

Использование прямого и когерентного детектирования в волоконно-оптических системах связи

Научный руководитель

к.ф.-м.н., доцент

Болецкая Татьяна Константиновна

Студент гр. *ФРБ-602-О-01*

Демочко Ярослав Олегович

Цель работы: изучить прямой и когерентный способы детектирования оптических сигналов в волоконно-оптических системах связи.

Для достижения этой цели нужно решить следующие задачи:

- 1. Изучить литературу, посвященную этой теме.**
- 2. Выполнить теоретические расчеты зависимостей вероятности ошибки от отношения сигнал/шум для прямого и когерентного детектирования сигналов с амплитудной (ASK) и дифференциальной фазовой (DPSK) модуляцией.**
- 3. Выполнить моделирование приема этих сигналов.**

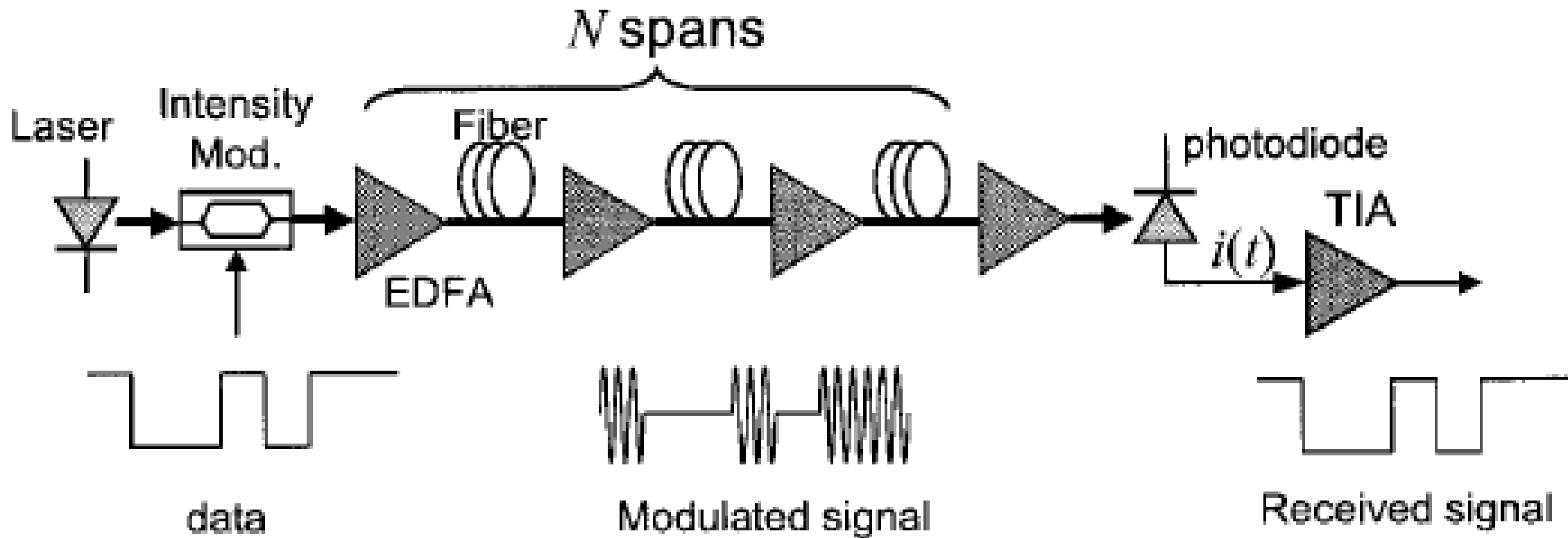


Рис. 1. Схема оптической системы связи, использующей амплитудный формат модуляции и прямое детектирование (DD — direct detection).

$$i(t) = R |A_s(t) + \tilde{n}_x(t)|^2 + R |\tilde{n}_y(t)|^2 \quad (1)$$

$$A_s(t) = \begin{cases} A, & \text{если передается 1} \\ 0, & \text{если передается 0} \end{cases}$$

$$p_e = \frac{1}{2} e^{-\frac{\rho_s}{2}} \left(1 + \frac{\rho_s}{2} \right) \quad (2)$$

$$\rho_s = A^2 / (4\sigma_n^2)$$

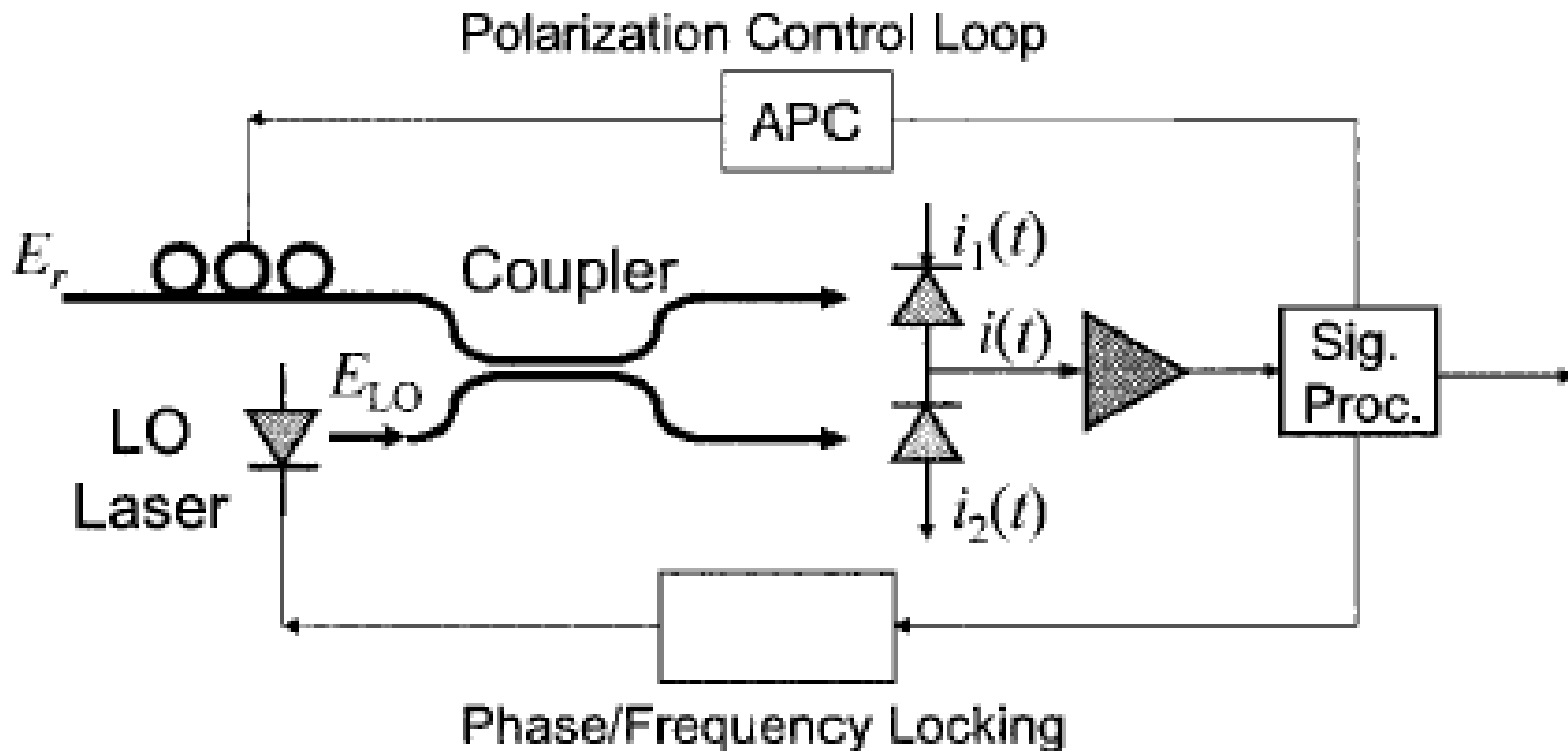


Рис. 2. Схема когерентного приемника с двумя фотодиодами. LO (local oscillator) лазер, coupler – смеситель, APC – автоматический поляризационный контроллер, Phase/Frequency locking – блок, обеспечивающий постоянство фазы или частоты, Sig. Proc. – решающее устройство.

$$S = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$i(t) = 2RA_L A_s(t) \cos[\omega_{IF}t + \varphi_s(t)] + \quad (4)$$

$$+ 2R \operatorname{Re} \left\{ \left[A_L \tilde{n}_x(t) + A_s(t) e^{j\varphi_s(t)} n_L(t) \right] e^{j\omega_{IF}t} \right\} + i_{sh},$$

$$s(t) = 2A_L A_s(t) \cos[\omega_{IF}t + \varphi_s(t)] \quad (5) \quad \varphi_s(t) = 0$$

$$A_s(t) = \begin{cases} A, & \text{если передается 1} \\ 0, & \text{если передается 0} \end{cases} \quad (6)$$

$$i(t) = \begin{cases} A + n_r(t), & \text{если передана 1} \\ n_r(t), & \text{если передан 0} \end{cases} \quad (7)$$

$$p_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{A}{2\sqrt{2}\sigma_n} \right) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{\rho_s}{2}} \right) \quad (8)$$

$$\operatorname{erfc}(x) = 2 / \sqrt{\pi} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt$$

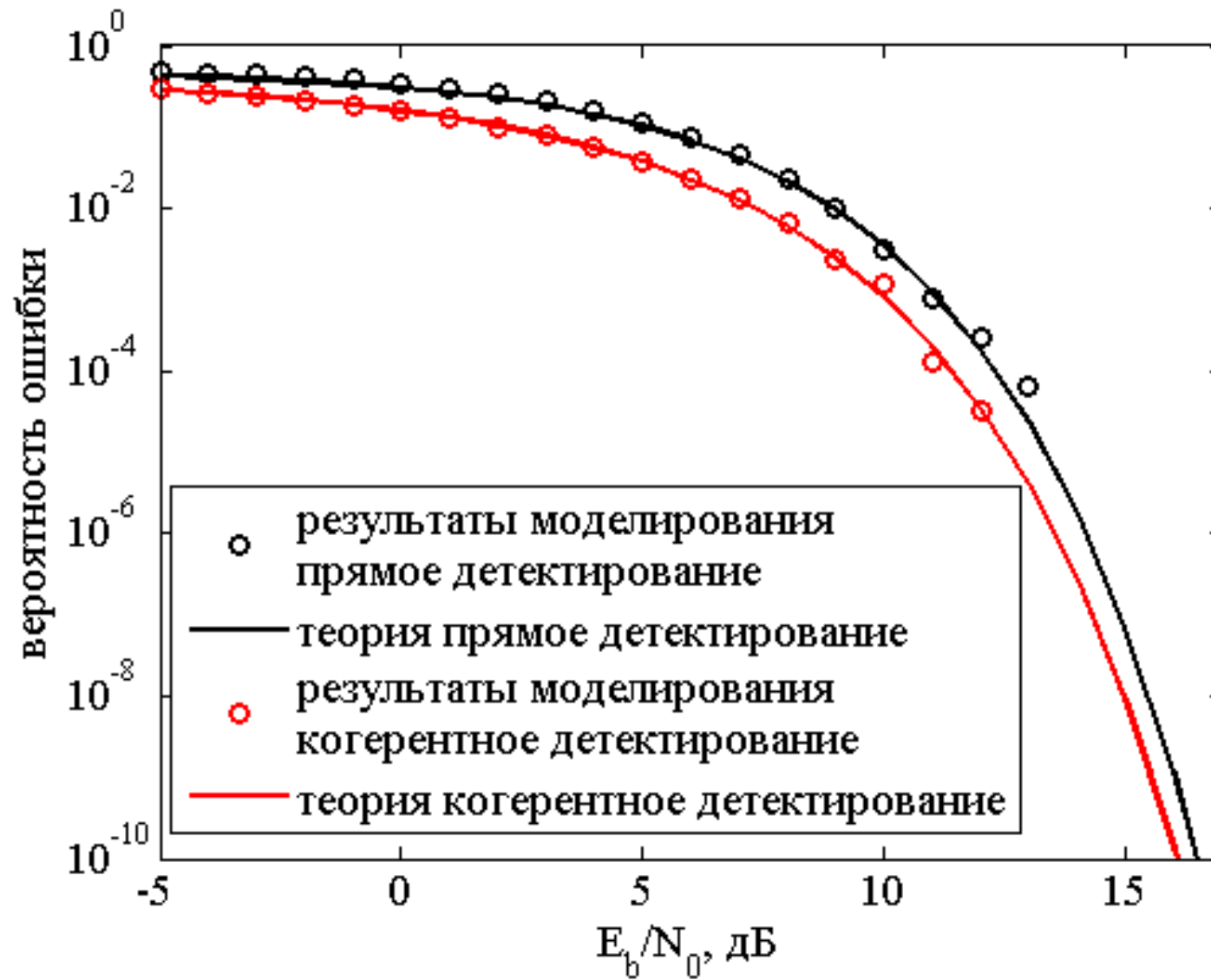


Рис. 3. Зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум для ASK сигналов при прямом и когерентном детектировании.

передатчик NRZ-DPSK

оптический NRZ-DPSK сигнал

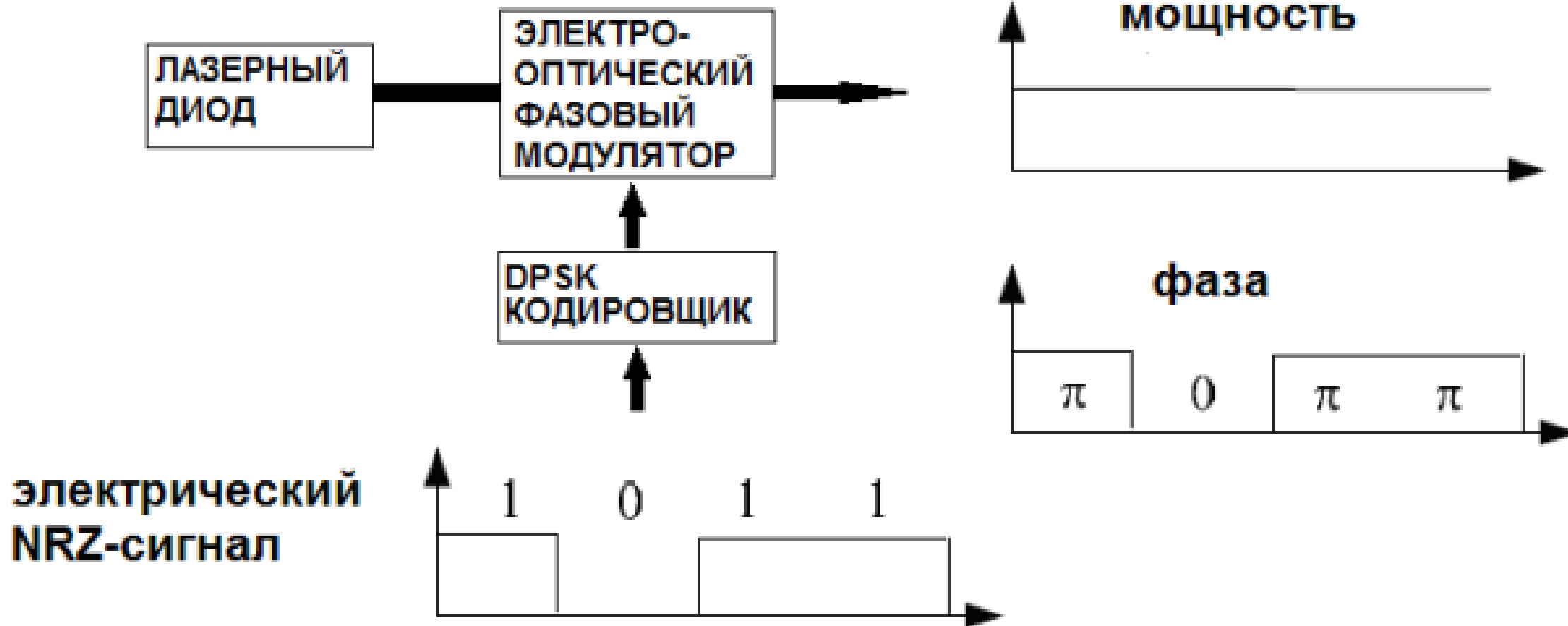


Рис. 4. Блок схема типичного DPSK передатчика

Номер бита, k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Информационное сообщение, $m(k)$		1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
Сообщение в дифференциальной кодировке (первый бит произвольный), $c(k)$	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Соответствующий сдвиг фаз, $\theta(k)$	π	0	0	π	0	0	π	0	0	0	π

Таблица 1. Дифференциальное кодирование

$$c(k) = c(k-1) \oplus m(k) \quad (9)$$

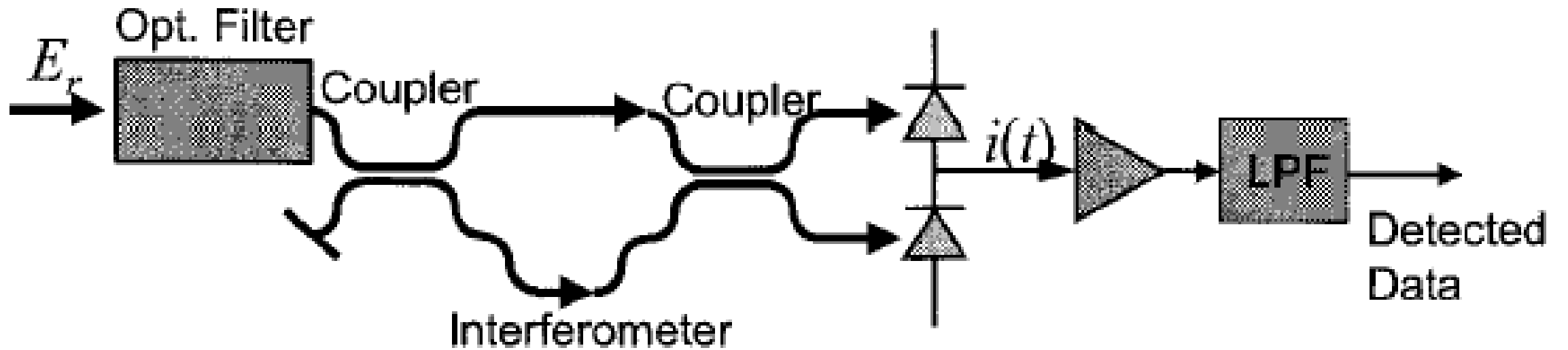


Рис. 5. Некогерентный приемник DPSK сигналов, использующий несимметричный интерферометр Маха-Цендера

$$i_1(t) = R \left| A + \frac{1}{2} [\tilde{n}_x(t) + \tilde{n}_x(t-T)] \right|^2 + \frac{R}{4} |\tilde{n}_y(t) + \tilde{n}_y(t-T)|^2 \quad (10)$$

$$i_2(t) = \frac{R}{4} |\tilde{n}_x(t) + \tilde{n}_x(t-T)|^2 + \frac{R}{4} |\tilde{n}_y(t) + \tilde{n}_y(t-T)|^2 \quad (11)$$

$$p_e = \Pr \{ i_2 > i_1 \} \quad (12)$$

$$p_e = \frac{1}{2} e^{-\rho_s} \left(1 + \frac{\rho_s}{4} \right) \quad (13)$$

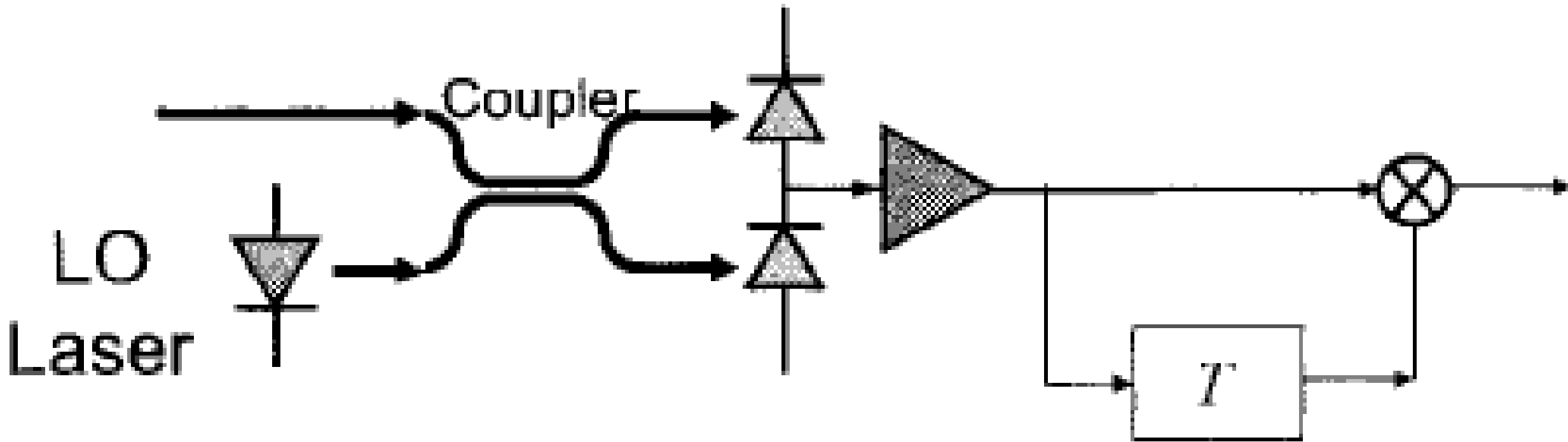


Рис. 6. Когерентный асинхронный DPSK приемник.

$$i_1(t) = \frac{1}{8} |\tilde{r}(t) + \tilde{r}(t - T)|^2 \quad (14)$$

$$i_2(t) = \frac{1}{8} |\tilde{r}(t) - \tilde{r}(t - T)|^2 \quad (15)$$

$$p_e = \Pr \{i_2 > i_1\} \quad (16)$$

$$p_e = \frac{1}{2} e^{-\rho_s} \quad (17)$$

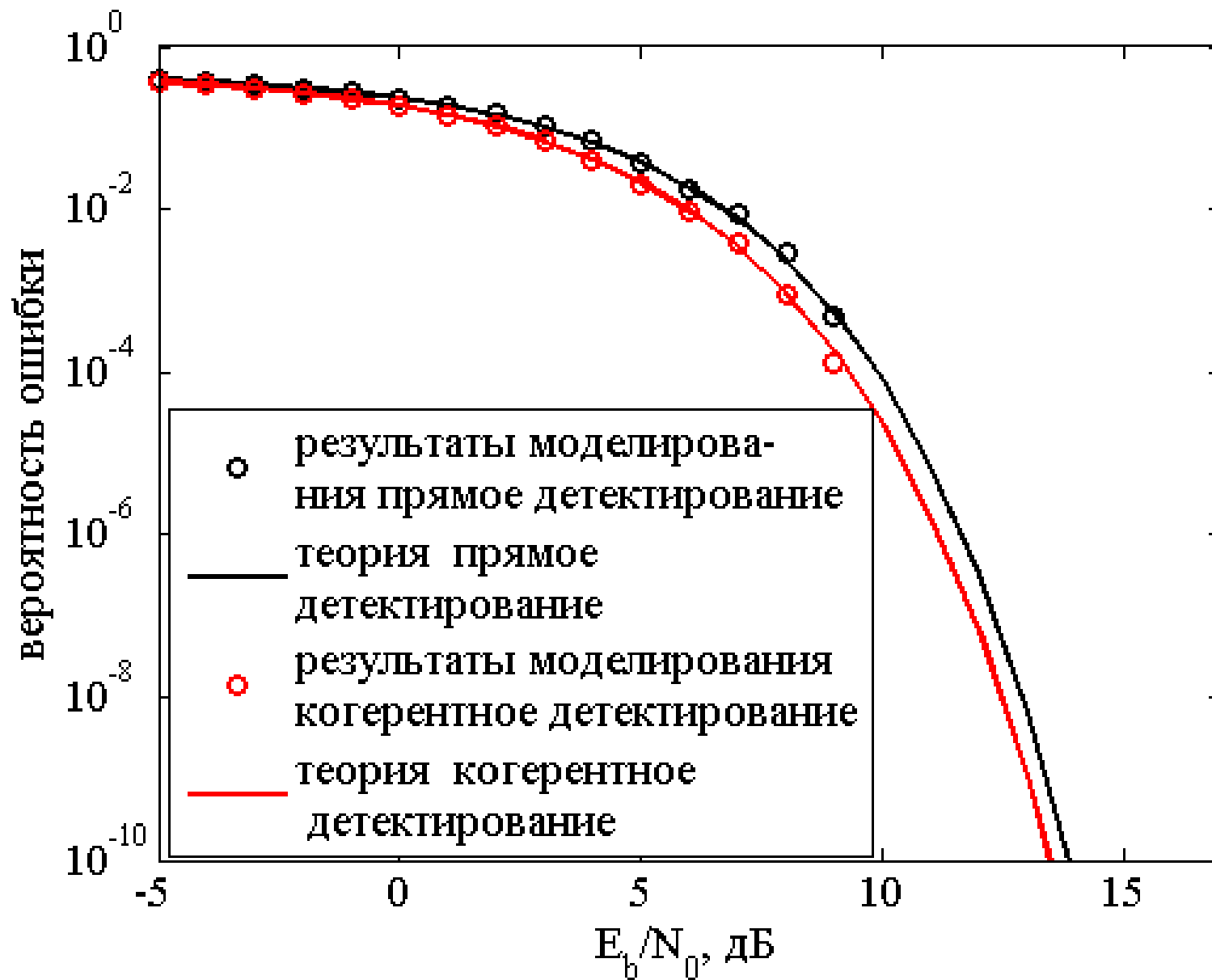


Рис. 7. Зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум для DPSK сигналов при прямом и когерентном детектировании.

Заключение

В ходе выполнения работы

1. Изучена литература, посвященная детектированию сигналов в волоконно-оптических системах связи.
2. Выполнены теоретические расчеты зависимостей вероятности ошибки от отношения сигнал/шум для прямого и когерентного детектирования сигналов с амплитудной (ASK) и дифференциальной фазовой (DPSK) модуляцией.
3. Выполнено моделирование приема этих сигналов.

Список литературы:

- [1] Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. Учебное пособие для вузов. М. Радио и связь. 1990. 224
- [2] Дэвид Бейли, Эдвин Райт Волоконная оптика. Теория и практика. М. Кудиц-Образ. 2006. с. 320
- [3] Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. М. Компания “Сайрус системс”. 1999. с. 663
- [4] Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. М. Радио и связь. 2000. с. 468
- [5] Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М. Техносфера. 2003. с. 500
- [6] Шарварко В.Г. Волоконно-оптические линии связи. Учебное пособие. Таганрог. 2006. с. 171
- [7] 2. Keang-Po Ho. Phase-Modulated optical communication systems. New York.: Springer, 2005. 439 p.
- [8] Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М. Издательский дом «Вильямс». 2003. с. 1104