Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет инфокоммуникаций

Кафедра защиты информации

Лабораторная работа №5

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕННЫХ ВОЛН ПРИ НАКЛОННОМ ПАДЕНИИ НА ОТРАЖАЮЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Проверил: Выполнили

ст. гр. 961401:

Кечик Д.А. Савченко Е.А.

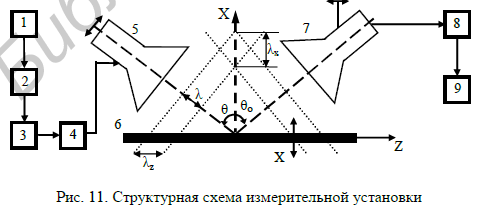
Савич О.А.

Минск 2021

**1. Цель работы:**

1. Исследовать структуру поля электромагнитной волны при наклонном падении на отражающую поверхность.
2. Провести измерение параметров направленной электромагнитной волны (ЭМВ), отраженной от проводящей поверхности.

**2.** **Структурная схема экспериментальной установки с указанием режимов и параметров настройки.**



Структурная схема измерительной установки приведена на рис. 11.

1. Напряжение постоянного тока с регулируемого источника питания 1 подается на генератор сверхвысокой частоты.

2. Изменением напряжения питания добиваются устойчивой работы СВЧ-генератора. Для уменьшения влияния рассогласования в тракте передачи последовательно с генератором СВЧ включен ферритовый вентиль.

3. Формирование ЭМП падающей волны требуемой поляризации осуществляется с помощью рупорной антенны 5, мощность излучения которой регулируется с помощью аттенюатора 4.

После отражения ЭМВ от проводящего экрана 6 в области Х > 0 устанавливается интерференционная картина поля, характеризующаяся периодическим изменением амплитуды составляющих векторов напряженностей при перемещении зонда 7 вдоль координат Х и Z. Перемещая зонд 7, ориентированный на измерение одной из составляющих поля (Ex, Еy, Ez), вдоль координаты Z, можно последовательно измерить значение поля в максимумах и минимумах. Расстояние между двумя соседними минимумами или максимумами:



Подобным образом измеряется значение длины волны вдоль координаты Y. При этом необходимо зафиксировать измерительный зонд в одном из положений Zmin или Zmax и перемещением отражающего экрана 6 последовательно измерить значения поля в точках Xminl, Xmin2, Xmaxl, Xmax2. Откуда



Энергия интерференционного поля, принятая зондом, поступает на детекторную секцию 7, где осуществляется преобразование в постоянный ток. Ток, пропорциональный энергии интерференционного поля ЭМВ, контролируется с помощью микроамперметра 9.

Конструкция измерительной установки предусматривает возможность проведения измерений распределения поля в зависимости от угла падения волны 9 для ортогональных линейных видов поляризации. Для этого рупорная антенна 5 имеет возможность вращения вокруг оси излучения.

**3.Результаты экспериментальных и теоретических исследований**

3.2.3. Заданная частота излучения: *f* = 10ГГц.

3.2.5. Установили напряжение источника Uист ≈ 10 В

3.2.7. Установили угол падения θ = 40º при вертикальной поляризации падающей волны и сняли зависимости тока детектора от перемещения cтойки с принимающей антенной для составляющих поля Ex, Еy, Ez.

Движение антенны вдоль оси Z:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z, см | 15,3 | 15,1 | 14,9 | 14,7 | 14,5 | 14,3 | 14,1 | 13,9 | 13,7 | 13,5 | 13,3 | 13,1 | 12,9 |
| Ex, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ey, мВ | 40 | 34 | 30 | 26 | 25 | 23 | 20 | 17 | 15 | 12 | 11 | 9 | 7 |
| Ez, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 12,7 | 12,5 | 12,3 | 12,1 | 11,9 | 11,7 | 11,5 | 11,3 | 11,1 | 10,9 | 10,7 | 10,5 | 10,3 | 10,1 | 9,9 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 17 | 20 | 22 | 24 | 26 | 22 | 30 | 37 | 40 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3.2.8. Движение антенны вдоль оси X:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X, см | 14,3 | 14,1 | 13,9 | 13,7 | 13,5 | 13,3 | 13,1 | 12,9 | 12,7 | 12,5 | 12,3 | 12,1 |
| Ex, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ey, мВ | 65 | 60 | 55 | 47 | 43 | 28 | 31 | 35 | 28 | 20 | 18 | 14 |
| Ez, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11,9 | 11,7 | 11,5 | 11,3 | 11,1 | 10,9 | 10,7 | 10,5 | 10,3 | 10,1 | 9,9 | 9,7 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 15 | 20 | 25 | 28 | 33 | 36 | 29 | 35 | 33 | 38 | 42 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3.2.10. Изменили поляризацию падающей волны поворотом секции излучателя на 90°. При тех же углах падения произвести измерения тока детектора, соответствующие компонентам Ex, Ey, Еz вдоль осей Х и Z.

Движение антенны вдоль оси Z:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z, см | 13,5 | 13,2 | 12,9 | 12,6 | 12,3 | 12 | 11,7 | 11,4 | 11,1 | 10,8 | 10,5 | 10,2 | 9,9 | 9,6 | 9,3 |
| Ex, мВ | 4 | 5 | 7 | 7 | 9 | 10 | 11 | 16 | 20 | 26 | 31 | 30 | 26 | 24 | 20 |
| Ey, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ez, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9 | 8,7 | 8,4 | 8,1 | 7,8 | 7,5 | 7,2 | 6,9 | 6,6 | 6,3 | 6 | 5,7 | 5,4 | 5,1 | 4,9 |
| 23 | 25 | 27 | 25 | 30 | 25 | 40 | 30 | 30 | 25 | 20 | 15 | 15 | 15 | 10 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Движение антенны вдоль оси X:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X, см | 13,8 | 13,5 | 13,2 | 12,9 | 12,6 | 12,3 | 12 | 11,7 | 11,4 | 11,1 | 10,8 | 10,5 | 10,2 | 9,9 | 9,6 | 9,3 |
| Ex, мВ | 3 | 5 | 10 | 16 | 35 | 59 | 70 | 90 | 102 | 91 | 73 | 45 | 31 | 15 | 4 | 4 |
| Ey, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ez, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Движение антенны вдоль оси X:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X, см | 13,8 | 13,5 | 13,2 | 12,9 | 12,6 | 12,3 | 12 | 11,7 | 11,4 | 11,1 | 10,8 |
| Ex, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ey, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ez, мВ | 23 | 15 | 14 | 14 | 10 | 6 | 5 | 7 | 11 | 22 | 25 |

Движение антенны вдоль оси Z:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z, см | 14,4 | 14,1 | 13,8 | 13,5 | 13,2 | 12,9 | 12,6 | 12,3 | 12 | 11,7 | 11,4 | 11,1 | 10,8 | 10,5 | 10,2 |
| Ex, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ey, мВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ez, мВ | 27 | 16 | 14 | 11 | 7 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 7 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9,9 | 9,6 | 9,3 | 9 | 8,7 | 8,4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 15 | 19 | 24 | 32 | 35 |

3.2.10. По результатам измерений построим графики изменения соответствующих составляющих поля вдоль осей координат Х и Z

Вертикальная поляризация:

Chart, line chart

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated

Горизонтальная поляризация:

Chart, line chart

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated

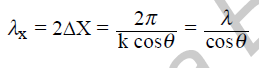
Chart, line chart

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated

Рассчитаем рабочую длину волны по формуле

******

λ = 2\*ΔX\*cosθ = 2\*0,23 \* 0,766 = 0,35236 м

3.2.12. Рассчитаем характеристическое сопротивление для горизонтальной и вертикальной поляризаций с помощью выражений:





 242,202371 Ом

586,1967379 Ом

3.2.13. Определим фазовую скорость и скорость передачи энергии при распространении ЭМВ для заданного угла



νф = 4,667 \* 10^8 м/c

νэ = 1,928 \* 10^8 м/c

**4. Вывод**

В результате работы была исследована структура поля электромагнитной волны при наклонном падении на отражающую поверхность. Так же проведено измерение параметров направленной ЭМВ, отраженной от проводящей поверхности.