

Оптимальное распределение входного сигнала канала связи, моделируемого нелинейным стохастическим уравнением Шредингера, с малой керровской нелинейностью

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН

Авторы: А.В. Резниченко (ИЯФ СО РАН), Е.В. Седов (НГУ), И.С. Терехов (ИЯФ СО РАН), А.И. Черных (ИАиЭ СО РАН).

Мы рассмотрели информационный оптический канал связи, описываемый нелинейным уравнением Шредингера с аддитивным гауссовским шумом. Используя представление через интеграл по траекториям для функционала плотности условной вероятности $P[Y|X]$, по аналогии с квантовой теорией поля нами была разработана теория возмущений по малому параметру керровской нелинейности (γ). Вычислены три первые члена разложения данного функционала. Далее нами рассмотрена реалистичная модель входного сигнала $X(t)$ и модель приемника выходного сигнала. На основе данных моделей при большом отношении мощности сигнала к мощности шума (это позволило нам использовать квазиклассическое приближение) вычислена условная энтропия $H[Y|X]$ и взаимная информация I_r в ведущем и следующем за ведущим порядке по нелинейности. На основе явного аналитического выражения для взаимной информации канала вариационной процедурой получено оптимальное распределение $P_{opt}[X]$ функционала плотности вероятности входного сигнала $P[X]$. Наконец, представлен метод построения входного сигнала с оптимальной статистикой для заданной формы несущего пакета. Показано, что отличие взаимной информации, вычисленной на оптимальном распределении $P_{opt}[X]$, от взаимной информации, вычисленной на гауссовском распределении, является величиной четвертого порядка малости по нелинейности (γLP)⁴. Теоретический анализ всех полученных аналитических результатов подтвержден численным моделированием.

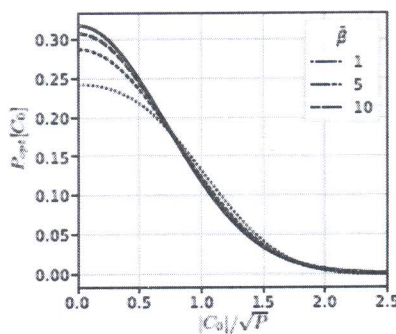


Рисунок 1: Характерная зависимость полученной оптимальной функции распределения входного сигнала от нормированной ($P=1$) амплитуды сигнала для разных параметров (безразмерной) второй дисперсии β для $(\gamma LP)^2=0.2$: точечная ($\beta=1$), пунктирная ($\beta=5$) и длинная пунктирная ($\beta=10$) линии соответствуют разным значениям β . Сплошная линия соответствует невозмущенному (гауссовскому) оптимальному распределению.

Публикация: A. I. Chernykh, E. V. Sedov, A.V. Reznichenko, I. S. Terekhov, Optimal input signal distribution for nonlinear optical fiber channel with small Kerr nonlinearity, Journal of the Optical Society of America B Vol. 39, Issue 3, pp. 810-820 (2022) <https://doi.org/10.1364/JOSAB.445376>.

ПФНИ 1.3.3.1. (Физика элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий). Государственное задание, тема № 1.3.3.1.4 Развитие и применение методов теоретической физики в ФЭЧ и космологии (FWGM-2022-0004).