УДК 621.395

Орешков В.И., Барба И.Б., Егупова Е.П.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОМЕХ В СИСТЕМЕ
ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА G.FAST ПРИ ВАРИАЦИИ
ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА И ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛА**

Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова,

Одесса, Кузнечная 1, 65029

Oreshkov V.I., Barba I.B., Iegupova E.P.

**RESEARCH OF INTERFERENCE IN G.FAST SYSTEM OF BROADBAND
ACCESS WITH VARIATIONS OF THE SIGNAL PARAMETERS AND
CHANNEL CHARACTERISTICS**

O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,

Odessa, Kuznechnaya 1, 65029

Аннотация. В работе приведены результаты исследования интерференционных помех в системе передачи по технологии G.fast по отечественным телефонным кабелям типа ТПП. Дана оценка величины отношения эффективных значений интерференционной помехи и сигнала в зависимости от длительности защитного интервала и длины линии.

Ключевые слова: ортогональные гармонические сигналы, система передачи, интерференция, защитный интервал.

Abstract. In this paper we have given the results of interference noises research in the transmission system for G.fast technology on domestic telephone cable ТПП type. The estimation of the interference and signal effective values ratio depending on the guard interval duration and the line length.

Key words: orthogonal harmonic signals, transmission system, interference, guard interval.

Вступление.

За последние годы благодаря успехам применения цифровой обработки сигналов широкое распространение получили технологии передачи OFDM, которые используют для передачи информации ортогональные гармонические сигналы (ОГС) [1]. Главной причиной успеха систем передачи (СП) ОГС является гибкость в формировании группового OFDM-сигнала, что позволяет быстро адаптироваться к ненормированным и изменяющимся во времени характеристикам каналов передачи, например, радиоканалов и телефонных абонентских линий.

Многочастотная структура группового сигнала СП ОГС определяет специфические возможности адаптации этих СП к изменяющимся характеристикам канала передачи. Одна из таких возможностей заключается в вариации длительности защитного интервала в зависимости от величины линейных искажений в канале передачи.

Новейшей и самой перспективной среди СП ОГС, которые применяются для организации широкополосного доступа по телефонным абонентским линиям, является СП по технологии G.fast [2]. Данная технология обеспечивает широкополосный доступ на скоростях до 1 Гбит/с по многопарному телефонному кабелю, что обеспечивается использованием более 2000 несущих в полосе до 106 МГц. При таких условиях важно учитывать интерференционные помехи, которые могут оказывать существенное влияние на работу системы передачи и, соответственно, оптимизировать параметры линейного сигнала СП G.fast в зависимости от характеристик канала передачи.

В данной работе рассматривается исследование интерференционных помех при работе СП G.fast по кабелю ТПП-0,4 при разных вариантах длительности защитного интервала группового сигнала и длины абонентской линии.

Входные данные и методы.

Исследование проводилось путем аналитического моделирования работы СП G.fast по телефонному кабелю типа ТПП-0,4 при следующих исходных данных:

- маска спектра СП G.fast соответствует Рек. G.9701 МСЭ-Т [3];
- план частот до 106 МГц;
- для обеспечения электромагнитной совместимости с СП ADSL2+ используются каналы (l) – 43...2047;
- количество отсчетов интервала ортогональности (N)– 4096;
- количество отсчетов защитного интервала (L) варьируется в пределах 128...640
- среда передачи – телефонный кабель типа ТППЭп с диаметром жил 0,4 мм, параметры которого были получены из [4];
- длина линии (l_n) варьируется в пределах – 50...250 м;
- вид огибающей посылки линейного сигнала – традиционный («П»-образной формы).

Расчет интерференционных помех проводился в соответствии с методикой, описанной в работах [5] и [6].

Результаты. Обсуждение и анализ.

В соответствии с используемой методикой расчета интерференции, по частотным характеристикам определенных из [4], были рассчитаны импульсные реакции (ИР) $g(k)$. ИР соответствующие длинам линий передачи заданных исходными данными приведены на рис. 1. Количество отсчетов ИР (K) принималось равным 700, что больше количества отсчетов максимального из рассматриваемых защитных интервалов.

Интерференционные помехи оценивались как процентное соотношение эффективных значений помехи и сигнала h_l . В качестве примера, на рис. 2 *а* и *б* представлены трехмерные графики зависимости распределения интерференционных помех по каналам, в зависимости от момент начала интегрирования, при длине линии 50 м и длительности защитного интервала 128 и 256 отсчетов соответственно. На графиках: k_T – это момент начала интегрирования (обработки сигнала в приемнике), l – номер канала (несущей) СП G.fast.

Рис. 1. Импульсные реакции линии передачи СП G.fast при работе по кабелю ТППэп-0,4

Рис. 2. Распределение h_l по каналам СП G.fast в зависимости от k_T ($l_{\text{л}} = 50$ м, ТППэп-0,4 мм, $L = 128$ (a) и 256 (б))

Распределение по каналам (несущим) системы передачи отношения эффективных значений интерференционной помехи и сигнала h_l существенно зависит от момента начала обработки сигнала в приемнике k_T .

Для получения интегральных оценок помехозащищенности определено оптимальное значение отсчета начала интегрирования k_T , для которого среднеарифметическое по всем информационным каналам СП G.fast отношение

эффективных значений интерференционной помехи и сигнала h_k минимальное. Результаты определения оптимальных значений k_T для различных значений длительности защитного интервала L и длины линии $l_{\text{л}}$ сведены к табл. 1, а соответствующие значения среднеарифметического h_k при оптимальном значении k_T сведены к табл. 2.

Таблица 1

Оптимальные значения отсчета начала интегрирования k_T , отсчет

$l_{\text{л}}, \text{м}$	L					
	128	256	320	448	512	640
50	128	255	319	447	511	639
100	180	255	319	447	511	639
150	230	302	323	448	513	640
200	280	350	381	454	516	645
250	343	400	431	502	511	640

Таблица 2

Среднеарифметическое отношение эффективных значений интерференционной помехи и сигнала h_k при оптимальном значении отсчета начала интегрирования k_T , %

$l_{\text{л}}, \text{м}$	L					
	128	256	320	448	512	640
50	0,091	0,039	0,027	0,006	0,004	0,002
100	0,304	0,105	0,068	0,016	0,01	0,005
150	0,805	0,334	0,206	0,103	0,073	0,03
200	2,802	1,098	0,668	0,346	0,275	0,14
250	9,838	4,087	2,464	1,439	0,912	0,499

Для примера, на рис. 3 представлены графики зависимости h_l от номера канала l при оптимальных значениях k_T при длительности защитного интервала $L = 320$ отсчетов и вариации длины линии.

При анализе результатов можно отметить следующее:

- для эффективного противодействия интерференционным помехам требуется, чтобы длительность защитного интервала была не меньше длительности ИР, показателем чего может служить оптимальное значение

отсчета начала интегрирования – $k_T \approx L$, в этом случае интерференция пренебрежимо мала;

Рис. 3. Зависимость h_l от l при оптимальном k_T для СП G.fast при вариации длины линии (ТПП-0,4 мм, $L = 320$)

- при малой длине линии линейные искажения незначительные, соответственно даже минимальный защитный интервал ($L = 128$) позволяет эффективно противодействовать интерференции, так при длине 50 м $h_k = 0,091 \%$, что значительно меньше 1 %;

- при увеличении длины линии линейные искажения возрастают, что требует увеличения длительности защитного интервала, например, при длине 100 м, чтобы сохранить h_k на уровне $\approx 0,1 \%$ необходимо защитный интервал увеличить до 256 отсчетов, а при длине линии 150 м – до 448 отсчетов и т.д.

Заключение и выводы.

В работе было проведено исследование интерференционных помех в СП G.fast при работе по кабелю ТПП-0,4 при разных вариантах длительности защитного интервала группового сигнала и длины абонентской линии.

Были получены интегральные оценки помехозащищенности СП G.fast от интерференции при вариации параметров сигнала, а именно длительности защитного интервала, и характеристик канала передачи. Определены оптимальные значения отсчетов начала интегрирования и соответствующие значения среднеарифметических по всем информационным каналам СП G.fast отношения эффективных значений интерференционной помехи и сигнала.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что путем оптимизации длительности защитного интервала СП G.fast в зависимости от характеристик канала передачи можно эффективно бороться с интерференционными помехами.

Литература:

1. Балашов В. А. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами / Балашов В. А, Воробийченко П.П, Ляховецкий Л.М. – М.:Эко – Трендз, 2012. – 228 с.: ил.
2. "G.Fast Delivers Gigabit Broadband Speeds To Customers Over Copper (FTTdp)" / [Электронный ресурс] / Tim Verry (2013-08-05) // PC Perspective. – Режим доступа: <http://www.pcper.com/news/General-Tech/GFast-Delivers-Gigabit-Broadband-Speeds-Customers-Over-Copper-FTTdp>. – Дата доступа: 29.03.2015. – Заголовок с экрана.
3. ITU-T. Recommendation G.9701: Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification. – Apr. 2014-04-04. – Geneva, 2014. – 22 p.
4. Балашов В.А. Скорость доступа по многопарным телефонным кабелям на базе технологии передачи G.fast [Текст] / [В.А. Балашов, А.М. Зеленый, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий, В.И. Орешков, В.Н. Молога] // Зв'язок. – 2015. – № 6. – С. 46 – 48.
5. Ляховецкий Л.М. Дослідження інтерференційних завад у системах передавання за технологією ADSL2+ / Л.М. Ляховецький, І.Б. Барба, С.А. Заблоцький // Зв'язок. – 2012. – №4. – С. 6 – 9.
6. Орешков В.І. Оптимізація параметрів групового сигналу систем передачі ортогональними гармонічними сигналами узагальненого класу / В.І. Орешков, І.Б. Барба, О.П. Єгупова // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2016. – № 1. – С. 122 – 129.

Рецензент: д.т.н., проф., Балашов В.А.

Статья отправлена: 07.10.2016 г.

© Орешков В.И., Барба И.Б., Егупова Е.П.