

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

ОЛИМПИАДА-2018

11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ОТКРЫТЫЙ БИЛЕТ

1. Определите, чем ограничена длина регенерационного участка магистральной ВОЛС, использующей для передачи потока STM-16 оптическое волокно (ОВ) рек. G.652 ( $\alpha_{\text{ов}} = 0.25$  дБ/км,  $D = 16$  пс/км·нм) на центральной длине волны третьего окна прозрачности (С-диапазон), применяя при кодировании линейный код NRZ. Источник излучения – лазерный диод со спектральной шириной  $\Delta\lambda = 0.1$  нм. Мощность передатчика  $P_{\text{пер}}$  составляет 10 дБм, чувствительность приемника  $P_{\text{пр}} = -37$  дБм.

При расчете учесть: энергетический запас (6 дБм); потери на соединениях ОВ (разъемных (2 шт.,  $\alpha_{\text{рс}} = 0.3$  дБ), неразъемных ( $\alpha_{\text{нс}} = 0.1$  дБ при средней строительной длине 2 км).

Решение

Исходные данные:

- скорость передачи (STM-16)  $B = 2.5$  Гбит/с;
- рабочая длина волны  $\lambda = 1.55$  мкм;
- ширина спектра излучения источника  $\Delta\lambda = 0.1$  нм;
- уровень мощности, вводимой в ОВ  $P_{\text{пер}} = 10$  дБм;
- чувствительность приемника  $P_{\text{пр}} = -38$  дБм;
- энергетический запас  $M = 6$  дБм;
- коэффициент затухания ОВ  $\alpha_{\text{ов}} = 0.25$  дБ/км;
- удельная хроматическая дисперсия  $D = 16$  пс/км·нм;
- средняя строительная длина  $l_{\text{сд}} = 2$  км;
- параметры линейного тракта:  $N_{\text{рс}} = 2$ ;  $\alpha_{\text{рс}} = 0.3$  дБ;  $\alpha_{\text{нс}} = 0.1$  дБ.

Определим величину энергетического потенциала линии:

$$\mathcal{E} = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}} = 10 - (-38) = 48 \text{ дБм.}$$

Определим длину регенерационного участка по затуханию:

$$L_{\alpha} = \frac{\mathcal{E} - M - \alpha_{\text{рс}} N_{\text{рс}} - \alpha_{\text{нс}}}{\alpha_{\text{ов}} + \alpha_{\text{нс}} / l_{\text{сд}}} = \frac{48 \text{ [дБ]} - 6 \text{ [дБ]} - 0,3 \text{ [дБ]} \cdot 2 - 0,1 \text{ [дБ]}}{0,25 \text{ [дБ/км]} + 0,1 \text{ [дБ]} / 2 \text{ [км]}} = 137 \text{ км.}$$

Определим длину регенерационного участка по дисперсии:

$$L_D = \frac{1}{4BD\Delta\lambda} = \frac{1}{4 \times 2,5 \times 10^9 \text{ [бит/с]} \times 16 \times 10^{-12} \text{ [с/нм} \times \text{км]} \times 0,1 \text{ [нм]}} = 62,5 \text{ км.}$$

Сравним полученные длины регенерационных участков по затуханию и по дисперсии:

$$L_{\alpha} = 137 \text{ км} > L_D = 62,5 \text{ км.}$$

Таким образом, длина регенерационного участка ограничена дисперсией и составляет 62.5 км.

*Ответ:*

1. Длина регенерационного участка ограничена дисперсией.
2.  $L_D = 62.5$  км.

2. Определите, выполняется ли условие одномодового режима распространения световой волны для оптического волокна с диаметром сердцевины  $d_c = 6$  мкм; относительной разностью показателей преломления сердцевины и оболочки  $\Delta = 0,005$ ; показателем преломления оболочки  $n_2 = 1,447$  на длине волны  $\lambda_p = 1,3$  мкм. В ответе также указать значение длины волны отсечки ( $\lambda_{отс}$ ).

*Решение*

1. Определяем величину показателя преломления сердцевины:

$$n_1 = \frac{n_2}{1 - \Delta} = \frac{1,447}{1 - 0,005} = 1,454.$$

2. Определяем величину длины волны отсечки:

$$\lambda_{отс} = \frac{d\pi\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{2,405} = \frac{d\pi n_1 \sqrt{2\Delta}}{2,405} = \frac{6\pi \cdot 1,454 \sqrt{2 \cdot 0,005}}{2,405} = 1,139 \text{ мкм.}$$

3. Полученная длина волны отсечки  $\lambda_{отс} = 1,139$  мкм  $<$   $\lambda_p = 1,3$  мкм, таким образом, условие одномодового режима распространения световой волны выполняется.

*Ответ:*

1. Условие одномодового режима выполняется.
2. Длина волны отсечки  $\lambda_{отс} = 1,14$  мкм.

3. По кабелю передается 12 аналоговых телевизионных программ. Определите минимальную требуемую полосу частот (МГц). Учтите, что использовано частотное разделение каналов и ширина защитного интервала составляет 20% ширины спектра канального сигнала.

*Решение*

Минимальная полоса частот требуется при использовании АМ ОБП. В этом случае модулированный сигнал занимает полосу 6,5 МГц, равную ширине спектра первичного ТВ сигнала, и ширина защитного интервала равна 1,3 МГц. Следовательно, требуется 12 полос для передачи сигналов и 11 защитных интервалов, то есть 92,3 МГц.

*Ответ:* 92,3 МГц.

4. Алфавит источника задан таблицей:

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x_i$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $x_6$ | $x_7$ | $x_8$ |
| $P_i$ | 0,2   | 0,34  | 0,15  | 0,14  | 0,01  | 0,05  | 0,05  | 0,15  |

Символы в последовательности на выходе источника статистически независимы. Передача производится по двоичному каналу, длительность импульса  $10^{-3}$  с. Определите среднюю скорость передачи информации (бит/с, букв./с) при использовании равномерного кода и кода Шеннона – Фано.

*Решение*

1. При использовании равномерного кода (буквы занумерованы трехбитовыми комбинациями)  $L = 3$  бит дв. символа/букв. Скорость создания информации источника  $V_n = H(X) = 2,5083$  бит/букв.;  $E_p = L_{\min}/L = 2,5083/3 = 0,8361$ . Техническая скорость передачи в канале:

$$VT = 1/\tau_n = 1000 \text{ имп./с.}$$

Тогда скорость передачи информации:

$$VT \cdot VH/L = 1000 \cdot 2,5142/3 = 838 \text{ бит/с} \quad \text{либо}$$

$$VT/L = 333,3 \text{ букв./с.}$$

2. При использовании кода Шеннона – Фано имеем кодовую таблицу (возможны варианты):

| $X_j$ | $P_j$ | Комбинация |
|-------|-------|------------|
| X2    | 0,2   |            |
| X1    | 0,34  |            |
| X3    | 0,15  |            |
| X4    | 0,14  |            |
| X8    | 0,01  |            |
| X6    | 0,05  |            |
| X7    | 0,05  |            |
| X5    | 0,015 |            |

Средняя длина комбинации  $L = 2 \times 0,25 + 2 \times 0,2 + \dots + 4 \times 0,01 = 2,63$  дв. симв./букв. =  $= 2,45$  имп./букв., скорость передачи равна  $VT/L = 1000/2,63$  букв/с =  $380$  букв./с, либо  $VT \times VH/L = 1000 \times 2,5083/2,63 = 953$  бит/с, т. е. обе скорости выше  $E_p = L_{\min}/L = 2,5083/2,63 = 0,9537$ .

В ответах могут быть незначительные отклонения, т. к. возможны варианты при кодировании.

*Ответ:*

При использовании равномерного кода – 838 бит/с.

При использовании кода Шеннона – Фано – 953 бит/с.

5. В прямоугольном волноводе с размерами  $72 \times 34$  мм и воздушным заполнением распространяется волна основного типа. Длина волны генератора  $\lambda = 12$  см. По волноводу необходимо передать мощность 9 МВт, не вызывая пробоя. Определите предельную мощность. Если она окажется меньше 9 МВт, то для ее повышения волновод следует заполнить диэлектриком и найти относительную диэлектрическую проницаемость. Для сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении пробивное значение напряженности электрического поля составляет 30 кВ/см.

*Решение*

Сначала определим предельную мощность для волны  $H_{10}$  в волноводе с воздушным заполнением ( $\epsilon = 1$ ):

$$P_{\text{пред}} = \frac{E_{\text{пред}}^2}{4w_0} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} = 8.08 \text{ МВт.}$$

Так как требуемая мощность меньше 9 МВт, то для повышения электрической прочности волновод заполним диэлектриком. В этом случае выражение для  $P_{\text{пред}}$  должно удовлетворять неравенству

$$P_{\text{пред}} = 14.68 \cdot 10^6 \sqrt{\varepsilon - 0.695} \geq 9 \text{ МВт.}$$

Из него находим  $\varepsilon$ :

$$\sqrt{\varepsilon - 0.695} \geq \frac{9 \cdot 10^6}{14.68 \cdot 10^6}.$$

$$\varepsilon = 0.38 + 0.695 \cong 1.1.$$

*Ответ:*  $\varepsilon = 1.1$ .