**Лекція 10**

**Поняття просторової когерентності**

Розглянемо інтерференцйний дослід з двома отворами, коли т.С вибрана так, що часова затримка:



Рис. 30. Введення просторової когерентності

Тоді відносна функція взаємної когерентності дійсне частина якої визначає ∑ інтенсивність, визначається усередненням:

У теорії когерентності доводиться, що числове значення , пов’язане з кутовою розбіжністю випромінювання або кутовими розмірами протяжного джерела.



Рис. 31. Геометричні параметри, що визначають просторову когерентність від

круглого дзеркала радіусом .

Для протяжного випромінювача, утвореного ансамблем статично незначних елементарних випромінювачів, просторова когерентність розраховується на основі теореми Ван-Циттера-Церніке.

Для круглого теплового джерела, розміщеного в площині, постійна яскравість, ступінь когерентності у двох точках що знаходиться на відстані .

де – функція Беселя першого роду з аргументом .



Рис. 32. Функція в залежності від параметра

Висока ступінь когерентності можлива тільки для малих кутів

Лінійна відстань , що відповідає значенню не повинна перевищувати величину де – кутовий радіус джерела ().

Якщо кутова розбіжність променів джерела, то кут розбіжності практично когерентного пучка не повинен перебільшувати величину , де радіус джерела.

З когерентністю випромінювання, яка характеризується комплексними функціями , , , пов’язані такі характеристики випромінювання, як монохроматичність і розбіжність випромінювання. При цьому враховують, що всі компоненти когерентного випромінювання мають однакові стани поляризації (лінійні чи еліптичні). Плоска монохроматична хвиля завжди поляризована.

На практиці пов’язують ступінь когерентності з контрастом інтерференційної картини, що вимірюється в площині її спостереження.

Велична контрасту визначається співвідношенням:

Представив реальну частину функції у вигляді де - її аргумент, вираз для інтенсивності результуючої картини можна записати:

При введенні середньої частоти фазовий множник результуючої інтерференційної картини подається як:

де , - функції, що характеризують зміну усередненої фази для сукупності квазімонохроматичного інтервалу в залежності від часу чи різниці ходу.

Зміна величини та несуттєві у порівнянні з величинами .

Для двох найближчих екстремальних значень інтенсивності, що отримуються коли будемо мати:

Тоді

Якщо то

Основною відмінністю конкретного випромінювання від монохроматичного є введення усереднених амплітуд і фаз для сукупного спектрального інтервалу на деякій усередненій частоті , що є функціями, які повільно змінюються при аргументах При цьому при складанні двох полів, інтерференційна картина стає менш контрастною за рахунок усереднення миттєвої інтенсивності по часу.

**Фазові та групові швидкості в середовищі**

Якщо в деякій початковій точці однорідного, ізотропного діелектричного середовища сумарна напруженість плоскої хвилі (без врахування поляризації) задана виразом:

то в точці, що визначається радіусом ця напруженість запишеться таким чином:

де

- середня швидкість для груп хвиль із напівшириною спектра , – фазова швидкість хвильового вектора в середовищі з довжиною хвилі .

напівширина спектрального інтервалу задана у хвильових числах.

Отже,

Останній вираз дозволяє знайти фазову чи групову швидкість сумарних коливань уздовж хвильової нормалі.

Взявши похідну по часу від умови постійної фази на несучій частоті отримаємо:

Групова швидкість визначається з умови постійності амплітуди в просторі, тобто

Коли в середовищі дисперсія, тобто:

Враховуючи співвідношення групова швидкість визначається такими дисперсійними співвідношеннями:

Для діелектриків поза смугою поглинання а у смузі поглинанна

Для однорідного процесу по всіх трьох координатах поперечну функцію кореляції запишемо у вигляді:

Якщо процес однорідний по 2-ох координат, поперечна функція кореляції має вигляд:

або

Введемо позначення для різниці координат:

Використовуючи останнє співвідношення, введемо визначення однорідного процесу.

Якщо процес однорідний по трьох координатах то поперечна кореляційна функція буде функція , а повздовжня .

Якщо процес однорідний, лиш по поперечних координатах, то

Однорідність хвильового фронту по трьох координатах задає незалежність вигляду поперечної кореляційної функції від координати z, тобто повна однорідність тоді, коли поперечна кореляційна функція незмінні.

**Кутовий спектр потужності хвильового поля**

Для стаціонарних випадкових процесів використовують співвідношення Вінара – Хинчина, згідно з яким:

(2)

(1)

Ці перетворення відрізняються від перетворення Фур’є лише нормування. Коефіцієнт лише у (2), а не в (1). Це зв’язано з фізичним змістом, що вкладається у функцію . Функція - спектр потужності процесу й задає розподіл потужності по частотах. Тоді інтеграл від по всіх додатніх частотах повинен бути рівний повній потужності процесу .

Тому (1) при демонструє, що середня потужність процесу дорівнює сумі спектрального розподілу потужностей. Тому введений коефіцієнт перед інтегралом в (1). Окрім функції кореляції самого процесу можна розглядати функцією кореляції його спектральних амплітуд.

Для стаціонарного процесу спектральні амплітуди не корельовані, тому

(3)

Умова (3) є необхідною та достатньою умовою стаціонарності процесу. Тобто, якщо у виразі для функції кореляції:

замінюємо їх спектральними розкладами, то отримаємо:

Умова стаціонарності у (4), тобто вимога щоб зумовлює виконання (3). Якщо умова виконується, то (4) перейде в (1), тобто доводиться достатність (3).

(4)

Для однорідних поперечних функцій кореляції можна записати співвідношення аналогічні до відношень Вінера – Хінчена, як:

(\*)

Коефіцієнт вибирається з врахуванням того, що для хвильових полів мають фізичний зміст як додатній, так і від’ємні просторові частоти. Тому повна потужність = сумі потужностей по додатніх та від’ємних частотах. Хвильовий аналог умов стаціонарності (3) буде співвідношення:

Ця умова, як і (3) є необхідною та достатньою умовою однорідності відповідної поперечної функції.

Саме комплексна форма типу (3) є достатньою та необхідною формою запису потужності процесу та спектральної густини потужності.

**Інтегральні перетворення когерентних полів**

Введення середньої частоти навколо якої відбувається коливання квазімонохроматичного хвильового процесу з напівшириною спектра , дозволяє описати такий процес середньою комплексною амплітудою:

Середнє значення комплексної амплітуди плоскої квазімонохроматичної хвилі у прямокутній системі координат, можна визначити:

де - амплітуда плоскої хвилі, а відношення:

Уведення усередненої комплексної амплітуди дозволяє скористатися для опису квазімонохроматичних хвиль та інтегрольних перетворень когерентних полів представлення монохроматичних хвиль для частоти

Нехай у площині набір плоских хвиль із сукупністю хвильових векторів створює деяке поле з комплексною амплітудою .



Рис. 33.

Для поля у площині будуть справедливі інтегральні перетворення:

де ;

Функція є кутовим спектром поля .

Поле у площині може бути визначена через інтегральні перетворення функції з урахуванням амплітудно-частотної фазової характеристики передавальної функції вільного простору (відстань між площинами () і ).

Згідно теорії сигналів, будемо вважати, що на вході лінійної системи заданий вхідний сигнал , який передається через вільний простір (відстань ), формуючи на виході системи, у площині сигнал . Тоді ввівши функцію поля вільного простору , вихідний сигнал можна визначити через двомірну згортку:

Тут функція ваги характеризує відгук системи на монохроматичне точкове збурення поля в околі елемента площею . Таке збурення, що передається через вільний простір, може бути визначене на основі явища дифракції. Тому, згідно із хвильовою оптикою, функція повинна визначитись множником, який використовується при розрахунках комплексної амплітуди дифрагованої хвилі на заданому отворі:

Функція має назву функції Френеля-Кіргофа-Зоммерфельда.

Аналітичний вигляд можна отримати не з теорії дифракції, а на основі теорії сигналів, знаючи, що функція ваги визначається як Фур’є-перетворення від амплітудно частотної фазової передаточної функції:

Неплоска квазімонохроматична хвиля в початковій площині може бути задана або функцією , що визначає середнє значення комплексних амплітуд у будь-якій точці цього простору, або кутовим спектром середніх амплітуд плоских квазімонохроматичних хвиль, що описуються функціями , або функціями , що утворюють неплоску хвилю на середній частоті .