Министерства Высшего и Среднего Специального образования Республики Узбекистан

Ташкентский государственный технический университет
Факультет Электроники и Автоматики

Кафедра «Общей физики»

РЕФЕРАТ

Тема: СЛУЧАЙНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ В ЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ

Выполнил: студент группы 125-14
Ж.Абдуғафоров
Принял:проф.Д.Юсупов

Ташкент-2015

СЛУЧАЙНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ В ЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ

ВВЕДЕНИЕ

В протяженной среде случайные источники возбуждают волны, амплитуды, частоты, фазы и волновые векторы которых случайны, случайные вольные. случайные волны возникают и в результате рассеяния регулярных волн в средах с хаотически изменяющимися параметрами.

Каковы свойства случайных волн, каковы закономерности их распространения, интерференции, дифракции? Эти вопросы важны для радиофизики и в особенности для оптики. Поэтому в настоящей и последующих главах много специальной оптической терминологии. Так, пространственные и временные корреляции случайных волн описываются в терминах давно сложившихся в оптике понятий пространственной и временной когерентности, степени когерентности. В терминах оптики предметом настоящей главы в значительной мере является “линейная оптика частично когерентных волн”.

Ряд задач, занимает корреляционно – спектральная теория, однако здесь это корреляционно – спектральная теория случайных полей. Вместе с тем задачи о случайных в распределенных средах линейных средах оказываются гораздо более сложными, нежели задачи о шумовых колебаниях в линейных системах с сосредоточенными параметрами.

Поэтому, если приближенные методы, основанные на упрощении исходных уравнений (на использовании так называемых укороченных уравнений), вводились нами скорее из педагогических соображений, то в настоящей и следующих главах практически все основные результаты базируются на результатах анализа укороченных уравнений для медленно меняющихся комплексных амплитуд распространяющихся волн. Следует подчеркнуть, что переход к укороченным уравнениям связан не только с чисто вычислительными преимуществами, но имеет и несомненную эвристическую ценности. Оказывается, что ряд на первый взгляд принципиально различных нестационарных задач теории систем с сосредоточенными и задач о распространении волн описывается, по существу, одними и теми же укороченными уравнениями для комплексных амплитуд; переход от “временной” задачи к “пространственной” связан лиши с заменой независимой переменной. Последнее позволяет установить пространственно – временные аналогии в теории колебательных и волновых систем.

Интересные пространственно – временные аналогии удается установить и в самой физике волновых явлений; здесь речь идет об аналоги явлений, наблюдающихся в поле волн, модулированных только во времени, с одной стороны, и только в пространстве, с другой. Общность этих задач, на первый взгляд сильно различающихся, обнаруживается на этапе исследования укороченных уравнений.

Мы не занимаемся в этой работе анализом свойство случайных источников, возбуждающих стохастические волновые процессы; данные на этот счет содержатся в [1]. В оптике источниками гауссовского шума являются, по существу, все нелазерные источники света; часто такие источники оказываются хорошей моделью и для описания излучения многоходовых лазеров с несинхронизованными модами [2].

Следует отметить, что широкий класс статистических задач возникает, в частности, в рентгеновской оптике; используемые в настоящее время источники рентгеновского излучения являются, по существу, источниками широкополосного “рентгеновского шума”.

Источники широкополосного гауссовского шума представляет собой, разумеется, и нагретое тело. Следует, однако, иметь в виду, что тепловое излучение нагретых тел имеет ту же природу, что и тепловой шум сопротивлений, рассмотренный в [3]. Тепловое излучение представляет собой электромагнитное поле, создаваемое теми же флуктуациями зарядов и токов, которые ответственны за возникновение теплового найквистовского шума. Поэтому тепловое излучение [1,2] можно рассматривать и как принципиально неустранимый внутренний шум линейных сред [3] так же как тепловой шум сопротивлений в рассматривался в качестве внутреннего шума систем с сосредоточенными параметрами. Основное внимание в этой главе мы уделим случайным полям специального вида – так называемым квазиплоским, квазигармоническим случайным волнам вида

$$E = \frac{1}{2} eA(x,y,z,t) expi(\omega_o t - k_o z) + к.с., \tag{1}$$

где $A(x,y,z.,t)$ - комплексная амплитуда, медленно меняющаяся в масштабах среднего периода колебаний. Т = 2π/ω0 и средней длины волны $\lambda = 2\pi / k_0$; е – единичный вектор поляризации волны. Поскольку для волн в линейных средах, точно так же как и для колебаний в линейных системах с сосредоточенными параметрами, справедлив принцип суперпозиции, основным аппаратом этой главы будет корреляционно – спектральная теория. В дальнейшем мы ограничимся рассмотрением полей с пространственно – временной корреляционной функцией

$$B (r_1, z_1, t_1; r_2, z_2, t_2)= \langle E(r_1, z_1, t_1) E(r_2, z_2, t_2)\rangle \tag{2}$$

(вектор r расположен в плоскости xy), которая распадается на произведение пространственной и временной корреляционных функций:

$$B = B(r_1, z_1; r_2, z_2) B(t_1, t_2; z_1, z_2)$$

Для полей с такими когерентными свойствами во многих случаях эффекты временной и пространственной когерентности можно рассматривать по отдельности. Дело в том, что пространственные масштабы, на которых проявляются эффекты временной Н пространственной модуляции, сильно различаются. Поэтому далее мы пользуемся моделью плоской шумовой волны и моделью монохроматического частично когерентного волнового пучка (имеется в виду пучок со случайной поперечной структурой, изменение поля во времени полагается гармоническим). Для описания временной статистики рассматриваемых волн мы будем пользоваться моделями случайных процессов, разобранными в [1].

При описании пространственной статистики квазиплоских случайных волн будем рассматривать пространственные корреляционные функций

$$B\ (r_1,\ z_1,\ r_2,\ z_2,)= \langle E(r_1,\ z_1,\ t)\ E(r_2,\ z_2,\ t)\rangle. \qquad (3)$$

в (2а) можно выделить корреляционные функции двух типов. Прежде всего это поперечная пространственная корреляционная функция (именно с этой функцией для волн типа (1) связывается ниже понятие пространственной когерентности)

$$B_\perp (r_1, r_2;\ z,)= B_\perp (\ \chi_{1,}\chi_{2,}\ y_1 y_2; z\ ) = \langle A(r_1,\ z)\ A^*(r_2,\ z)\rangle, \quad (4)$$

которая для статистически однородного случайного поля имеет вид

$$B_\perp = B_\perp (\ r_2 - r_1 = s;\ z\ ) = \ B_\perp\ (\ s_{x,}\ s_Y\ ;\ z\ ) \qquad (5)$$

и для изотропного поля

$$B_\perp = B_\perp\ (\ s;\ z\ ). \qquad (6)$$

Для квазиплоской случайной волны (1) весьма наглядный смысл имеет и определяемая с помощью (4а), (4б), зависящая, вообще говоря, от координаты z угловая спектральная плотность, или просто угловой спектр:

$$G(k_{x,}k_{Y,Z})= \frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty}\int B_\perp(s_x, s_y, z) e^{i(k_x s_x + k_y s_y)} ds_x ds_y\ . \qquad (7)$$

Мы будем называть квазиплоской случайную волну, для которой ширина углового спектра мала:

$$\Delta k_x/k_0\ << 1, \quad \Delta k_y/k_0 << 1. \qquad (8)$$

Таким образом, волновое поле (1) можно представлять как случайную

$$0_x\ = k_\chi /\ \ k_o << 1,\ \ 0_y = ky /\ \ k_o >>1. \qquad (9)$$

суперпозицию плоских волн, волновые векторы которых расположены вблизи оси z и составляют с ней малые углы: Поэтому далее мы будем обычно иметь дело с двумя спектральными распределениями одновременно: с угловым (волновым) спектром G(k) и частотным спектром G(ω).

Заметим, что если для временной статистики растриваемых в этой главе процессов в большинстве случаев хорошо применима модель стационарного процесса, то в подавляющем большинстве практически интересных задач случайное поле волны в плоскости, перпендикулярной направлению распространения, оказывается существенно неоднородным. При этом неоднородность поля волны, как правило, связана с ее пространственной ограниченностью.

В ряде волновых задач, и в частности в задачах о случайных волнах в нелинейных средах, наряду с поперечными корреляциями интересуются также и продольными корреляциями в случайных волнах:

$$B\|(z,\ 2 + s) = \langle A(x, y, z)A^*(x, y, z + s)\rangle.$$

Литература

1. С.А.Ахманов, Ю.Е.Дьяков, А.С.Чиркин. Москва 2010.
2. А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. Москва 2007.
3. Т.И.Трофимова. Москва 2007.