

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

**Тема:**

**Розрахунок шумів приймальної установки**

**Мета роботи**

Отримати практичні навички розрахунку енергетичних та шумових параметрів приймального обладнання супутникових телевізійних систем.

**Учбові задачі**

Розрахувати і дослідити:

1. Шуми антени;
2. Шуми антенно-фідерного тракту;
3. Шуми приймача;
4. Спектральна щільність потужності шумів;
5. Добротність приймача;
6. Шум-фактор.

## Хід роботи

### Розрахунок шумів приймальної установки СТБ.

Для якісного прийому сигналів СТБ необхідно отримати на вході приймача відношення  $C/\text{Ш} \geq 12$  дБ, а враховуючи, що вкорпстані антенн розмірамн більші ніж 1,5...2 м є недоцільним і не зручним, потрібно ще збільшити це співвідношення.

До сумарної потужності шумів, віднесених до входу приймача, входять слідуєчп складові:

- шумн антенн, що наводяться „гарячим” Землею, атмосферою, Соицем, найбільш потужнимн зіркамн та деякимн планетамн сонячної снстемн;
- шумн АФТ (антенно-фідерного тракту);
- власні шумн приймача, потужність яких пропорційна еквівалентній шумовій смузі до демодулятора.

**Власні шуми приймача.** Шумові властнвості приймачів земних станцій найчастіше оцінюють еквівалентною шумовою температурою,  $T_e$ :

$$T_{E\text{.прм}} = (n_{\text{ш.прм}} - 1)T_0$$

де  $n_{\text{ш.прм}}$  – коефіцієнт шуму приймача або  $10 \lg n_{\text{ш}}$  [дБ]

$T_0$  – номінальна температура навколишнього середовища, де знаходяться приймач (приймають кімнатну температуру  $t = 17^\circ\text{C}$ ,  $T_0 = 290^\circ\text{K}$ )

Якщо коефіцієнт шуму враженнй за децибельною шкалою ( $n_{\text{ш}}$ , дБ), то шумову температуру можна визначити наступним чином:

$$T_{E\text{.прм}} = (10^{n_{\text{ш.прм}}/10} - 1) \cdot T_0 \quad (^\circ\text{K})$$

Значення  $T_{E\text{.прм}}$  і  $n_{\text{ш.прм}}$  визначається в основному параметрамн перших каскадів приймача і не залежать від шумової температури джерела живлення.

Значення (орієнтовно)  $T_e$  можна оцінити із рпс. 4.1.

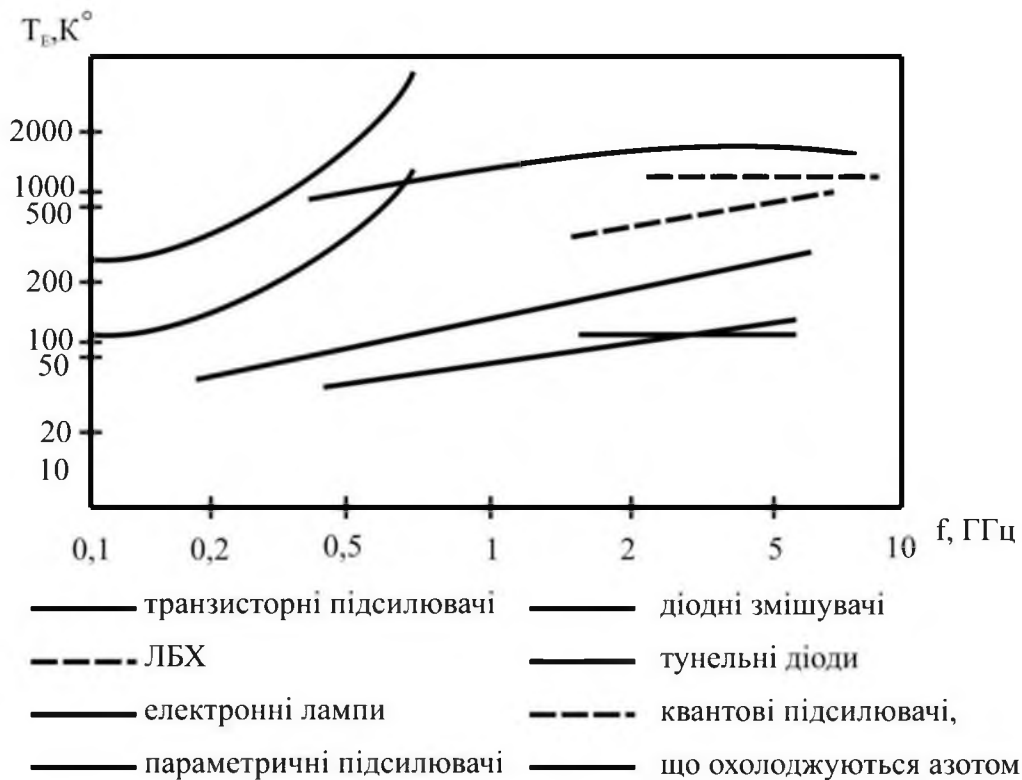


Рисунок 1-Залежність еквівалентної шумової температури  $T_{Епрм}$  від частоти  $f$

Для зниження коефіцієнту шуму  $\Pi_{шлпрм}$  потрібно або знижувати температуру (охолоджувати) або збільшувати ККД пристрою. Зазвичай  $T_{Елпрм} \approx 150 \div 300^\circ\text{K}$ .

### Шуми АФТ (антенно-фідерного тракту).

Ці шуми потрібно враховувати тому, що в деяких випадках вони можуть досягти рівня еквівалентної шумової температури приймача,  $T_{Епрм}$ .

До шумів АФТ відносять шуми антени, фідера та узгоджуючи пристроїв. Їх зниження можливе також пониженням температури або збільшення ККД.

Якщо окремі складові АФТ працюють при однаковій  $T_0$ :

$$T_{АФТ} = T_0(1 - \eta_{АФТ})$$

Наприклад при  $T_0 = 290^\circ\text{K}$  і  $\eta = 0,7$   $T_{АФТ} = 87^\circ\text{K}$  середнє значення  $T_{АФТ} \approx 50 \div 200^\circ\text{K}$ . У хороших дзеркальних антен  $T_{АФТ} \approx 15 \div 20^\circ\text{K}$ , а фідерного (хвилеводного) тракту  $20 \div 30^\circ\text{K}$ .

► Еквівалентна шумова температура антени:

$$T_A = T_K + T_a + T_3 + T_{II} + T_{OB}$$

де  $T_K$  – шуми космічного походження (можна поділити на дві групи: точкові(дискретні) джерела і рівномірно розподілені (фонові шуми). Останні найбільш спільні, хоча і враховуються шуми деяких зірок – Кассіопеї-А та Лебідь-А, а також шуми Сонця, Місяця та деяких планет).

$T_a$  — шуми, випромінювані атмосферою із врахуванням гідро метеорів (сніг, дощ і т. п. ), які збільшують рівень шумів.

$T_3$  — шуми, випромінювані земною поверхнею, що сприймаються бічними пелюстками ДНА.

$T_{II}$  — власні шуми антени за рахунок втрат енергії на її елементах.

$T_{OB}$  — шуми за рахунок обтічника (обтекателя) антени, що захищає її від атмосферних опадів.

► Сумарна еквівалентна температура приймальної установки, що складається з антени, фідерного току і самого приймача:

$$T_{\Sigma} = T_A \cdot \eta_A + T_{AFT} + T_{EPRM} = T_A \cdot \eta_{\Phi} + T_O (1 - \eta_{AFT}) + T_O (\eta_{ш.прм} - 1)$$

де  $\eta_A$  — коефіцієнт передачі ант. (0,6 ..... 0,8)

► Повна потужність (спектральна щільність потужності) шумів на вході приймача:

$$P_{ш} = kT_{\Sigma} \Delta f_{ш}$$

де  $k=1,38 \cdot 10^{-23}$  – стала Больцмана;

$\Delta f_{ш} = \gamma \cdot \Delta f$  - еквівалентна шумова смуга приймача, Гц;  $\gamma$  - коефіцієнт, що визначається вибірковими властивостями приймача. Зазвичай  $\gamma=1,1 \dots 1,2$ ,  $\Delta f_{ш}$  – еквівалентна (ефективна) шумова ширина смуги пропускання приймача (для одного супутникового каналу  $\Delta f_{ш}=27 \dots 36$  МГц).

Звужувати смугу  $\Delta f_{ш}$  не вдається, так як при її зменшенні до 12 ..... 14 МГц починає зникати звуковий супровід, сигнал якого зазвичай передається на підносній частоті в межах 5,5 ..... 8 МГц; потім зникає колір зображення, підносні сигнали

якого знаходяться в інтервалі 4,2 ..... 4,5 МГц (наприклад, SECAM 4,25; 4,406) а також знижується загальна чіткість зображення, з'являються інші спотворення.

Отже змінною величиною у виразі  $P_{ш} = kT_{\Sigma}\Delta f_{ш}$  буде тільки сумарна еквівалентна шумова температура  $T_{\Sigma}$ . Якщо взяти

$$T_K = 50 \text{ }^{\circ}\text{K}; \quad \eta_{\text{АФТ}} = 0,8 \quad P_{ш} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 27 \cdot 10^6 \cdot T_{\Sigma} = 3,726 \cdot 10^{-16} T_{\Sigma}$$

$$T_{\text{пр}} = 200 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad P_{ш} = 3,726 \cdot 10^{-16} \cdot 298 = 1,1 \cdot 10^{-13} \text{ [Вт]}$$

$$T_0 = 290 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad T_{\Sigma} = 50 \cdot 0,8 + 290(1-0,8) + 200 = 298 \text{ K}$$

Однією з важливих характеристик вхідного приймального пристрою являється добротність:

$$Q = \frac{G_{\text{прм}}}{T_{\Sigma}} \quad \text{[дБ/К]}$$

Зрозуміло, що добротність системи буде тим вища, чим більшим буде  $G_{\text{прм}}$  і меншим рівень шумів  $T_{\Sigma}$ , або так званий **шум - фактор**  $F$ , виражений в [дБ]:

$$F = 1 + \frac{T_{\Sigma}}{T_0} \quad \text{[в разях]} \quad F = 10 \lg F \quad \text{[дБ]}$$

де  $T_0 = 290 \text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $\text{прм } 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

звідси добротність:

$$Q = \frac{G_{\text{прм}}}{T_0(F-1)}$$

Відношення потужності сигналу до потужності перешкоди на вході приймача, враховуючи  $\eta_{\text{прд}} \approx \eta_{\text{прм}} \approx 1$ ;

$$BCП_{\text{ВХ}} = \frac{P_{\text{прм}}}{P_{ш}} = \frac{P_{\text{прд}} \cdot G_{\text{прд}} \cdot G_{\text{прм}}}{kT_{\Sigma} \nabla A_{\text{В}} \cdot A_{\text{доод}}}$$

## Контрольні запитання та задачі.

1. Як визначаються власні шуми приймача у  $^{\circ}\text{K}$ ?
2. Як визначаються власні шуми приймача за децибельною шкалою?
3. Зобразити залежність еквівалентної шумової температури  $T_{\text{Епрм}}$  різноманітних підсилюючих пристроїв від частоти  $f$ .
4. Охарактеризуйте шуми антенно-фідерного тракту. Приведіть приклад реального розрахунку шумової температури.
5. Які фактори впливають на еквівалентну шумову температуру антен?
6. Приведіть сумарну еквівалентну шумову температуру приймальної установки в цілому та приклад реального розрахунку даної шумової температури.
7. Що таке спектральна щільність потужності шумів на вході приймача?
8. Що таке добротність приймального пристрою? Яка одиниця вимірювання даної величини?
9. Що таке шум-фактор. Як даний параметр виражається із врахуванням добротності приймача?
10. Обчисліть відношення потужності сигналу до потужності перешкоди на вході приймача.

### Задача № 1

Шумова температура конвертора  $T_{\text{ш}}=25$   $^{\circ}\text{K}$ . Конвертор знаходиться під дією зовнішньої температури  $17$   $^{\circ}\text{C}$ . Визначити коефіцієнт шуму  $n_{\text{ш}}$  (дБ). Порівняти отриману величину з реальним коефіцієнтом шуму конвертора  $K_{\text{ш}}$  діапазону (0,3-0,7 дБ).

### Задача № 2

Приймальна установка обладнана антеною  $d=1,8$  м з еквівалентною шумовою температурою  $T_A=80$   $^{\circ}\text{K}$ , коефіцієнтом корисної дії  $\eta_A=0,85$  і коефіцієнтом використання поверхні  $K_{\text{ВП}}=0,8$ , антенно-фідерним трактом з  $\eta_{\text{АФТ}}=0,8$  і приймачем з коефіцієнтом шуму  $n_{\text{ш.прм}}=1,8$  дБ. Прийом сигналів здійснюється в діапазоні  $S$

( $f=4,58603$  ГГц). Приймальне обладнання знаходиться під дією зовнішньої температури  $17$  °С. Визначити добротність приймача  $Q$  і шум-фактор  $F$ .

### Задача № 3

Приймальна установка складається із антени з еквівалентною шумовою температурою  $T_A=50$  °К і  $\eta_A=0,9$ , фідерного тракту з коефіцієнтом передачі  $\eta_{A\Phi T}=0,85$  і самого приймача з коефіцієнтом шуму  $n_{ш.прм}=1,2$  дБ. Приймальне обладнання знаходиться під дією зовнішньої температури  $17$  °С. Визначити сумарну еквівалентну шумову температуру приймальної установки в цілому,  $T_{\Sigma ш}$ .

### Задача № 4

Сигнал приходить на Землю із супутникового ретранслятора, розміщеного на геостационарній орбіті і обладнаного бортовим передавачем потужністю  $180$  Вт, антеною діаметром  $d=1$  м з коефіцієнтом корисної дії антени  $\eta_A=0,8$  та коефіцієнтом використання поверхні  $K_{ВП}=0,75$ . Передавач працює на частоті  $f=11,90010$  ГГц. Приймальна установка містить антену діаметром  $d=1,4$  м з коефіцієнтом корисної дії антени  $\eta_A=0,7$  та коефіцієнтом використання поверхні  $K_{ВП}=0,65$ . Сумарна еквівалентна шумова температура приймальної установки в цілому  $T_{\Sigma ш}=180$  °К. Визначити відношення потужності сигналу до потужності шуму на вході приймача. Додатковими затуханнями в тропосфері знехтувати.

### Задача № 5

Приймальна установка складається із антени з еквівалентною шумовою температурою  $T_A=60$  °К і  $\eta_A=0,85$ , фідерного тракту з коефіцієнтом передачі  $\eta_{A\Phi T}=0,8$  і самого приймача з коефіцієнтом шуму  $n_{ш.прм}=1,0$  дБ з ефективною шумовою смугою пропускання  $\Delta f_{ш}=36$  МГц.

Визначити:

1) сумарну еквівалентну шумову температуру приймальної установки в цілому,  $T_{\Sigma ш}$ ;

2) спектральну щільність потужності шумів на вході приймача,  $P_{ш}$ .