцию, определяемую мерой размытости [3]. Меру размытости устанавливают в виде половины ширины  $\Delta f$  пика спектральной плотности амплитуд, определяемую как разность частот двух точек на кривой, соответствующие половине максимальной интенсивности  $E_{\max}/2$  [4]. Для синусоиды конечной длительности  $T$  изображение Фурье является непрерывным распределением частот с огибающей, симметрично расположенной относительно точки  $f=f_c$ , т.е.  $\sin(\pi T(f-f_c))/\pi T(f-f_c)$ , где  $f_c$  – теоретическая частота.

**Сложный сигнал.** Применение ЛЧМ-сигналов позволяет расширить возможность оценки защищенности речи.

**Методика решений.** В [5] для решения задачи оценивания параметров сигналов использована функции плотности распределения сигнальной энергии Вигнера:

$$P_w(f, t) = \int_{-\infty}^{\infty} Z_{\#}^*(t - \tau/2) Z_{\#}(t + \tau/2) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau. \quad (2)$$

где  $Z_a(t) = Z(t) + j\bar{Z}(t)$  - есть аналитический сигнал,  $\bar{Z}(t)$  - преобразование Гильберта действительного сигнала  $Z(t)$ , \* - знак комплексного сопряжения.

Для снижения порогового эффекта использовано синхронное накопления. Продолжительность измерительного ЛЧМ-сигнала представляется последовательностью  $T_n = T \cdot n$ , где  $n$  - количество ЛЧМ-последовательностей,  $T$  - длительность ЛЧМ-сигнала.

После синхронного накопления применяют нормирование амплитуды накопленного сигнала.

**Полученные результаты.** Эксперимент выполнялся с использованием ЛЧМ-сигнала в полосе равноартикуляционной разборчивости речи от 100 до 420 Гц [1]. Длительность сигнала  $T = 1$  с.

Синхронное накопление смеси сигнала + шум показано на рис. 3.

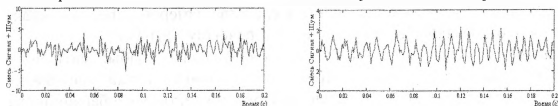


Рис. 3. Фрагмент смеси ЛЧМ-сигнала и шума до и после накопления

Для оценки интенсивности сигнала и шума используем ЧВП. На рис. 4 представлены частотные срезы ЧВП для различных моментов времени (0; 500 и 1000 мс). На рис. 5 отображено ЧВП ЛЧМ-сигнала в шумах, на котором можно проследить изменение уровня сигнала в диапазоне частот в зависимости от времени.

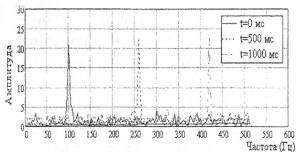


Рис. 4. Распределение Вигнера ЛЧМ-сигнала: частотные срезы распределения Вигнера в момент времени  $t = 0; 500$  и  $1000$  мс

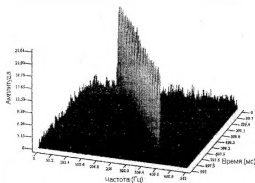


Рис. 5. Распределение Вигнера ЛЧМ-сигнала в шумах

Разборчивость речи оценивается по методике, изложенной в [1]. Измерение в разные промежутки времени мощности сигнала и шума при весьма малых значениях мощности сигнала в шуме обуславливает методическую погрешность. Измеренные в одном промежутке времени, сигнал + шум и шум исключают методическую погрешность. Предложенные обработки позволяют выделить слабый сигнал из шума.

На рис. 6 представлена зависимость отношения сигнал/шум на выходе вычислителя от отношения сигнал/шум на входе приемника. Из этой зависимости следует, что метод позволяет оценить уровень ЛЧМ-сигнала в шумах высокого уровня. При этом минимальный уровень измерительного сигнала может составлять более чем минус 20 дБ по отношению к уровню шума при заданном времени обработки.

**Заключение.** Локальная измерительная схема (ЛИС) в виде системы измерительной автоматизированной (СИА) для гармонического и ЛЧМ-сигналов обладает рядом преимуществ перед измерительной схемой для шумового сигнала. Для СИА установлены метрологические требования на величину погрешности, чувствительности.

Методика измерений СИА основана на корреляционной теории разборчивости речи для гармонического сигнала, для ЛЧМ-сигнала – на частотно-временном преобразовании и корреляционной теории разборчивости речи. Разборчивость СИА оценивает по информационному критерию (величина разборчивости речи) и энергетическому (ОСШ). Чувствительность СИА соответствует нулевым уровням для измеряемых информационных параметров физических полей наведенных сигналов.

Благодаря пространственной и оптимальной обработке слабых сигналов в шумах высокого уровня и исключение факторов, влияющих на точность оценки разборчивости речи ЛИС для ЛЧМ-сигнала исключает в большей мере влияние неравномерности АЧХ,

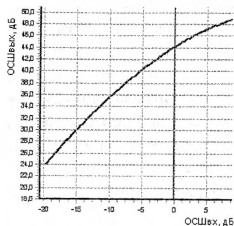


Рис. 6. Зависимость ОСШ на выходе приемника от ОСШ на входе вычислителя

реверберационных помех. Область применения ЛИС – оценка всех КУИ, присущих речевому сигналу по единому критерию – разборчивость речи.

ЛИС для шумового сигнала из-за слабой чувствительности, подвержена влиянию искусственных помех, не обладает пространственной обработкой сигнала. Измерительная схема для шумового сигнала не оценивает наличие слабых сигналов в шумах высокого уровня из-за слабой чувствительности метода обнаружения шумового сигнала в шумах. Порог обнаружения шумового сигнала выше уровня шумов либо маскирующих шумов. Метод не учитывает влияния результаты измерения по энергетическому критерию (ОСШ), не используется пространственная обработка. Метрологические характеристики не установлены.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Железняк, В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам: учебное пособие. ГУАП. –СПб., 2006. –188 с.
2. Тюрин, А.М. Введение в теорию статистических методов в гидроакустике. – Л.: ВМОЛА, 1963. – 250 с.
3. Бендат, Дж.С. Основы теории случайных шумов и ее применения. Пер. с англ., под ред. В.С. Пугачева. –М.: Наука 1965. –464 с.
4. Гарновский, Н.Н. Теоретические основы электропроводной связи. Ч.1. Общая теория линейных цепей с сосредоточенными постоянными. –М.: Связьиздат. – 1956. – 692 с.
5. Алексеев, А.А., Кириллов А.Б. Технический анализ сигналов и распознавание радиоизлучений. – СПб.:ВАС, 1998.–368 с.