

# Радиопараметри на средата при IEEE 802.11 (Wi-Fi)

## Теоретична част

Децибелът се използва за изразяване на относителната разлика в нивото между два сигнала. Изчислява се по формулата:

$$(1) X_{dB} = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right), \text{ където } P_1 \text{ и } P_2 \text{ са двете мощности}$$

Например, ако изменението на мощността  $\frac{P_2}{P_1} = 10000$ , то  $10 \cdot \lg(10000) = 40dB$ .

Ако във формула (1)  $P_1=1mW$  (стойност, приета за опорна единица при IEEE 802.11), то резултатът от изчисляването на произволна мощност **P** (изразена във **W**) ще генерира резултат в **dBm**. Резултатните уравнения ще изглеждат по следния начин:

$$(2) Y_{dBm} = 10 \cdot \lg\frac{P_W}{1mW} = 10 \cdot \lg(1000 \cdot P_w) = 10 \cdot \lg P_w + 30,$$

$$(3) P_W = \frac{10^{\frac{Y_{dBm}}{10}}}{1000} = 10^{\frac{Y_{dBm}-30}{10}}, \text{ където } 1mW=10^{-3}W$$

На базата на цитираните формули, **таблица 1** визуализира преобразуване на dBm към W.

dBm	W	dBm	W	dBm	W	dBm	W
0	1.0 mW	16	40 mW	32	1.6 W	50	100 W
1	1.3 mW	17	50 mW	33	2.0 W	54	250 W
2	1.6 mW	18	63 mW	34	2.5 W	57	500 W
3	2.0 mW	19	79 mW	35	3.2 W	60	1 000 W
4	2.5 mW	20	100 mW	36	4.0 W	64	2 500 W
5	3.2 mW	21	126 mW	37	5.0 W	67	5 000 W
6	4 mW	22	158 mW	38	6.3 W	70	10 000 W
7	5 mW	23	200 mW	39	8.0 W	74	25 000 W
8	6 mW	24	250 mW	40	10 W	77	50 000 W
9	8 mW	25	316 mW	41	13 W	80	100 000 W
10	10 mW	26	398 mW	42	16 W	84	250 000 W
11	13 mW	27	500 mW	43	20 W	87	500 000 W
12	16 mW	28	630 mW	44	25 W		
13	20 mW	29	800 mW	45	32 W		

14	25 mW	30	1.0 W	46	40 W		
15	32 mW	31	1.3 W	47	50 W		

таблица 1 Преобразуване на dBm към W

**Пример 1:** Стойността на децибелите на предавател с мощност 10mW е 10dBm. Изчислява се по формула (2):

$$10 \cdot \lg\left(\frac{10 \text{ mW}}{1 \text{ mW}}\right) = 10 \cdot \lg 10 = 10.1 = 10 \text{ dBm}$$

**Пример 2:** Стойността на децибелите на усилвател, чието усилване е 10000 пъти, е 40 dBm. Изчисляването се извършва по формула (1).

$$10 \cdot \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10 \cdot \lg 10000 = 40 \text{ dBm}$$

От подобни изчисления или **таблица 1** се получава, че:

двойно увеличаване на мощността е с означение (3 dBm), 10 пъти увеличение – (10 dBm), 1000 пъти увеличение – (30 dBm);  
наполовина намаляване на мощността е с означение (-3 dBm), 10 пъти намаление – (-10 dBm), 1000 пъти намаление – (-30 dBm);

## Физически фактори, указващи влияние върху разпространението на сигнала

Параметрите, имащи значение за разпространението на сигнала са:

1. Мощността на предаване;
2. Загуби по кабела между предавател и антена;
3. Усилване на предавателната антена;
4. Местоположение на двете антени – разстояние, препятствия;
5. Усилване на приемащата антена;
6. Загуби по кабела между антена и приемник;
7. Чувствителност на приемника – минималната мощност на сигнала, зададена в dBm или mW, необходима на приемника за неговото декодиране. Например чувствителност на приемника от 0 dBm е 1 mW, (-60 dBm) – 0.000001 mW, (-70 dBm) – 0.0000001 mW. Знакът минус означава, че мощността е под опорната стойност от 1mW. Колкото стойността е по-малка (по-отрицателна), толкова чувствителността на приемника е по-добра.

## Пресмятане на изходната мощност при предаване

Пресмятането се извършва по формулата:

$$(4) \text{ EIRP} = \text{TX Power} - \text{Coax Cable Loss} + \text{TX Antenna Gain},$$

където:

**EIRP** се изчислява в dBm,

**TX Power** - изходната мощност на предавателя в dBm,

**Coax Cable Loss** - загуби в свързващия антената кабел в dB,

**TX Antenna Gain** - усилване на предавателната антена в dBi.

EIRP е стойността, която се контролира от стандартизиращите организации за безжично оборудване в обхват 2.4 GHz или 5 GHz.

## Пресмятане нивото на приетия сигнал

Пресмятането се извършва по формулата:

$$(5) \text{ RX Signal} = \text{EIRP} - \text{FSL} + \text{RX Antenna Gain} - \text{Coax Cable Loss},$$

където:

**RX Signal** - изчислява се в dBm,

**EIRP** – стойността, изчислена от (4),

**FSL** – стойността на затихването в средата в dB,

**RX Antenna Gain** - усилване на приемната антена в dB,

**Coax Cable Loss** - загуби в свързващия антената кабел в dB.

Изчисляването на **FSL** е по формулата:

$$(6) \text{ FSL} = 36,6 + 20 \cdot \lg F + 20 \lg D,$$

където:

**F** - честотата в MHz,

**D** - разстоянието между приемника и предавателя в мили.

За гарантиране на нормалната работа на трасето е необходимо да се въведе оперативен запас. Той се изчислява по формулата:

$$(*7) \text{ SOM} = \text{Rx signal level} - \text{Rx sensitivity},$$

където:

**SOM** - оперативен запас в dB,

**Rx signal level** – ниво на приетия сигнал,

**Rx sensitivity** – чувствителност на приемника (определя се от техническата спецификация на радиооборудването)

Нива на SOM:

$SOM \geq 20\text{dB}$  – напълно достатъчно за гарантирана връзка;

$SOM \approx 14\text{dB}$  - типична стойност за презапасяване;

$SOM \leq 10\text{dB}$  – достатъчна при незашумена среда.

## Задачи за изпълнение

Да се определи разстоянието, на което може да се изгради линково радиотрасе, ако са налични следните данни за радиомодулите:

Мощност на предавателите: 100 mW;

Чувствителност на приемниците: -89 dBm;

Усилване на антените: 12 dBi;

Загуби в свързващите фидери: 1 dB;

Работен честотен диапазон: 2.44 GHz.

### Допълнителна информация:

Мощността на стандартните предаватели (в dBm) е в границите от 18 dBm до 20 dBm (от 63 до 100 mW).

Стандартната чувствителност на приемника (в dBm) е между (-75 dBm) и (-100 dBm).

### Решение:

1. Изчисляване на изходната мощност в dBm

$$P = 10 \cdot \lg(100) = 20 \text{ dBm}$$

Пресмята се изотропно излъчената мощност чрез (4)

$$EIPR = TX \text{ Power} - Coax \text{ Cable Loss} + TX \text{ Antenna Gain} = 20 - 1 + 12 = 31 \text{ dBm}$$

Пресмята се необходимият сигнал в приемника, нужен за правилно декодиране на данните чрез (7), като се добавя и оперативен презапас от 14dB.

$$RX \text{ signal} = SOM + RX \text{ sensitivity} = 14 + (-89) = -75 \text{ dBm}$$

Определя се необходимата стойност за FSL по (5)

$$FSL = EIRP - RX \text{ Signal} + RX \text{ Antenna Gain} - Coax \text{ Cable Loss} = 31 - (-75) + 12 - 1 = 117 \text{ dB}$$

По формула (6) се определя какво е разстоянието в мили на база на известните параметри:

$$\lg D = \frac{FSL - 36,6 - 20 \cdot \lg F}{20} = \frac{117 - 36,6 - 20 \cdot \lg 2440}{20} = 0,6326$$

$$D = 10^{0,6326} \approx 4,29 \text{ мили}$$

След преобразуването в километри се получава:

$$D_{km} = D_{miles} \cdot 1,609344 = 4,29 \cdot 1,609344 = 6,9 \text{ km}$$

От получения резултат може да се заключи, че конкретното оборудване може да постигне ефективно разстояние от 6,9 км.