

# Енергийно проектиране на телекомуникационен канал за пренос на данни

## 1. Цел

С енергийното проектиране на телекомуникационен канал се цели да се определи чувствителността на приемника при зададена достоверност на приетата информация, след което при известни параметри на средата за разпространение да се изчисли минималната мощност на предавателя. В други случаи при зададена мощност на предавателя може да се изчисли максималната дължина на телекомуникационната линия – разстоянието между приемника и предавателя.

Методиката за енергийно проектиране се подчинява на основното неравенство на връзката. Мощността на приетия сигнал трябва да бъде по-голяма от чувствителността на приемника  $S_{RX}$ :

$$P_{RX} = P_{TX} - L_p > S_{RX} \quad (1).$$

Във формулата величините са в логаритмичен мащаб и  $P_{TX}$  е изходната мощност на предавателя dBm,  $P_{RX}$  е мощността на приетия сигнал в dBm, а  $L$  е затихването в средата за разпространение в dB .

Ако се знае чувствителността на приемника, максимално допустимите загуби се определят посредством:

$$L_p = P_{TX} - S_{RX} \quad (2).$$

Другият вариант е при известно затихване да се определи минималната мощност на предавателя:

$$P_{TX} = L_p + S_{RX} \quad (3).$$

## 2. Чувствителност на приемниците

При цифровите комуникационни системи чувствителността на приемника се изчислява въз основа на определено отношение сигнал шум, при което се постига зададен коефициент на двоична грешка. Тя зависи и от коефициента на шума на приемника. Мощността на шума, в логаритмични единици при пренебрегнат вътрешния шум на приемника се определя с:

$$P_n = N_o + 10\lg(BW) \quad (4).$$

Тук  $N_{RX}$  е мощността на шума в [dBm],  $N_o$  е спектралната плътност на мощността на топлинния шум в [dBm/Hz] и  $BW$  е широчина на честотната лента в [Hz]. Приема се модел на канал с адитивен бял Гаусов шум. Спектралната плътност на мощността на топлинния шум се изчислява с:

$$N_o = k_B T \quad (5),$$

където  $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$  [J/K] е константата на Болцман, а  $T$  е температурата в [K]. При температура  $T = 293.16$  K (20°C) плътността на мощността на шума е  $N_o = -174$  dBm/Hz. Връзката между температура в Келвин [K] и градуси по Целзий [°C] се изчислява с:

$$T [K] = T [^{\circ}C] + 273.16 \quad (6).$$

При зададена максимална работна температура от формули (5) и (6) се изчислява спектралната плътност на мощността на шума.

Нека с  $S/N$  се означи необходимото отношение сигнал шум на енергии за постигане на зададена вероятност за грешка:

$$S/N = E_b/N_o \text{ [dB]} \quad (7).$$

Минималната чувствителност на приемника (необходимата минимална мощност на приетия сигнал) с използване на (4) и (7) се получава от:

$$P_s = S_{\min} [\text{dBm}] = P_n + E_b / N_o = N_o + 10 \lg(BW) + E_b / N_o + 10 \lg(\log_2 M) \quad (8).$$

Тук  $M$  е кратността на модулация.

### 3. Определяне на максимално допустимото затихване

1. Изчислява се максималната работна температура в [K] - (6).
2. Определя се енергията на топлинния шум – (5).
3. От зададената широчина на работната честотна лента с (4) се изчислява мощността на шума в приемника.
4. Със зададената кратност на модулация и необходимото отношение сигнал шум, за постигане определена вероятност за грешка, се определя минималната мощност на приетия сигнал – (8);
5. При зададена мощност на предавателя от (2) се изчислява максимално допустимото затихване. Ако е зададена ефективната изходна стойност на напрежението на предавателя, мощността на предадения сигнал, изразена в dBm се получава с:

$$P_{TX} [dBm] = 10 \lg \left( \frac{U_{out}^2}{0.001 \cdot R} \right) \quad (9),$$

$R=50\Omega$  за радиопредавател или коаксиален кабел RG 58.

$R=100\Omega$  за усукана двойка.

6. Знаейки типа на средата за разпространение, от максимално допустимото затихване и работната честота може да се изчисли максималната дължина на телекомуникационната линия – разстоянието между приемника и предавателя.

- а. За коаксиален кабел или усукана двойка се използват каталожни данни за затихването във функция от разстоянието и честотата. Обикновено се дава като затихване на 100m за определена честота;
- б. При зададено свободно пространство (радио среда) да се приложи опростен модел на загуби от разпространение за идеална среда и изотропни антени в предавателя и приемника:

$$Lp_{dB} = 20 \lg \left( \frac{4\pi \cdot f \cdot r}{c} \right) = 20 \lg(f) + 20 \lg(r) - 147.56 \quad (10).$$

$r$  е разстоянието в метри, а  $f$  е носещата честота в [Hz].

7. Изчисленията се извършват повторно от точка 4 до точка 6 при зададена друга кратност -тип на модулация или с канално кодиране.
8. Извършва се анализ и сравнение на резултатите за двата случая на разглеждане – с канално и без канално кодиране или при различни кратности на модулация (зависи от заданието).

#### 4. Изчисление на скоростта на информационния цифров поток

Съгласно критерия на Нйкуист, символната скорост в канала за връзка зависи от широчината на честотната лента чрез:

$$R_{sym} = BW \text{ [symbols/s]} \quad (11).$$

Поради това, че всеки символ има  $n=\log_2 M$  бита информация, то:

$$Rb = R_{sym} \cdot \log_2 M \text{ [bit/s]} \quad (12).$$

Необходимо е да се отбележи, че  $BW$  е широчината на канала в основна честотна лента.

В случай на канално кодиране, при запазване на широчината на честотната лента, кодиранят цифров поток в канала за връзка има скорост, която е равна на  $Rb$ .

Скоростта на информационния цифров поток ще зависи от параметъра скоростта на каналния код. Скоростта на каналния код представлява отношението на количеството информация която постъпва на входа към количеството информация която се получава в изхода на каналния кодер. Например за код (7,4,3), броят на информационните символи  $k=4$ , а на кодираните символи е  $n=7$  и скоростта на кода  $R_{cc}=k/n=4/7$ .

Информационната скорост с канално кодиране ще бъде равна на:

$$R_{b_{cc}} = BW \cdot \log_2 M \cdot R_{cc} \text{ [bit/s]}.$$