Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и

информатики»

Практика

«BER»

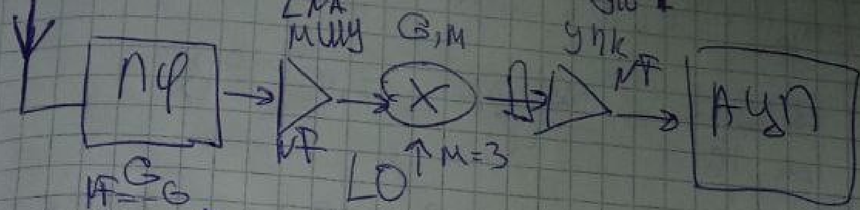
Выполнил:
Шаповал Н.О.
Группа: ИА-232
Проверил(а): Калачиков А.А

Новосибирск 2025

$P_r = P_T + G_T + G_R - 20\log_{10}\frac{4\pi d}{\lambda}$ м

$P_l = 32{,}44 + 20\log_{10} d + 20\log_{10} F$ км

24 В



$F = F_1 + \frac{F_2}{G_1} + \frac{F_3}{G_1 G_2} + \frac{F_4}{G_1 G_2 G_3} + \frac{F_5}{G_1 G_2 G_3 G_4}$

$F_1 = 10^{0,1 \cdot NF} = 10^{0,3}$

$10\log_{10} x = -2$

B-4 — Практика — BER

№1

ПФ₁	МШУ	Смеситель	ПФ₂	УПЧ
G = −2 дБ	G = 3, NF = 2	G = −3	G = −4	G = 14, NF = 4

$F_1 = 10^{0,1 \cdot NF_1} = 10^{0,2}$

$F_2 = 10^{0,1 \cdot NF_2} = 10^{0,2}$

$F_3 = 10^{0,1 \cdot 3} = 10^{0,3}$

$F_4 = 10^{0,4}$

$F_5 = 10^{0,4}$ 1,58

0,92 0,79 2,39 6,01

$F = 10^{0,2} + \frac{10^{0,2} - 1}{10^{-0,2}} + \frac{10^{0,3} - 1}{10^{-0,2} \cdot 10^{0,3}} + \frac{10^{0,4} - 1}{10^{-0,2} \cdot 10^{0,3} \cdot 10^{-0,3}} + \frac{10^{0,4} - 1}{10^{-0,2} \cdot 10^{0,3} \cdot 10^{-0,3} \cdot 10^{-0,4}} =$

$= 11{,}69 \Rightarrow 10\log_{10}(11{,}69) \approx 10{,}67$

№2

Мин. ур-нь сигнала на входе приемника

h^2_{min}

$= 10^{0,2} +$

R_b, мбк

$R_S = \frac{R_b}{\log_2 M}$; $T = \frac{1}{R_S}$

$B = \frac{1}{T} = R_S$

min

№2

SNR_{out} - ?

P_{r} = ?

S - ?

+S

по графику BER переносим

$S = -174 + 10\log_{10} B +$

$SNR = \frac{E_s}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} + 10\log_{10}(\log_2 M)$

$2 \quad 10^5 = ? \quad \log_{10} 2 =$

$$SNR = 12{,}2 + 10\log_{10}(\log_2 4) = 12{,}2 + 3 = 15{,}2 \text{ dB}$$

$$S = -174 + 10\log_{10}(B) + NF + SNR$$

$$R_S = \frac{R_b}{\log_2 M} = \frac{28 \text{ Мбит/с}}{\log_2 16} = \frac{\text{Мбит/с}}{4 \text{ Гц}} = 7 \cdot 10^6 \text{ бит/с} = B$$

$$S = -174 + 10\log_{10}(7 \cdot 10^6) + 10{,}67 + 15{,}2 \approx -79{,}67 \text{ dBm}$$

Представление сигналов в комплексном виде.

$$V_c(t) = \mathrm{Re}\{V(t) e^{j2\pi f_c t}\}$$

фазор

$V_c(t)$ — Реальный РС.

$V(t)$ — КНЧ

$e^{j2\pi f_c t}$ — компл. несущ.

Переменная во времени комплекс. амплитуда

$$V(t) = A(t) e^{j\varphi(t)}$$

N3

$P_r = P_t + G_t + G_r - PL(d)$

$G_t = 7$ dBi

$G_r = 2$ dBi

$h_{BS} = 30$ м

$h_{MS} = 2$ м

$f = 900$ МГц

Модель потер X_{ATT}

① $P_{t\,min}$

$BER = 10^{-4}$

$d = 1$ км

② $P_t = 35$ dBm

d-max-?

$BER = 10^{-3}$

③ $P_t = 35$ dBm

$h_{BS} = 30м \cdot 2 = 60м$

$BER = 10^{-4}$

d-max-?

$X_{ATT} = 69.55 + 26.16 \cdot \log_{10}(f) - 13.83 \cdot \log_{10}(h_{BS}) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_{BS})) \cdot \log_{10}(d) - a_1$

1) $a_1 = (1.11 \log_{10}(f) - 0.7) \cdot h_{MS} - (1.56 \cdot \log_{10}(f) - 0.8) = 2.854$

$PL(d) = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f) - 13.83 \cdot \log_{10}(h_{BS}) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_{BS})) \cdot \log_{10}(d) - a_1 \approx 125.04$ dB

$K = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К

$T = 290$ К

$N_0 = KT$ — спектр. плотность шума

$N_0 = 4.002 \cdot 10^{-21}$ Вт/Гц

$P_r = \frac{E_b}{N_0} \cdot N_0 \cdot R = 16.6 \cdot 4.002 \cdot 10^{-21} \cdot 28 \cdot 10^6 = 1.86 \cdot 10^{-12}$ Вт

$P_r = 10 \log_{10}\left(\frac{1.86 \cdot 10^{-12}}{10^{-3}}\right) = -87.3$ dBm

$P_t = P_r - G_t - G_r + PL(d) = -87.3 - 7 - 2 + 125.04 = 28.74$ dBm

2) BER 10^{-3}, $E_b/N_0 \approx 10.5$ dB (11,22)

$P_r = 11.22 \cdot 4.002 \cdot 10^{-21} \cdot 28 \cdot 10^6 = 625 \cdot 10^{-12}$ Вт

$P_r = 10 \log_{10}\left(\frac{1.25 \cdot 10^{-12}}{10^{-3}}\right) = -89$ dBm

$P_r = P_t + G_t + G_r - PL(d)$

$-89 = 35 + 7 + 2 - (69.55 + 26.16 \cdot \log_{10}(900) - 13.83 \cdot \log_{10}(30) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(30)) \cdot \log_{10}(d)$

$144.9 - 6.55 \log_{10}(30) \cdot \log_{10}(d) = 69.55 + 26.16 \cdot 2.954 - 13.83 \cdot 1.477 - 1.34 = 105.7$

$\log_{10}(d) = 0.775$

$d = 10^{0.775} \approx 5.96$ км

③ BER 10^{-4} = 12,2 dB

$P_r = -87.3$ dBm

$PL(d) = P_t + G_t + G_r - P_r = 35 + 7 + 2 - (-87.3) = 131.3$ dB

$PL(d) = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f) - 13.83 \cdot \log_{10}(h_{BS}) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_{BS})) \cdot \log_{10}(d) - a_1$

$\log_{10}(d) = 0.313 \Rightarrow d = 10^{0.313} = 2.05$ км

Практика №4

$P_t = 35$ дБм
$G_t = 5$ дБ
$G_r = 1$ дБ

коэф. шума

$\sigma_s = 6$ дБ – стандарт. откл.

$p = 3.5$ – откл. затенения

$d_0 = 100$ м – опорное р-е

QAM-16
R = 28 мбит/с
BER = 10^{-4}
F = 10,67 дБ

① В-сть прерывания связи на 1, 2, 5 км

② При какой мощности P_t – в-сть прер. на 3 км < 0.01 – ?

$PL(d) = 74 + 10 \cdot p \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right)$

d = км

$PL(d_1) = 74 + 10 \cdot 3.5 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{0.1}\right) = 224$ дБ

$P\{P_r < P_{min}\} = Q\left(\frac{P_t - PL(d) - S}{\sigma}\right) =$

$Q\left(\frac{35 - 224 - (-73,67)\ dBm}{6}\right)$ (–18.3)

$Q\left(\frac{-110}{6}\right) = \int \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} du =$

$= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-x^2/2} + \frac{1}{4} e^{-2x^2/3} =$

$d_1 = 1000$ м $\Rightarrow PL(d_1) = 74 + 10 \cdot 3,5 \cdot \log_{10}\left(\frac{1000}{100}\right) = 109$

$d_2 = 2000$ м $\Rightarrow PL(d_2) = 74 + 10 \cdot 3,5 \cdot \log_{10}(20) = 119,535$

$PL(d_3) = 74 + 35 \log_{10}(50) = 133,465$ дБ

$P_r = P_t + G_t + G_r - PL(d) +$

$P_{r_1} = 41 - 109 = -68$ дБм

$P_{r_2} = 41 - 119,535$ дБм $= -78.535$ дБм

$P_{r_3} = 41 - 133,465 = -92,465$ дБм

$Q\left(\frac{-73,426 - (-68)}{6}\right) \approx Q(0,9043) \approx 0,8173$;

$P_{out}(1000) = 1 - 0,8173 \approx 0,1827$ дБ.