

# Подавление нелинейного шума в высокоскоростных линиях связи с компенсацией дисперсии

**Е.Г. Шапиро, Д.А. Шапиро\***

<sup>1</sup>Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск

\*E-mail: [shapiro@iae.nsk.su](mailto:shapiro@iae.nsk.su)

DOI:10.31868/RFL2018.214-215

Волоконная оптика развивается уже несколько десятилетий. Для увеличения пропускной способности линий связи используется многоканальная передача информации, высокая скорость в отдельном канале, форматы кодирования высокого порядка и др. Одними из основных факторов искажения сигнала являются шумы усиления и нелинейные эффекты, сопровождающие распространение сигнала.

Рассмотрены два способа подавления керровской нелинейности в высокоскоростной линии связи с компенсацией дисперсии, передающей сигнал с четырьмя уровнями амплитудной модуляции: большое положительное chirпирование входных импульсов и большая отрицательная дисперсия. Показано, что одновременное использование этих способов существенно улучшает качество сигнала.

Выполнен численный расчет распространения сигнала в рамках нелинейного уравнения Шредингера для одного канала. Линия связи состояла из 20 секций вида

$$SMF(100 \text{ км}) + EDFA + DCF + EDFA.$$

Эрбиевые усилители полностью компенсировали затухание сигнала на участке волокна. Длина участка DCF выбиралась такой, чтобы обеспечить заданный уровень средней дисперсии  $\langle D \rangle$ . Входной сигнал задавался формулой

$$S(t) = \sum_n a_n(t - nT), \quad a_n(\tau) = B_n \exp\left(-\frac{\tau^2 - ic_n\tau^2}{2T_0^2}\right),$$

где  $B_n = B\xi_n$ ,  $\xi_n$  — значение случайной величины, которое с вероятностью 1/4 равно одному числу из множества  $\{1, 2, 3, 4\}$ . На приемном устройстве мощность сигнала усреднялась по битовому интервалу длительностью 25 пс. При  $\xi_n = 1$ , мощность импульса составляла 1.3 мВт, ширина — 6.7 пс. Параметр положительного chirпа  $c_n$  выбирался для каждого значения мощности импульса отдельно. Возможные значения параметра chirпа можно рассматривать как вектор  $c = (c_1, c_2, c_3, c_4)$ , здесь  $c_1$  соответствует импульсам с минимальной мощностью, а  $c_4$  — с максимальной.

На рисунках приведены гистограммы битовых значений на приемнике. На рис. 1(а) изображен график для нулевой дисперсии и нулевого начального chirпа:  $\langle D \rangle = 0$ ,  $c = (0, 0, 0, 0)$ . На рис. 1(б) приведен график для нулевой дисперсии и ненулевых параметров начального chirпа:  $\langle D \rangle = 0$ ,  $c = (15, 13, 19, 7)$ . На рис. 1(с) приведен график для ненулевой дисперсии и начального chirпа:  $\langle D \rangle = -1.2$  пс/(нм км),  $c = (15, 13, 19, 7)$ .

При большой отрицательной дисперсии линии связи усиление сигнала и компенсация дисперсии происходят в разных точках [1]. Поэтому усиливаются импульсы, которые шире начальных, а форма восстанавливается у импульсов с меньшей мощностью в силу затухания. Это уменьшает керровскую нелинейность. Положительное чирпирование вызывает быстрое уширение импульсов [2], что также уменьшает нелинейное взаимодействие сигнала.

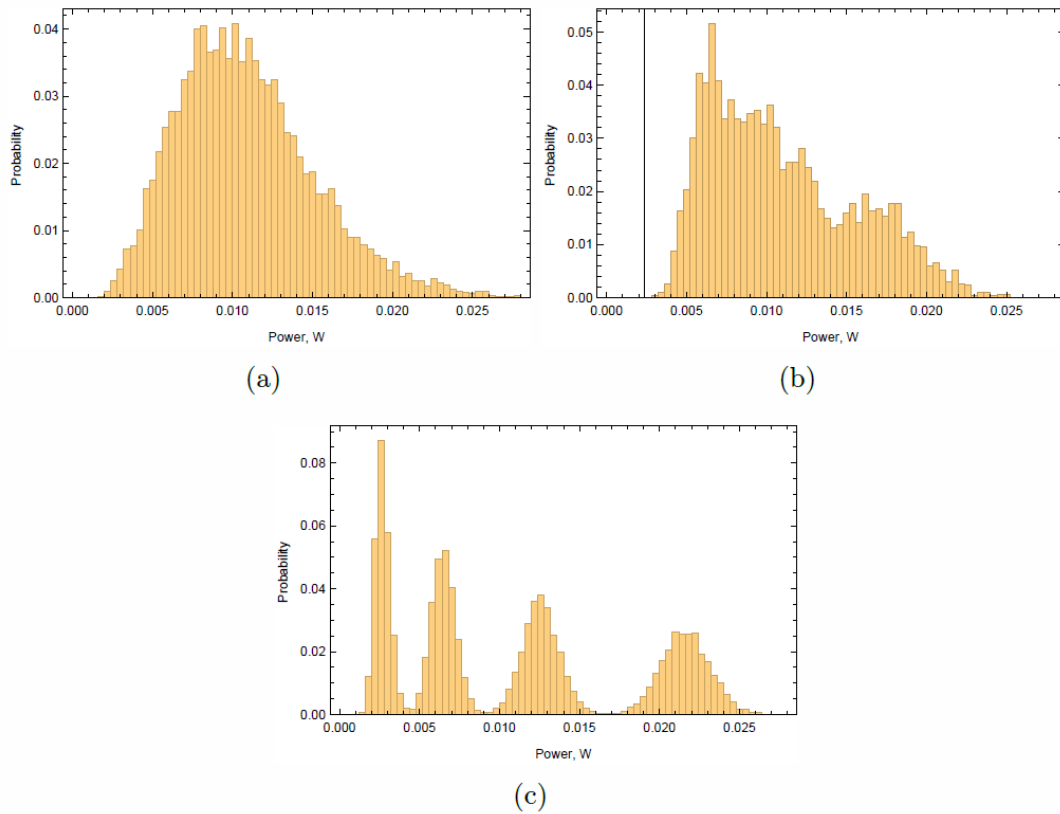


Рис. 1. Гистограммы распределений по амплитуде сигнала.

## Литература

- [1] E.G. Shapiro, M.P. Fedoruk et al, *Opt. Comm.* 250(1–3) 202-206 (2005).
- [2] G. P. Agrawal, *Nonlinear fiber optics*, Amsterdam: Elsevier, 2007, 529 pp.