

## СТРУКТУРНАЯ СКРЫТНОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ СИГНАЛОВ ШИРОКОПОЛОСНЫХ *xDSL* ТЕХНОЛОГИЙ

Шинкаренко И.В., Цопа А.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, кафедра ОПТ, тел. (057) 702-15-87,

E-mail: [novagenoff@gmail.com](mailto:novagenoff@gmail.com).

This report presents assess of structural secrecy linear signals of digital communication's systems based on *xDSL* technology. We obtain formulas for calculating the structural secrecy of different options of linear signals and examined ways to improve the potential of structural secrecy.

При разработке защищенных ведомственных систем связи (ВСС) одним из важных требований к физическому уровню этих систем является обеспечение безопасной передачи информации, связанной, прежде всего, со скрытностью системы связи. Так как эта задача обычно решается на сигнальном уровне, то правильный выбор параметров линейных сигналов, которые являются переносчиками информации, является важным этапом при проектировании цифровых систем передачи информации (ЦСПИ) [1].

В проводном сегменте ВСС для передачи мультимедийной информации в основном применяются ЦСПИ с широкополосными *xDSL* технологиями, которые используют многоуровневые линейные сигналы [2].

Известен метод определения потенциальной структурной скрытности сигналов, не требующий знания алгоритмов обработки на станции несанкционированного доступа [3-4]. Однако анализ структурной скрытности сигналов, применяемых в проводных ЦСПИ, пока отсутствует, что не позволяет провести комплексную оценку защищенности интегрированных ВСС от перехвата информации.

Цель доклада представить результаты анализа потенциальной структурной скрытности широкополосных линейных сигналов, используемых в различных видах *xDSL* технологий и нахождение путей ее увеличения.

Структурная скрытность определяется числом двоичных измерений, которые необходимо осуществить для раскрытия структуры сигнала. Общее выражение для потенциальной скрытности  $S_p$  имеет вид [5]:

$$S_p = \log_2 A \text{ [диз]}, \quad (1)$$

где  $A$  – ансамбль (арсенал) реализаций, определяемый количеством всех возможных значений каких-либо параметров сигнала.

Так как в современных проводных ЦСПИ применяются составные сложные сигналы, то структурная скрытность  $S_\Sigma$  в этом случае будет суммой структурной скрытности отдельных элементов сигнала

$$S_\Sigma = S_1 + S_2 + \dots + S_i = \log_2 A_1 + \log_2 A_2 + \dots + \log_2 A_i \text{ [диз]} \quad (2)$$

где  $A_1, A_2, \dots, A_i$  – количество (арсенал, ансамбль) всех возможных значений каждого из  $i$ -параметров составного сигнала.

Используя выражение (2) и (1) для потенциальной скрытности отдельных параметров линейных сигналов, в работе проведена оценка скрытности основных *xDSL* технологий (*SHDSL*, *ADSL* и *VDSL*), которые применяются при построении проводных ЦСПИ для ВСС.

Симметричная технология *SHDSL* использует сигналы с многоуровневой амплитудно-импульсной модуляцией *PAM-M* (*Pulse Amplitude Modulation*) с уровнем модуляции  $M = 4, 8, 16, 32, 64, 128$  ( $S_{QAM} = \log_2(M!)$ ) и формированием формы

линейного сигнала с помощью фильтра приподнятого косинуса  $RC$  (*Raise Cosines*), имеющего арсенал состояний коэффициента сглаживания фильтра  $A_{RS} = 128$ .

Стабильность тактовых генераторов ЦСПИ обеспечивает потенциальную скрытность сигнала  $S_f$ , которая определяется числом возможных значений параметра частоты легитимного модема  $f_{ЛК}$  в диапазоне частот разведки сигнала

$$S_f = \log_2 \left( \sqrt{12} \cdot \sigma_f / \Delta f \right), \quad (3)$$

где  $\Delta f$  – шаг дискретизации по частоте в приемнике-обнаружителе;  $\sigma_f$  – среднеквадратическое отклонение (СКО) частоты.

Тогда потенциальная скрытность определяется выражением:

$$S_{SHDSL} = S_f + S_{QAM} + S_{RS} = \log_2 \left( \frac{\sqrt{12} \cdot \sigma_f}{\Delta f} \right) + \log_2 (M!) + \log_2 (A_{RS}) \quad (4)$$

Высокоскоростная технология  $VDSL$  использует многочастотные  $DMT$  сигналы с модуляцией  $QAM$ . Потенциальная скрытность для сигналов  $DMT$  с  $N$  поднесущими частотами и дискретным изменением уровня мощности  $P_c$  линейного сигнала в пределах от  $-17$  до  $+17$  дБм с шагом  $1$  дБм (арсенал  $A_p = 34$ ) имеет вид

$$S_{VDSL} = S_f + S_{DMT} + S_{QAM} + S_p = \log_2 \left( \frac{\sqrt{12} \cdot \sigma_f}{\Delta f} \right) + \log_2 (N) + \log_2 (M!) + \log_2 (A_p). \quad (5)$$

Используя полученные выражения (4) и (5), можно провести сравнительный анализ структурной скрытности линейных сигналов различных  $xDSL$  технологий.

Данные о потенциальной структурной скрытности  $SHDSL$ ,  $ADSL$  и  $VDSL$  технологий при различных значениях отдельных параметров линейного сигнала представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Вид технологии	Тип сигнала	Количество поднесущих, $N$	Уровень модуляции, $M$	Скрытность $S$ , диз
<i>HDSL</i>	<i>PAM-16</i>	1	16	65
<i>SHDSL</i>	<i>PAM-128</i>	1	128	747
<i>ADSL</i>	<i>DMT QAM-256</i>	256	256	1720
<i>ADSL2</i>	<i>DMT QAM-1024</i>	512	1024	8839
<i>VDSL</i>	<i>DMT QAM-2048</i>	1024	2048	19700
<i>VDSL2</i>	<i>DMT QAM-4096</i>	2048	4096	43479

Приведенные результаты говорят о высокой потенциальной структурной скрытности сигналов, применяемых в современных цифровых технологиях передачи информации по кабельным каналам связи. Кроме того, из анализа табл. 1 следует, что  $VDSL$  технологии, использующие для передачи информации большое количество поднесущих частот и высокие уровни модуляции  $QAM$ , имеют значительное преимущество по сравнению с другими  $xDSL$  технологиями.

Исследования показывают, что для увеличения структурной скрытности ВСС необходимо не только расширять ансамбли применяемых сигналов, но и использовать оригинальные методы формирования линейных сигналов в ЦСПИ, что позволит применять  $xDSL$  технологии в проводных сегментах защищенных ВСС.

### **Заключение.**

1) В докладе рассмотрены вопросы оценки потенциальной структурной скрытности линейных сигналов проводных ЦСПИ без учета особенностей алгоритма обработки сигнала в приемнике-обнаружителе.

2) Для увеличения структурной скрытности сигналов, используемых в *xDSL* технологиях, необходимо расширять ансамбли линейных сигналов.

3) Применение оригинальных алгоритмов взаимодействия модемов отечественных ЦСПИ позволит повысить защищенность проводных сегментов ВСС.

### **Литература:**

1. *Хорошко В. А., Чекатков А. А.* Методы и средства защиты информации. – К.: ЮНИОР, 2003. – 504 с.

2. *Балашов В. А., Лашко А.Г., Ляховецкий Л. М.* Технологии широкополосного доступа *xDSL*. – М.: «Эко-Трендз», 2009. – 256 с.

3. *Захарченко Н. В.* Структурная скрытность таймерных сигналов в системах с кодовым разделением сигналов. / Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №2/9(50). – С. 7-9.

4. *Кувшинов О. В., Вознюк Р. В.* Оцінка структурної критичності широкосмугових сигналів. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУ «КПІ». – 2011. – № 1. – С. 106-111.

5. *Каневский З. М.* Теория скрытности / З. М. Каневский, В. П. Литвиненко. – Воронеж: ВГУ, 1991. – 144 с.