

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»  
Институт информационных технологий

Кафедра «Информационная безопасность»

## ОТЧЁТ

по лабораторной работе №2

«Электромагнитное поле. Особенности распространения радиоволн.»

по дисциплине

«Физические основы защиты информации»

Выполнил: студент гр. ИБ/б-21-2-о

Толчин Максим Владимирович

Вариант №25

Защитил с оценкой: \_\_\_\_\_

Приняла: Контылева Е.А.

Севастополь

2023

## Содержание

1. Ответы на вопросы.....	3
---------------------------	---

## Ответы на вопросы

### 1. Электромагнитное поле (ЭМП).

*Электромагнитное поле* – фундаментальное физическое поле, взаимодействующее с **электрически заряженными телами**, а также с телами, имеющими собственные дипольные и мультипольные электрические и магнитные моменты. Представляет собой совокупность электрического и магнитного полей, которые могут, при определённых условиях, порождать друг друга, а по сути являются одной сущностью, формализуемой через тензор электромагнитного поля.

### 2. Основные физические характеристики электромагнитных волн (ЭМВ).

#### Период колебания волны

*Период колебания  $T$*  – тот минимум времени, за который волна совершает одно колебание.

$$T = \lambda/v$$

#### Длина волны

*Длина волны  $\lambda$*  – расстояние, которое она проходит за одно колебание. Если точки находятся на расстоянии  $\lambda$  друг от друга, их смещения из положений равновесия будут одинаковы, и колебания в них будут происходить в одинаковой фазе.

$$\lambda = v \times T = v/f = (2\pi v)/\omega$$

#### Скорость распространения волны

Максвелл рассчитал скорость электромагнитных волн – ведь для этого нужно знать только электрическую и магнитную проницаемости. Скорость распространения излучения, она же скорость света, равна  $3 \times 10^8$  м/с. Точное значение – 299 792 458 м/с.

## **Частота колебаний электромагнитного поля**

*Частота колебаний  $\nu$*  – число полных циклов колебаний в секунду. Частоты электромагнитных волн изменяются в очень широких пределах: от нескольких колебаний в секунду до  $10^{27}$ .

$$\nu = n/t$$

## **3. Связь частоты и длины электромагнитных волн.**

$$\nu = n/\lambda$$

## **4. Характеристики свойств сред, в которых распространяются ЭМВ.**

В зависимости от характера параметров  $\epsilon, \mu, \sigma$  среды можно классифицировать следующим образом.

Среды, обладающие одинаковыми свойствами во всех точках, называются однородными. Среды, параметры которых задаются функциями координат, называются неоднородными. Среды, свойства которых не зависят от величины поля, называются линейными. Примером линейных сред являются диамагнетики  $\mu < 1$  и парамагнетики  $\mu > 1$ .

Среды, параметры которых являются функциями электрического и магнитного полей, называются нелинейными. Примером нелинейных сред являются ферромагнетики. Среды, свойства которых не зависят от направления векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ , называются изотропными. Среды, параметры которых меняются в зависимости от направления векторов магнитного и электрического поля, называются анизотропными. Примером анизотропной среды является феррит в постоянном магнитном поле. В дальнейшем мы будем рассматривать явления в однородных, линейных и изотропных средах.

## 5. Особенности распространения ЭМВ в свободном пространстве и в средах с потерями.

В свободном пространстве волны распространяются прямолинейно без потерь.

При наличии в среде потерь (даже незначительных), ее параметры  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$  оказываются зависимыми от частоты  $\omega = 2\pi f$ . Следовательно, среда с поглощением обладает дисперсией и радиоволны с разными частотами распространяются в ней с различными скоростями. Это обстоятельство приводит к искажениям радиосигналов, особенно широкополосных. Так на рисунках 3.6, а, б, в показаны варианты изменения формы импульса в среде с дисперсией.

Сформулируем основные особенности (свойства) плоских волн в среде с потерями:

- 1) Амплитуды полей  $\dot{E}_{mx}(z)$  и  $\dot{H}_{my}(z)$  убывают с возрастанием  $z$ , т.е. расстояния, которое пройдено ЭМВ. Чем больше  $\alpha$ , тем быстрее затухает амплитуда поля.
- 2) Напряженность магнитного поля отстает от напряженности электрического поля на угол  $\delta/2$ . Это приводит к сдвигу между векторами  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в пространстве на величину  $\Delta z = \frac{\delta}{2\beta}$  (рис. 3.4).
- 3) Фазовая скорость в среде с потерями меньше скорости распространения волны в среде без потерь с теми же значениями параметров  $\epsilon_a$  и  $\mu_a$ .
- 4) Среда с поглощением обладает дисперсией.

## 6. Физические закономерности, описываемые уравнениями Максвелла.

Что описывают четыре уравнения:

- 1) Из первой закономерности рассматривается поток электрического поля  $E$  сквозь какую-либо поверхность замкнутого типа. Можно наблюдать зависимость между потоком и суммарным зарядом. Уравнение является законом или теоремой Гаусса.

- 2) Второе уравнение Максвелла выражает закон Фарадея, на основе которого функционируют электрические моторы. В двигателях возникает ток в катушке в процессе вращения магнита.
- 3) Третье уравнение Максвелла также представляет собой закон Гаусса, но в рамках электрического поля. В этом случае для потока магнитного поля будет характерно нулевое значение. Положительные и отрицательные заряды существуют отдельно друг от друга и порождают вблизи электрическое поле, а магнитные заряды – отсутствуют в природе.
- 4) Четвертый постулат Максвелла имеет наибольшее значение. Исходя из уравнения, был введен термин тока смещения. Данная формула получила название теоремы о циркуляции вектора магнитной индукции. Согласно этому утверждению, вихревое магнитное поле образовано электрическим током и изменением электрического поля.

Смысл уравнений Максвелла:

- 1) *Первое уравнение* – электрическое поле сформировано электрическим зарядом.
- 2) *Второе уравнение* – вихревое электрическое поле формируется в результате изменений магнитного поля.
- 3) *Третье уравнение* – магнитные заряды отсутствуют в природе.
- 4) *Четвертое уравнение* – вихревое магнитное поле является результатом электрического тока и изменений электрической индукции.

## **7. Теорема Пойтинга (Умова-Пойтинга).**

*Теорема Пойнтинга* – теорема, описывающая закон сохранения энергии электромагнитного поля.

## **8. Фазовый фронт ЭМВ.**

*Фазовый фронт* – геометрическое место точек, в котором колебания имеют одинаковую фазу. Для плоской волны фазовый фронт – плоскость, перпендикулярная направлению распространения. Для волны, возбуждаемой точечным источником, фазовый фронт – сфера.

## 9. Интерференция ЭМВ.

*Интерференция волн* – взаимное увеличение или уменьшение результирующей **амплитуды** двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга<sup>[1]</sup>. Сопровождается чередованием максимумов (пучностей) и минимумов (узлов) интенсивности в пространстве. Результат интерференции (интерференционная картина) зависит от разности фаз накладываются волн.

## 10. Диапазоны ЭМВ.

Название диапазона		Длины волн, $\lambda$	Частоты, $\nu$	Источники
<u>Радиоволны</u>	<u>Сверхдлинные</u>	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные явления. Переменные токи в проводниках и электронных потоках ( <u>колебательные контуры</u> ).
	<u>Длинные</u>	10 км — 1 км	30 кГц — 300 кГц	
	<u>Средние</u>	1 км — 100 м	300 кГц — 3 МГц	
	<u>Короткие</u>	100 м — 10 м	3 МГц — 30 МГц	
	<u>Ультракороткие</u>	10 м — 1 мм	30 МГц — 300 ГГц <sup>[4]</sup>	
<u>Инфракрасное излучение</u>		1 мм — 780 нм	300 ГГц — 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях.
<u>Видимое (оптическое) излучение</u>		780 — 380 нм	429 ТГц — 750 ТГц	
<u>Ультрафиолетовое</u>		380 — 10 нм	$7,5 \times 10^{14}$ Гц — $3 \times 10^{16}$ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов.
<u>Рентгеновские</u>		10 нм — 5 пм	$3 \times 10^{16}$ — $6 \times 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц.
<u>Гамма</u>		менее 5 пм	более $6 \times 10^{19}$ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад.

## **11. Особенности распространения ЭМВ различных диапазонов в условиях Земли.**

**Сверхдлинные** волны слабо поглощаются при прохождении в толще суши или моря и поэтому могут проникать на глубину в несколько десятков метров. Это дает возможность их использования для связи с погруженными подводными лодками, а также для подземной радиосвязи. Существуют специальные системы связи с несущей частотой около 80 Гц.

**Длинные волны** при распространении земной (поверхностной) волной испытывают незначительное поглощение энергии независимо от вида и состояния земной поверхности. Кроме того, длинные волны хорошо огибают сферическую поверхность Земли, а также другие препятствия значительных размеров. Оба эти фактора обуславливают возможность распространения длинных волн земной волной на расстояние около 3000 км.

**Средние волны** испытывают значительное поглощение в поверхности Земли, дальность распространения земной волны ограничена расстоянием 500-700 км. На большие расстояния радиоволны распространяются ионосферной волной.

**Короткие волны** могут распространяться, как земные, и не зависимо от времени суток, как ионосферные. Короткие волны слабо огибают поверхность Земли. С повышением частоты сильно возрастает поглощение волн в полупроводящей поверхности Земли.

**Ультракороткие волны**, как правило, не отражаются от ионосферы, так как максимальная концентрация электронов в ионосфере не превосходит величины порядка  $10^{12} \text{ м}^{-3}$ . Связь на УКВ возможна только в пределах прямой видимости.

## **12. Параметрический канал утечки информации.**

Перехват информации возможен путем «высокочастотного облучения» ТСПИ. При взаимодействии облучающего электромагнитного поля с элементами ТСПИ происходит переизлучение электромагнитного поля. В



ряде случаев это вторичное излучение имеет модуляцию, обусловленную воздействием информационного сигнала.

Поскольку переизлученное электромагнитное поле имеет параметры, отличные от облучающего поля, данный канал утечки информации часто называют *параметрическим*.

Для перехвата информации по данному каналу необходимы специальные высокочастотные генераторы с антеннами, имеющими узкие диаграммы направленности, и специальные радиоприемные устройства.

### **13. Особенности распространения световых волн**

**Волновые свойства света:** свету присущи все свойства электромагнитных волн: отражение, преломление, интерференция, дифракция, поляризация, свет может оказывать давление на вещество, поглощаться средой, вызывать явление фотоэффекта.

### **14. Световод**

*Световод (оптический волновод)* – закрытое пассивное устройство для направленной передачи света. В открытом пространстве передача света возможна только в пределах прямой видимости, при этом возникают потери вызванные исходной расходимостью излучения, а так-же поглощением и рассеянием в атмосфере. Световоды позволяют передавать свет по криволинейным трассам, а так-же существенно уменьшить потери энергии излучения при её передаче на расстояние.

### **15. Дальность распространения сигнала по двухпроводной телефонной линии.**

Дальность не превышает 100 метров, так как в двухпроводной линии происходит затухание высокочастотного сигнала.

