

Практична робота №3

Розрахунок спектральних характеристик фотоелектричних приладів

(варіанти для виконання завдань наведені у додатку)

У додатку наведені варіанти для побудови електронних характеристик випромінювання і фотоелектричного приймача (ФЕП). З метою спрощення розрахунків для кожної характеристики задаються довжина хвилі λ_m максимального значення суцільного спектра, відхилення лівого схилу характеристики $\Delta 1$ на рівні 0,5 від λ_m і відхилення $\Delta 2$ правого схилу від λ_m .

У таблиці позначені ділянки спектра: УФ – ультрафіолетовий, В – видимий, ІЧ – інфрачервоний.

Теоретичні відомості

Спектральні характеристики фотоелектричних приладів

Для виконання навчальних завдань розглядаються суцільні спектри і узагальнена форма завдання спектра потужності P_λ випромінювання і спектральної чутливості Φ_λ приладу.

$$P_\lambda = P_m \cdot p(\lambda) \quad \Phi_\lambda = \Phi_m \cdot \varphi(\lambda), \quad (3.1)$$

де P_m , Φ_m – максимальні значення функцій;

$p(\lambda)$, $\varphi(\lambda)$ – нормовані безрозмірні значення розподілів, величина яких не перевищує одиниці.

Розглянемо, наприклад, функцію спектральної чутливості $\varphi(\lambda)$ (показану на рис. 3.2).

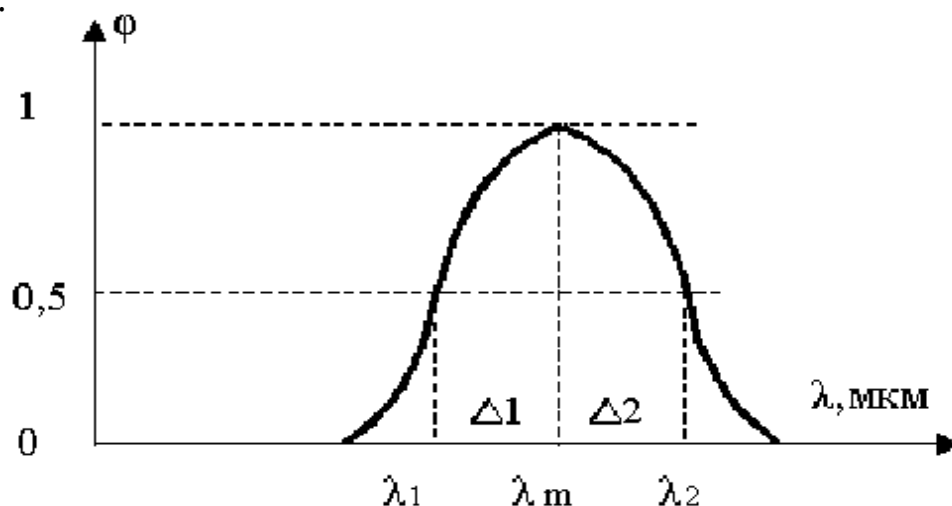


Рисунок 3.2 – Нормований спектральний розподіл

Максимальне значення функції досягається на довжині хвилі λ_m . Ліва границя функції на рівні 0,5 визначається довжиною хвилі λ_1 , а права, відповідно, довжиною хвилі λ_2 . Ці довжини хвиль можна задати через відхилення $\Delta 1$ і $\Delta 2$:

$$\lambda_1 = \lambda_m - \Delta 1 \quad \lambda_2 = \lambda_m + \Delta 2 \quad (3.2.)$$

Якщо ці відхилення неоднакові, то функція асиметрична. У такий спосіб задаючи значення λ_m , $\Delta 1$, $\Delta 2$, можна апроксимувати спектральні функції для навчальних задач з великим числом варіантів.

Приклад розрахунку

Розрахунок спектрального коефіцієнта використання потоку випромінювання

Відомо, що величина фотоструму i_Φ фотоелектричного приймача (ФЕП) визначається за формулою:

$$i_\Phi = k P_\lambda \times \Phi_m \times h(l), \quad (3.3)$$

де k – конструктивний коефіцієнт, P_λ – повна потужність випромінювання,

Φ_m – максимальна чутливість ФЕП.

Коефіцієнт використання потоку випромінювання відображає узгодження спектральної чутливості ФЕП із спектром сигналу, який використано і визначається формулою:

$$\eta(\lambda) = \frac{\int_0^\infty p(\lambda) \cdot \varphi(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty p(\lambda) \cdot d\lambda} = \frac{S_1}{S_2} \quad (3.4)$$

Метою розрахунку є визначення цього коефіцієнта при заданих спектральних розподілах $\eta(\lambda)$, $\varphi(\lambda)$. Обчислення $\eta(\lambda)$ проводиться з використанням графічного інтегрування, яке визначає площини інтегралів S_1 і S_2 .

Припустимо що спектральна функція потужності $p(\lambda)$ задана значеннями

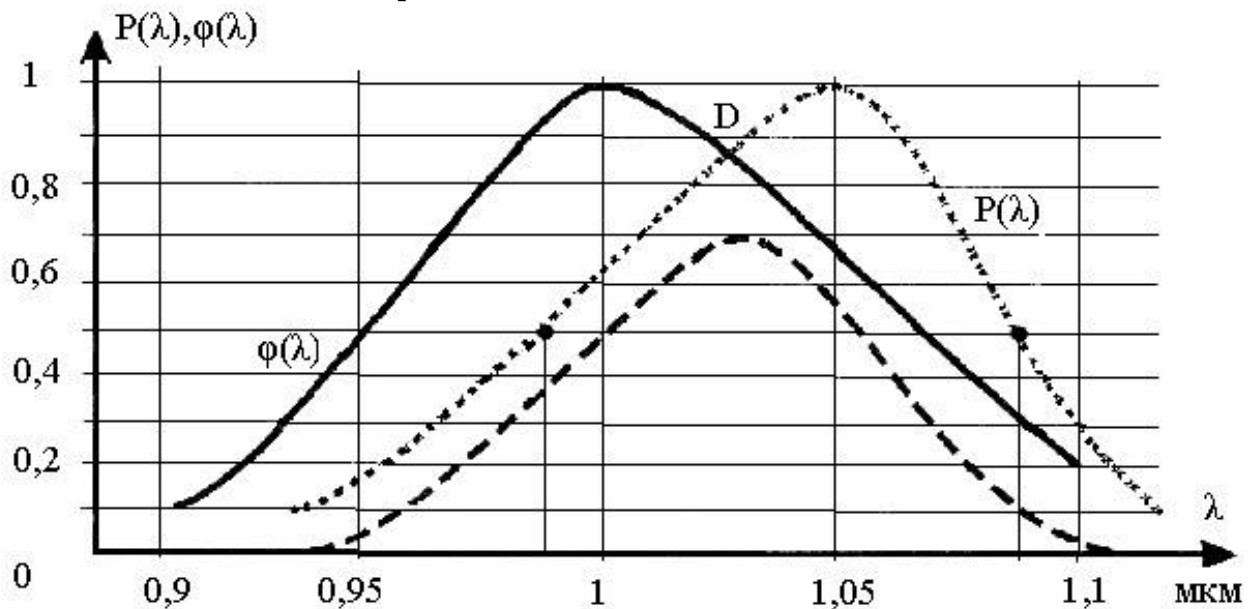
$$l_{mp} = 1,05 \text{ мкм}, \Delta 1 = 0,07 \text{ мкм}, \Delta 2 = 0,04 \text{ мкм}$$

Підготуємо графік (рис. 3.3) для побудови функцій $p(\lambda)$ і $\varphi(\lambda)$ та поділимо його на дрібні прямокутники.

Побудуємо функцію $p(\lambda)$, для чого відповідно до завдання 3.2 визначимо за формулами (3.2) значення граничних довжин хвиль $\lambda 1$ і $\lambda 2$

$$\lambda 1 = l_{mp} - \Delta 1 = 1,05 - 0,07 = 0,98 \text{ мкм}$$

$$\lambda 2 = l_{mp} + \Delta 2 = 1,05 + 0,04 = 1,09 \text{ мкм}$$



Відклавши ці точки на рівні 0.5, з'єднаємо їх дзвіноподібною кривою.

Рисунок 3.3 – Графіки спектральних розподілів

Аналогічно будуємо криву спектральної чутливості $\varphi(\lambda)$, якщо задано:

$$l_{mf} = 1 \text{ мкм}, \Delta 1f = 0,05 \text{ мкм}, \Delta 2f = 0,07 \text{ мкм}$$

Обчислимо граничні довжини хвиль для цієї кривої

$$\lambda 1f = l_m - \Delta 1 = 1 - 0,05 = 0,95 \text{ мкм}$$

$$\lambda 2f = l_m + \Delta 2 = 1 + 0,07 = 1,07 \text{ мкм}$$

Визначимо положення цих точок на рівні 0.5 і побудуємо плавну криву спектральної чутливості $\varphi(\lambda)$.

– Для обчислення інтегралів у формулі (3.4) площини S_1 , S_2 можна підрахувати як суму площин прямокутників, які займають площини під кривими.

Заздалегідь проведемо множення ординат функцій $p(\lambda)$ і $\varphi(\lambda)$ на різних довжинах хвиль. Наприклад, в точці D перетину одержимо:

$$p(1) \times f(1) = 0,7.$$

З'єднавши отримані точки, одержуємо криву (пунктирна лінія на рис. 3.3), яка входить в інтеграл чисельника формули (3.4). Величина площини S_1 , що відповідає цьому інтегралу, може бути оцінена як сума площин еквівалентних прямокутників площиною S_0 кожний. Зокрема вона складає біля 12,5 прямокутників. Отже площа S_1 складає:

$$S_1 = 12,5 \times S_0$$

Площина S_2 інтеграла в знаменнику формули (3.4) близько 25 прямокутників S_0 , тобто

$$S_2 = 25 \times S_0$$

Тепер можна обчислити значення коефіцієнта використання спектру потужності випромінювача або коефіцієнт спектрального узгодження по формулі (3.4)

$$h(1) = \frac{S_1}{S_2} = \frac{12,5 \times S_0}{25 \cdot S_0} = 0,5$$

З метою спрощення розрахунків можна користатися ЕОМ з відповідною апроксимацією функцій $\varphi(\lambda)$ і $p(\lambda)$, подальшим інтегруванням та обчисленням коефіцієнта $\eta(\lambda)$.

Виконані розрахунки показують важливість спектрального узгодження приймача з випромінювачем для отримання високої чутливості оптоелектронних схем. Звіт оформити та надіслати в систему Moodle для перевірки.

Додаток

Таблиця– Нормовані спектральні характеристики ФЕП і випромінювання

№ вар.	Спектр	Випромінювання			Фотоелектричний приймач		
		$\Delta 1$, мкм	λm , мкм	$\Delta 2$, мкм	$\Delta 1$, мкм	λm , мкм	$\Delta 2$, мкм
1.	УФ	0,05	0,15	0,03	0,04	0,20	0,05
2.	УФ	0,10	0,20	0,04	0,02	0,25	0,08
3.	УФ	0,10	0,25	0,05	0,05	0,30	0,10
4.	УФ	0,10	0,30	0,05	0,04	0,35	0,20
5.	УФ	0,10	0,35	0,50	0,04	0,40	0,10
6.	УФ	0,10	0,40	0,05	0,03	0,45	0,10
7.	В	0,10	0,45	0,04	0,04	0,50	0,10
8.	В	0,10	0,50	0,04	0,03	0,55	0,10
9.	В	0,10	0,55	0,05	0,02	0,60	0,10
10.	В	0,10	0,60	0,04	0,03	0,65	0,12
11.	ІЧ (ИК)	0,15	0,65	0,05	0,05	0,70	0,20
12.	ІЧ (ИК)	0,10	0,70	0,05	0,05	0,75	0,15
13.	ІЧ (ИК)	0,15	0,75	0,05	0,05	0,80	0,10
14.	ІЧ (ИК)	0,10	0,80	0,05	0,04	0,85	0,10
15.	ІЧ (ИК)	0,10	0,85	0,04	0,04	0,90	0,10
16.	ІЧ (ИК)	0,05	0,90	0,03	0,02	0,95	0,05
17.	ІЧ (ИК)	0,50	0,95	0,05	0,03	1,00	0,10
18.	ІЧ (ИК)	0,50	1,00	0,05	0,10	1,10	0,20
19.	ІЧ (ИК)	0,10	1,10	0,05	0,20	1,20	0,30
20.	ІЧ (ИК)	0,20	1,20	0,05	0,30	1,35	0,30
21.	ІЧ (ИК)	0,20	1,30	0,05	0,20	1,40	0,30
22.	ІЧ (ИК)	0,20	1,40	0,10	0,30	1,60	0,40
23.	ІЧ (ИК)	0,15	1,60	0,10	0,50	1,80	0,50
24.	ІЧ (ИК)	0,10	1,80	0,10	0,50	2,00	1,00
25.	ІЧ (ИК)	0,15	2,00	0,20	0,50	2,50	1,00
26.	УФ	0,05	0,15	0,05	0,05	0,20	0,10
27.	УФ	0,05	0,15	0,05	0,10	0,30	0,10
28.	УФ	0,05	0,20	0,10	0,10	0,35	0,10
29.	УФ	0,10	0,30	0,05	0,05	0,40	0,10
30.	УФ	0,05	0,25	0,05	0,05	0,35	0,05

