

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ МУХАММАДА АЛЬ-ХОРАЗМИЙ**

ФАКУЛЬТЕТ «РАДИО И МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ»

**Кафедра
«Системы телерадиовещания»**

Губенко Владислав Анатольевич

**СБОРНИК ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНАМ
«ОСНОВЫ АНТЕНН», «АНТЕННЫ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ
СВЯЗИ И РАДИОВОЛННЬ»**

Методические указания

Ташкент 2019

Губенко В. А.

Сборник лабораторных работ по дисциплинам «Основы антенн», «Антенны беспроводных систем связи и радиоволны». Методические указания – Ташкент, ТУИТ, 2019.

Сборник методических указаний предназначен для использования в учебном процессе при изучении дисциплин «Основы антенн» и «Антенны беспроводных систем связи и распространение волн» студентами направления образования «Телекоммуникационные системы» специализаций «Телерадиовещание» и «Мобильные системы».

Методические указания содержат описание лабораторных установок, задание к выполнению лабораторных работ, порядок их выполнения, требования к оформлению отчета, контрольные вопросы, список литературы и приложение.

Методические указания рассмотрены на Научно-методическом Совете Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий и рекомендованы к печати («26.03.2019» протокол № «9(121)»).

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий, 2019

Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИРЕКТОРНОЙ АНТЕННЫ

1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование направленных свойств директорной антенны.

1.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Установка позволяет исследовать направленные свойства директорной антенны. На рис.1.1 представлена структурная схема установки для снятия характеристики направленности директорной антенны.



Рис.1.1. Структурная схема установки для исследования направленных свойств директорной антенны (1 – генератор, 2 – коаксиальный фидер, 3 – передающая антенна, 4 – приемная директорная антенна, 5 – резонансный волномер с индикаторным прибором)

Лабораторная установка исследуемой директорной антенны представляет собой комбинированную конструкцию, состоящую из трех излучающих элементов: активного одиночного петлевого симметричного вибратора, пассивных директора и рефлектора. Активный вибратор жестко закреплен на вертикальной подвижной штанге, к его входу через симметрирующее устройство типа U-колена подключен коаксиальный фидер.

К точке нулевого потенциала петлевого вибратора закреплена траверса (несущая), на которую крепятся пассивные директор и рефлектор. В процессе

1 O'QUV ZALI

MUHAMMAD AL-KORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
AXBOROT-RESURS MARKAZI

исследований можно менять размеры директора и рефлектора, а также их местоположение, перемещая их по траверсе.

Антенна исследуется на одной частоте, заданной преподавателем.

1.3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

1.3.1. Снять характеристику направленности активного петлевого вибратора на заданной частоте.

1.3.2. Собрать и настроить двухэлементную директорную антенну, состоящую из активного петлевого вибратора и пассивного рефлектора.

1.3.3. Снять характеристику направленности двухэлементной антенны.

1.3.4. Собрать и настроить трехэлементную директорную антенну, состоящую из активного петлевого вибратора, пассивного рефлектора и пассивного директора.

1.3.5. Снять характеристику направленности трехэлементной директорной антенны.

1.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.4.1. Собрать установку для снятия характеристик направленности (см. рис. 1.1).

1.4.2. Включить генератор и дать ему прогреться в течение 10...15 минут.

1.4.3. Установить частоту генератора, заданную преподавателем.

1.4.4. Установить угол направления петлевого вибратора на передающую антенну, равный нулю градусов.

1.4.4. Настроить резонансный волномер по максимальному отклонению стрелки индикаторного прибора волномера.

1.4.5. Поворачивая подвижную штангу с петлевым вибратором с шагом в 10° , снять его характеристику направленности, записывая углы φ и показания индикаторного прибора волномера $f(\varphi)$ в таблицу 1.1. Измерения провести во всем секторе углов от 0 до 360 градусов.

1.4.6. Установить рефлектор на траверсу и настроить его.

Размер рефлектора должен быть больше, чем размер петлевого вибратора.

Рефлектор следует установить на расстоянии $\lambda/4$ от петлевого вибратора. Затем исследуемую антенну следует сориентировать относительно передающей антенны так, чтобы рефлектор находился со стороны приходящего сигнала. Перемещая рефлектор по траверсе, следует добиться минимального показания индикаторного прибора волномера. Перемещение следует производить с малым шагом, при этом при каждом новом положении рефлектора следует минимизировать влияние внешних факторов на исследуемую антенну.

1.4.7. Поворачивая подвижную штангу с петлевым вибратором и рефлектором, снять их характеристику направленности, записывая углы φ и показания индикаторного прибора волномера $f(\varphi)$ в таблицу 1.1. Измерения провести во всем секторе углов от 0 до 360 градусов.

1.4.8. Не снимая рефлектор, установить на траверсу и настроить директор.

Размер директора должен быть меньше, чем размер петлевого вибратора.

Затем исследуемую антенну следует сориентировать относительно передающей антенны так, чтобы директор находился со стороны приходящего сигнала. Перемещая директор по траверсе, следует добиться максимального показания индикаторного прибора волномера. Перемещение следует производить с малым шагом, при этом при каждом новом положении директора следует минимизировать влияние внешних факторов на исследуемую антенну.

1.4.9. Поворачивая подвижную штангу с петлевым вибратором, рефлектором и директором снять их характеристику направленности, записывая показания индикаторного прибора волномера $f(\varphi)$ в таблицу 1.1. Измерения провести во всем секторе углов от 0 до 360 градусов.

1.4.10. Рассчитать и записать в таблицу нормированные характеристики направленности $F(\varphi)$.

1.4.11. Построить нормированные диаграммы направленности в прямоугольной системе координат.

Таблица 1.1

Результаты снятия характеристик направленности

Вид антенны	φ°	0	10	20	30	...	360
Одиночный петлевой вибратор	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Петлевой вибратор с рефлектором	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Петлевой вибратор с рефлектором и директором	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						

1.5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1.5.1. Структурную схему лабораторной установки.

1.5.2. Таблицу с результатами измерений.

1.5.3. Нормированные диаграммы направленности одиночного петлевого вибратора, двухэлементной директорной антенны и трехэлементной директорной антенны в прямоугольной системе координат.

1.5.4. Значения ширины главного лепестка трех диаграмм направленности по нулевой и половинной мощностям излучения.

1.5.5. Эскизы одиночного петлевого вибратора, двухэлементной директорной антенны и трехэлементной директорной антенны с указанием

их конструктивных размеров, определенных в процессе настройки рефлектора и директора.

1.5.4. Выводы.

1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1.6.1. Как изменяется диаграмма направленности симметричного вибратора в зависимости от его относительной длины l/λ в плоскостях Е и Н?

1.6.2. Как изменяется входное сопротивление симметричного вибратора в зависимости от его относительной длины l/λ ?

1.6.3. Каковы свойства активного и пассивного симметричных вибраторов?

1.6.4. Каковы свойства рефлектора?

1.6.5. Каковы свойства директора?

1.6.6. Как выбирается количество элементов в директорной антенне?

1.6.7. Как выбирается расстояние между элементами директорной антенны?

1.6.8. Как выбираются длины элементов директорной антенны?

1.6.9. Почему активный вибратор рекомендуется выполнять в виде петлевого вибратора?

1.6.10. Как запитывается директорная антенна?

1.6.11. Почему необходимо применять симметрирующие устройства для питания директорной антенны?

1.6.12. Какие виды симметрирующих устройств используются в директорных антеннах УКВ.

1.6.13. Каковы достоинства директорной антенны?

1.6.14. Каковы недостатки директорной антенны?

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование направленных свойств логопериодической антенны.

2.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема установки для исследования диаграммы направленности ЛПА показана на рис.2.1.



Рис.2.1. Структурная схема установки для исследования направленных свойств логопериодической антенны (1 – генератор, 2 – коаксиальный фидер, 3 – передающая антенна, 4 – приемная логопериодическая антенна, 5 – резонансный волномер с индикаторным прибором)

Лабораторная установка исследуемой антенны состоит из логопериодической антенны, закрепленной на вертикальной подвижной штанге.

Антенна исследуется на трех частотах, заданных преподавателем.

2.3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

2.3.1. По геометрическим размерам логопериодической антенны определить ее полосу рабочих частот.

2.3.2. Снять характеристику направленности логопериодической антенны на трех частотах: f_1, f_2, f_3 .

2.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.4.1.Собрать установку для снятия характеристик направленности (см. рис.2.1).

2.4.2.Включить генератор и дать ему прогреться в течение 10...15 минут.

2.4.3.Установить частоту генератора f_i , заданную преподавателем.

2.4.4.Установить угол направления логопериодической антенны на передающую антенну, равный нулю градусов.

2.4.4.Настроить резонансный волномер по максимальному отклонению стрелки индикаторного прибора волномера.

2.4.5.Поворачивая подвижную штангу с антенной с шагом в 5° , снять ее характеристику направленности, записывая показания индикаторного прибора волномера $f(\varphi)$ в таблицу 2.1. Измерения провести во всем секторе углов от 0 до 360 градусов.

Таблица 2.1
Результаты снятия характеристик направленности

Частота, МГц	φ°	0	5	10	15	...	360
f_1	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
f_2	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
f_3	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						

- 2.4.6. Установить частоту генератора f_2 , заданную преподавателем.
- 2.4.7. Повторить пункты 2.4.4-2.4.5.
- 2.4.8. Установить частоту генератора f_3 , заданную преподавателем.
- 2.4.9. Повторить пункты 2.4.4-2.4.5.
- 2.4.10. Рассчитать и записать в таблицу нормированные характеристики направленности $F(\varphi)$.
- 2.4.11. Построить нормированные диаграммы направленности в прямоугольной системе координат.

2.5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- 2.5.1. Структурную схему лабораторной установки.
- 2.5.2. Таблицу с результатами измерений.
- 2.5.3. Нормированные диаграммы направленности логопериодической антенны на трех частотах.
- 2.5.4. Значения ширины главного лепестка трех диаграмм направленности по нулевой и половинной мощностям излучения.
- 2.5.5. Эскиз логопериодической антенны с указанием ее конструктивных размеров.
- 2.5.6. Выводы.

2.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 2.6.1. Какой принцип положен в основу конструкции логопериодической антенны?
- 2.6.2. Объясните принцип действия логопериодической антенны.
- 2.6.3. Что называется “активной зоной” логопериодической антенны?
- 2.6.4. Чем определяются направленные свойства логопериодической антенны?

2.6.5. Чем определяется входное сопротивление логопериодической антенны?

2.6.6. Чем ограничивается рабочий диапазон логопериодической антенны?

2.6.7. Почему антенна называется логопериодической?

2.6.8. Почему ширина диаграммы направленности плоской логопериодической антенны в плоскости H шире, чем в плоскости E ?

2.6.9. Каковы достоинства логопериодической антенны?

2.6.10. Каковы недостатки логопериодической антенны?

Лабораторная работа 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНФАЗНОЙ ПАНЕЛЬНОЙ АНТЕННЫ

3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование направленных свойств синфазной панельной антенны.

3.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема установки для исследования диаграммы направленности синфазной панельной антенны показана на рис.3.1.



Рис.3.1. Структурная схема установки для исследования направленных свойств синфазной панельной антенны (1 – генератор, 2 – коаксиальный фидер, 3 – передающая антенна, 4 – приемная синфазная панельная антенна, 5 – резонансный волномер с индикаторным прибором)

Лабораторная установка исследуемой антенны состоит из синфазной панельной антенны, закрепленной на вертикальной подвижной штанге.

Антенна исследуется на трех частотах, заданных преподавателем.

3.3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

3.1. Снять характеристику направленности синфазной панельной антенны на трех частотах: f_1, f_2, f_3 .

3.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.4.1. Собрать установку для снятия характеристик направленности (см. рис.3.1).

3.4.2. Включить генератор и дать ему прогреться в течение 10...15 минут.

3.4.3. Установить частоту генератора f_1 , заданную преподавателем.

3.4.4. Установить угол направления синфазной панельной антенны на передающую антенну, равный нулю градусов.

3.4.4. Настроить резонансный волномер по максимальному отклонению стрелки индикаторного прибора волномера.

3.4.5. Поворачивая подвижную штангу с антенной с шагом в 5° , снять ее характеристику направленности, записывая показания индикаторного прибора волномера $f(\varphi)$ в таблицу 3.1. Измерения провести во всем секторе углов от 0 до 360 градусов.

3.4.6. Установить частоту генератора f_2 , заданную преподавателем.

3.4.7. Повторить пункты 3.4.4-3.4.5.

3.4.8. Установить частоту генератора f_3 , заданную преподавателем.

3.4.9. Повторить пункты 3.4.4-3.4.5.

Таблица 3.1
Результаты снятия характеристик направленности

Частота, МГц	φ°	0	5	10	15	...	360
f_1	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
f_2	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
f_3	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						

3.4.10. Рассчитать и записать в таблицу нормированные характеристики направленности $F(\varphi)$.

3.4.11. Построить нормированные диаграммы направленности в прямоугольной системе координат.

3.5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

3.5.1. Структурную схему лабораторной установки.

3.5.2. Таблицу с результатами измерений.

3.5.3. Нормированные диаграммы направленности синфазной панельной антенны на трех частотах.

3.5.4. Значения ширины главного лепестка трех диаграмм направленности по нулевой и половинной мощностям излучения.

3.5.5. Эскиз синфазной панельной антенны с указанием ее конструктивных размеров.

3.5.6. Выводы.

3.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

3.6.1. Как с помощью антенных решёток формируется остронаправленное излучение?

3.6.2. Какая антенная решётка называется линейной?

3.6.3. Какая антенная решётка называется эквидистантной?

3.6.4. Какая антенная решётка называется равноамплитудной?

3.6.5. Какая антенная решётка называется синфазной?

3.6.6. Каков смысл теоремы перемножения ХН?

3.6.7. От каких параметров зависят направленные свойства линейной и плоской антенных решеток?

3.6.8. Каковы конструктивные особенности панельных антенн?

3.6.9. Каковы основные характеристики панельных антенн?

Лабораторная работа 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗИРОВАННОЙ ПАНЕЛЬНОЙ АНТЕННЫ

4.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование направленных свойств фазированной панельной антенны.

4.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема установки для исследования диаграммы направленности фазированной панельной антенны показана на рис.4.1.



Рис.4.1. Структурная схема установки для исследования направленных свойств фазированной панельной антенны (1 – генератор, 2 – коаксиальный фидер, 3 – передающая антенна, 4 – приемная фазированная панельная антенна, 5 – резонансный волномер с индикаторным прибором)

Лабораторная установка исследуемой антенны состоит из фазированной панельной антенны, закрепленной на вертикальной подвижной штанге.

В состав конструкции исследуемой антенны входит фазовращатель, посредством которого устанавливаются определенные фиксированные значения фазы токов возбуждения ее элементов.

Антенна исследуется для четырех значений фазовращателя на фиксированной частоте, заданных преподавателем.

4.3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

4.3.1. Снять характеристику направленности фазированной панельной антенны для четырех значений фазовращателя: p_0, p_1, p_2, p_3 .

4.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.4.1.Собрать установку для снятия характеристик направленности (см. рис.4.1).

4.4.2.Включить генератор и дать ему прогреться в течение 10...15 минут.

4.4.3.Установить частоту генератора f , заданную преподавателем.

4.4.4.Установить значение фазовращателя антенны ρ_0 , равное нулю, что соответствует синфазной панельной антенне.

4.4.5. Установить угол направления исследуемой антенны на передающую антенну, равный нулю градусов.

4.4.6.Настроить резонансный волномер по максимальному отклонению стрелки индикаторного прибора волномера.

4.4.7.Поворачивая подвижную штангу с антенной с шагом в 5° , снять ее характеристику направленности, записывая показания индикаторного прибора волномера $f(\varphi)$ в таблицу 4.1. Измерения провести во всем секторе углов от 0 до 360 градусов.

4.4.8.Установить значение фазовращателя антенны, равное ρ_1 .

4.4.9.Поворачивая подвижную штангу с антенной, найти угол φ_{max} , соответствующий максимуму стрелки индикаторного прибора волномера. Записать его значение в таблицу 4.1.

4.4.10.Относительно найденного угла, поворачивая подвижную штангу с антенной с шагом в 5° , снять ее характеристику направленности, записывая показания индикаторного прибора волномера $f(\varphi)$ в таблицу 4.1. Измерения провести во всем секторе углов от 0 до 360 градусов.

4.4.11.Установить значение фазовращателя антенны, равное ρ_2 .

4.4.12.Повторить пункты 4.4.9-4.4.10.

4.4.13.Установить значение фазовращателя антенны, равное ρ_3 .

4.4.14. Повторить пункты 4.4.9-4.4.10.

4.4.15.Рассчитать и записать в таблицу нормированные характеристики направленности $F(\varphi)$.

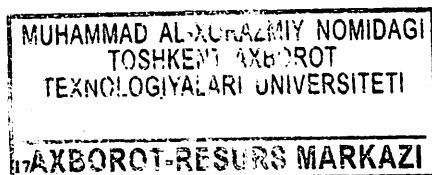
Таблица 4.1

Результаты снятия характеристик направленности

Синфазная панельная антенна	φ°	0	5	10	15	...	360
$P_0=0$	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Положение фазовращателя	φ°	φ_{max}					
	$f(\varphi)$						
$P_1- ...$	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
$P_2- ...$	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
$P_3- ...$	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						

4.4.16. Построить нормированные диаграммы направленности в прямоугольной системе координат.

4.4.17. Определив угол поворота (направление) главного лепестка диаграммы направленности для каждого положения фазовращателя, рассчитать по формуле $\psi = kdsin\varphi_{max}$ значение фазового сдвига ψ между токами, возбуждающими элементы антенны. Результаты расчета занести в таблицу 4.2.



Положение фазовращателя	P_0	P_1	P_2	P_3
Направление главного лепестка ДН φ_{max} , градусы				
ψ , градусы				

4.5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- 4.5.1. Структурную схему лабораторной установки.
- 4.5.2. Таблицу с результатами измерений.
- 4.5.3. Нормированные диаграммы направленности фазированной панельной антенны для четырех значений фазовращателя.
- 4.5.4. Значения ширины главного лепестка трех диаграмм направленности по нулевой и половинной мощностям излучения.
- 4.5.5. Значения фазовых сдвигов ψ между токами, возбуждающими элементы антенны.
- 4.5.6. Эскиз фазированной панельной антенны с указанием ее конструктивных размеров.
- 4.5.7. Выводы.

4.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.6.1. Что называется фазированной антенной решеткой?
- 4.6.2. Как добиваются несинфазности возбуждения элементов антенной решетки?
- 4.6.3. Как в антенной решетке можно управлять направлением главного луча диаграммы направленности?

4.6.4. От чего зависит величина наклона главного лепестка диаграммы направленности антенной решетки?

4.6.5. Какова функция фазовращателей в несинфазной антенной решетке?

4.6.6. Какие схемы возбуждения элементов применяют в несинфазных антенных решетках?

4.6.7. Каковы достоинства и недостатки параллельной схемы возбуждения элементов антенной решетки?

4.6.8. Каковы достоинства и недостатки последовательной схемы возбуждения элементов антенной решетки?

Лабораторная работа 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

5.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование направленных свойств диэлектрической антенны.

5.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема установки для исследования диаграммы направленности диэлектрической антенны показана на рис.5.1.

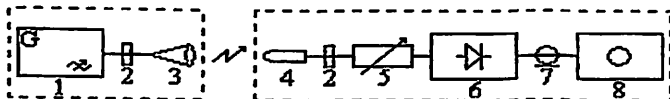


Рис.5.1. Структурная схема установки для исследования направленных свойств диэлектрической антенны (1 - генератор, 2 - прямоугольный волновод, 3 - передающая рупорная антенна, 4 - исследуемая диэлектрическая антенна, 5 - аттенюатор волноводный калиброванный, 6 - детекторная секция, 7 - коаксиальный кабель, 8 - измерительный прибор)

Установка позволяет измерить характеристику направленности диэлектрической антенны в H плоскости с несколькими различными стержнями. Исследуемая антенна состоит из возбуждающего прямоугольного волновода, в открытый конец которого вставляются диэлектрические стержни различной формы, длины и материалов (они задаются преподавателем перед проведением исследований). В состав конструкции исследуемой антенны, закрепленной на вертикальной подвижной штанге, также входят: аттенюатор, детекторная секция и измерительный прибор.

Измерения проводятся на одной фиксированной частоте, заданной преподавателем.

В комплект диэлектрических стержней входят:

- цилиндрические короткий, длинный, эталонный, изготовленные из полистирола;
- цилиндрические короткий, длинный, изготовленные из фторопласта;
- конические короткий, длинный, изготовленные из полистирола;
- конические короткий, длинный, изготовленные из фторопласта;
- с периодически изменяющимися вдоль оси диаметрами, изготовленные из фторопласта;
- ребристо-стержневые, изготовленные из фторопласта.

5.3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

5.3.1. Снять характеристики направленности диэлектрической антенны для случаев трех стержней, заданных преподавателем.

5.3.2. Определить значения коэффициента направленного действия исследуемых стержневых антенн по сравнению с антенной с эталонным стержнем.

5.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.4.1. Установить частоту генератора, соответствующую одноволновому режиму для возбуждающего прямоугольного волновода.

5.4.2. Включить генератор и дать ему прогреться в течение 10...15 минут.

5.4.3. Вставить в открытый конец волновода заданный преподавателем стержень. Снять характеристику направленности диэлектрической антенны в секторе углов $-40^{\circ} \leq \varphi \leq +40^{\circ}$, поворачивая ее с шагом в 2° . Записать показания измерительного прибора $f(\varphi)$ в таблицу 5.1.

5.4.4. Повторить пункт 5.4.3 для других заданных стержней.

Таблица 5.1

Результаты снятия характеристик направленности

Типы стержней	φ°	0	2	4	6	...	40
Стержень 1	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{\max}$						
Стержень 2	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{\max}$						
Стержень 3	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{\max}$						
Типы стержней	φ°	0	-2	-4	-6	...	-40
Стержень 1	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{\max}$						
Стержень 2	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{\max}$						
Стержень 3	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{\max}$						

5.4.5. Рассчитать и записать в таблицу нормированные характеристики направленности $F(\varphi)$.

5.4.6. Построить нормированные диаграммы направленности в прямоугольной системе координат.

5.4.7. Определить методом сравнения коэффициент направленного действия исследованных антенн.

Для этого сначала необходимо вставить в открытый конец прямоугольного волновода эталонный стержень. Затем, поворачивая антенну, найти максимальное значение показания измерительного прибора, при этом стрелка аттенюатора должна быть установлена на значение $N_1 = 0$ дБ. Записать показания измерительного прибора в таблицу 5.2.

Не меняя положения антенны, вынуть эталонный стержень из открытого конца прямоугольного волновода и вставить в него стержень 1.

Вращая ручку аттенюатора, установить такое же значение измерительного прибора, что и в случае эталонного стержня. Записать в таблицу 5.2 новое значение показания стрелки аттенюатора N_2 .

Повторить те же действия для стержней 2 и 3.

Коэффициент направленного действия антенны с разными стержнями относительно антенны с эталонным стержнем определяется как $N_2 - N_1$. Его значения для антенн с исследованными стержнями необходимо записать в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Значения аттенюатора и КНД антенн

Виды стержней	Показание прибора при $N_1 = 0$ дБ	Показания аттенюатора N_2 , дБ	Значение КНД, дБ
Эталонный стержень		-	-
Стержень 1	-		
Стержень 2	-		
Стержень 3	-		

5.5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

5.5.1. Структурную схему лабораторной установки.

5.5.2. Таблицу с результатами измерений.

5.5.3. Нормированные диаграммы направленности диэлектрической антенны для трех стержней.

5.5.4. Значения ширины главного лепестка трех диаграмм направленности по нулевой и половинной мощностям излучения.

5.5.5. Таблица со значениями коэффициента направленного действия антенны для трех стержней.

5.5.6. Эскиз диэлектрической антенны.

5.5.7. Выводы.

5.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.6.1. Какова конструкция диэлектрической антенны?

5.6.2. Каков принцип работы диэлектрической антенны?

5.6.3. Какими факторами ограничивается длина стержневой антенны, как определяется ее оптимальная длина?

5.6.4. Как зависит форма диаграммы направленности от формы и размеров диэлектрического стержня?

5.6.5. Как осуществляется согласование диэлектрического стержня с волноводом и окружающей средой?

5.6.6. Что называется коэффициентом замедления? Какова его зависимость от размеров диэлектрического стержня?

5.6.7. Как можно возбуждать диэлектрические стержни?

5.6.8. Каковы достоинства диэлектрической антенны?

5.6.9. Каковы недостатки диэлектрической антенны?

Лабораторная работа 6

ИССЛЕДОВАНИЕ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ

6.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование направленных свойств рупорной антенны.

6.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема установки для исследования диаграммы направленности рупорных антенн показана на рис.6.1.

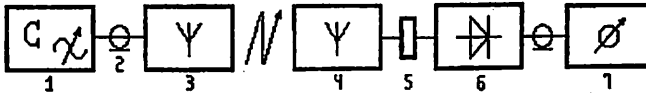


Рис.6.1. Структурная схема лабораторной установки (1 – генератор, 2 – коаксиальный кабель, 3 – передающая рупорная антенна, 4 – приемная рупорная антенна, 5 – прямоугольный волновод, 6 – детекторная секция, 7 – измерительный прибор)

Установка позволяет измерить характеристику направленности рупорной антенны в E -плоскости с несколькими различными видами рупоров. Исследуемая антенна состоит из возбуждающего прямоугольного волновода, на открытый конец которого закрепляются различные рупоры. В состав конструкции исследуемой антенны, закрепленной на вертикальной подвижной штанге, также входит детекторная секция.

Измерения проводятся на одной фиксированной частоте, заданной преподавателем.

В комплект рупорной антенны входят:

- пирамидальный рупор;
- E -секториальный рупор;

- H-секториальный рупор;
- рупор с наклонной поляризацией волны.

6.3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

6.3.1. Снять характеристики направленности рупорной антенны для случаев трех рупоров, заданных преподавателем.

6.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

6.4.1. Установить частоту генератора, соответствующую одноволновому режиму для возбуждающего прямоугольного волновода.

6.4.2. Включить генератор и дать ему прогреться в течение 10...15 минут.

6.4.3. Снять характеристику направленности антенны в виде открытого конца волновода, поворачивая ее с шагом в 10° . Записать показания измерительного прибора $f(\varphi)$ в таблицу 6.1.

6.4.4. Вставить в открытый конец волновода заданный преподавателем рупор. Снять характеристику направленности рупорной антенны в секторе углов $-60^\circ \leq \varphi \leq +60^\circ$, поворачивая ее с шагом в 2° . Записать показания измерительного прибора $f(\varphi)$ в таблицу 6.1.

6.4.5. Повторить пункт 6.4.4 для других заданных рупоров.

6.4.6. Рассчитать и записать в таблицу нормированные характеристики направленности $F(\varphi)$.

6.4.7. Построить нормированные диаграммы направленности в прямоугольной системе координат.

Таблица 6.1

Результаты снятия характеристик направленности

Тип антенны	φ°	0	10	20	30	...	360
Открытый конец волновода	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Типы рупоров	φ°	0	2	4	6	...	60
Рупор 1	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Рупор 2	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Рупор 3	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Типы рупоров	φ°	0	-2	-4	-6	...	-60
Рупор 1	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Рупор 2	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						
Рупор 3	$f(\varphi)$						
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$						

6.5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

6.5.1. Структурную схему лабораторной установки.

6.5.2. Таблицу с результатами измерений.

6.5.3. Нормированные диаграммы направленности рупорной антенны для открытого конца волновода и трех видов рупоров.

6.5.4. Значения ширины главного лепестка трех диаграмм направленности по нулевой и половинной мощностям излучения.

6.5.5. Эскиз рупорной антенны.

6.5.6. Эскизы исследованных рупоров.

6.5.7. Выводы.

6.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

6.6.1. Назовите типы рупорных антенн и нарисуйте их.

6.6.2. Как зависят диаграммы направленности возбужденной поверхности от размеров раскрыва?

6.6.3. Как зависят диаграммы направленности возбужденной поверхности от амплитудного распределения поля?

6.6.4. Как зависят диаграммы направленности возбужденной поверхности от фазового распределения поля? Виды фазовых распределений (фазовых ошибок).

6.6.5. По какому закону изменяется фаза поля в раскрыве рупора и от каких параметров рупора она зависит?

6.6.6. Какие рупорные антенны называются оптимальными?

6.6.7. Каковы диапазонные свойства рупорных антенн?

6.6.8. Укажите область применения рупорных антенн.

6.6.9. Достоинства и недостатки рупорных антенн.

Лабораторная работа 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

7.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование направленных свойств параболической антенны.

7.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема установки для исследования направленных свойств параболической антенны и влияния расположения облучателя на ее диаграмму направленности представлена на рис.7.1.

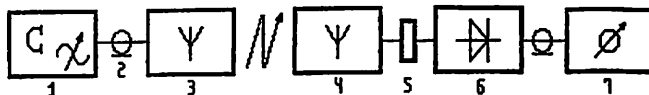


Рис.7.1. Структурная схема лабораторной установки (1 – генератор, 2 – коаксиальный кабель, 3 – передающая рупорная антенна, 4 – приемная параболическая антенна, 5 – прямоугольный волновод, 6 – детекторная секция, 7 – измерительный прибор)

Установка позволяет измерить характеристику направленности параболической антенны в E -плоскости с различными положениями облучателя, выполненного в виде открытого конца прямоугольного волновода. В состав конструкции исследуемой антенны, закрепленной на вертикальной подвижной штанге, также входит детекторная секция.

Исследуемая антенна состоит из параболического зеркала и облучателя. Установка позволяет изменять местоположение облучателя, перемещая его вдоль и перпендикулярно фокальной оси.

Измерения проводятся на одной фиксированной частоте, заданной преподавателем.

7.3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

7.3.1. Снять характеристики направленности параболической антенны для случаев пяти положений облучателя, заданных преподавателем.

7.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7.4.1. Установить частоту генератора, соответствующую одноволновому режиму для возбуждающего прямоугольного волновода.

7.4.2. Включить генератор и дать ему прогреться в течение 10...15 минут.

7.4.3. Установить облучатель в фокусе параболического зеркала исследуемой антенны. Для этого:

- 1 – установить нулевое значение угла поворота подвижной штанги с исследуемой антенной;
- 2 – перемещая (с помощью специальных ручек) облучатель вдоль и перпендикулярно фокальной оси, настроить антенну по максимальному показанию измерительного прибора. Это положение будет являться фокусом зеркала.

7.4.4. Снять характеристику направленности параболической антенны в секторе углов $-15^{\circ} \leq \varphi \leq +15^{\circ}$, поворачивая ее с шагом в 1° . Записать показания измерительного прибора $f(\varphi)$ в таблицу 7.1.

7.4.5. Установить нулевое значение угла поворота подвижной штанги с исследуемой антенной.

Переместить облучатель вдоль фокальной оси на величину Δz (задается преподавателем) от зеркала (отдалить от зеркала). Повторить пункт 7.4.4.

7.4.6. Установить нулевое значение угла поворота подвижной штанги с исследуемой антенной.

Возвратить облучатель в фокус зеркала.

Переместить облучатель вдоль фокальной оси на величину Δz (задается преподавателем) к зеркалу (приблизить к зеркалу). Повторить пункт 7.4.4.

7.4.7. Установить нулевое значение угла поворота подвижной штанги с исследуемой антенной.

Возвратить облучатель в фокус зеркала.

Переместить облучатель перпендикулярно фокальной оси на величину Δx (задается преподавателем) влево (если смотреть на зеркало). Повторить пункт 7.4.4 с учетом новых значений сектора углов.

7.4.8. Установить нулевое значение угла поворота подвижной штанги с исследуемой антенной.

Возвратить облучатель в фокус зеркала.

Переместить облучатель перпендикулярно фокальной оси на величину Δx (задается преподавателем) вправо (если смотреть на зеркало). Повторить пункт 7.4.4 с учетом новых значений сектора углов.

7.4.9. Рассчитать и записать в таблицу нормированные характеристики направленности $F(\varphi)$.

7.4.10. Построить нормированные диаграммы направленности в прямоугольной системе координат.

Таблица 7.1

Результаты снятия характеристик направленности

Положение облучателя	φ°	-15	...	-3	-2	-1	0	1	2	3	...	15
В фокусе	$f(\varphi)$											
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$											
Смещение от зеркала $\Delta z = \dots$ мм	$f(\varphi)$											
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$											
Смещение к зеркалу $\Delta z = \dots$ мм	$f(\varphi)$											
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$											

Смещение влево $\Delta x = \dots$ мм	φ^0	-10	...	-3	-2	-1	0	1	2	3	...	20
	$f(\varphi)$											
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$											
Смещение вправо $\Delta x = \dots$ мм	φ^0	-20	...	-3	-2	-1	0	1	2	3	...	10
	$f(\varphi)$											
	$F(\varphi) = f(\varphi)/f(\varphi)_{max}$											

7.5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

7.5.1. Структурную схему лабораторной установки.

7.5.2. Таблицу с результатами измерений.

7.5.3. Нормированные диаграммы направленности параболической антенны для пяти положений облучателя.

7.5.4. Значения ширины главного лепестка пяти диаграмм направленности по нулевой и половинной мощностям излучения.

7.5.5. Эскиз параболической антенны.

7.5.6. Выводы.

7.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.6.1. Каков принцип работы параболической антенны?

7.6.2. Что называется коэффициентом использования поверхности раскрыва?

7.6.3. Что называется эффективной (действующей) площадью раскрыва?

7.6.4. Как изменяется диаграмма направленности антенны при смещении облучателя из фокуса?

7.6.5. Какие требования предъявляются к облучателям зеркал?

7.6.6. Какие антенны используются в качестве облучателей параболических антенн?

7.6.7. Что называется теневым эффектом в параболической антенне?

6.8. Что называется «реакцией зеркала на облучатель»?

7.6.9. От чего зависит диаграмма направленности параболической антенны?

7.6.10. Какие типы зеркальных антенн существуют?

7.6.11. В каких системах связи применяются параболические антенны?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида. Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПФ-4947- сон фармони. Тошкент, 2017 йил 7 феврал.
2. Кочержевский Г.Н. и др. Антенно-фидерные устройства. – М.: Радио и связь, 1989.
3. Кочержевский Г.Н. Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1972.
4. Ерохин Г.А., Чернышев О.В. и др. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 1996.
5. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высшая школа, 1988.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Правила проведения измерительных работ в лаборатории антенно-фидерных устройств

1. К проведению лабораторных работ студенты допускаются только после ознакомления с техникой безопасности в учебной лаборатории.
2. К проведению лабораторных работ студенты допускаются только после ознакомления с методическими указаниями и конструкцией лабораторной установки.
3. Перед выполнением лабораторных работ студенты должны объяснить преподавателю, из каких узлов состоит лабораторная установка, а также кратко рассказать, какова последовательность проведения измерений.
4. Проведение лабораторных работ на каждой лабораторной установке допускается студентами в виде бригад не более чем из четырех человек.
5. Во время проведения измерений не допускается находиться в зоне излучения и приема радиоволн передающей и приемной антенн работающей лабораторной установки.
6. Не допускаются какие-либо изменения в конструкциях лабораторных установок без разрешения преподавателя.
7. Не допускается включение и выключение высокочастотных генераторов, а также перестройка их частоты, без разрешения преподавателя.
8. Все результаты измерений записываются в черновик, который может быть один на бригаду.
9. После завершения измерений черновик с их результатами показывается преподавателю, который, если все выполнено правильно, подтверждает выполнение своей подписью и текущей датой. При этом указываются фамилии студентов, выполнявших лабораторную работу, и номер их учебной группы.

Внимание! Без подписи преподавателя результаты выполнения лабораторных работ **НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫ!**

10. К защите лабораторной работы допускаются студенты, оформившие результаты измерений в виде отчета в соответствии с требованиями, указанными в данных методических указаниях.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ИССЛЕДОВАНИЕ ДИРЕКТОРНОЙ АНТЕННЫ.....	3
1.1.	Цель работы.....	3
1.2.	Описание лабораторной установки.....	3
1.3.	Задание к работе.....	4
1.4.	Порядок выполнения работы.....	4
1.5.	Содержание отчета.....	6
1.6.	Контрольные вопросы.....	7
2.	ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ.....	8
2.1.	Цель работы.....	8
2.2.	Описание лабораторной установки.....	8
2.3.	Задание к работе.....	8
2.4.	Порядок выполнения работы.....	9
2.5.	Содержание отчета.....	10
2.6.	Контрольные вопросы.....	10
3.	ИССЛЕДОВАНИЕ СИНФАЗНОЙ ПАНЕЛЬНОЙ АНТЕННЫ	12
3.1.	Цель работы.....	12
3.2.	Описание лабораторной установки.....	12
3.3.	Задание к работе.....	12
3.4.	Порядок выполнения работы.....	12
3.5.	Содержание отчета.....	14
3.6.	Контрольные вопросы.....	14
4.	ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗИРОВАННОЙ ПАНЕЛЬНОЙ АНТЕННЫ.....	15
4.1.	Цель работы.....	15
4.2.	Описание лабораторной установки.....	15
4.3.	Задание к работе.....	15
4.4.	Порядок выполнения работы.....	16
4.5.	Содержание отчета.....	18
4.6.	Контрольные вопросы.....	18
5.	ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ.....	20
5.1.	Цель работы.....	20
5.2.	Описание лабораторной установки.....	20
5.3.	Задание к работе.....	21
5.4.	Порядок выполнения работы.....	21
5.5.	Содержание отчета.....	23
5.6.	Контрольные вопросы.....	24

6. ИССЛЕДОВАНИЕ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ.....	25
6.1. Цель работы.....	25
6.2. Описание лабораторной установки.....	25
6.3. Задание к работе.....	26
6.4. Порядок выполнения работы.....	26
6.5. Содержание отчета.....	28
6.6. Контрольные вопросы.....	28
7. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ.....	29
7.1. Цель работы.....	29
7.2. Описание лабораторной установки.....	29
7.3. Задание к работе.....	30
7.4. Порядок выполнения работы.....	30
7.5. Содержание отчета.....	32
7.6. Контрольные вопросы.....	32
8. ЛИТЕРАТУРА.....	34
9. ПРИЛОЖЕНИЕ.....	35

Сборник лабораторных работ по дисциплинам
«Основы антенн», «Антенны беспроводных
систем связи и радиоволны»
Методические указания
для направления образования
5350100 - «Телекоммуникационные технологии»
(специализации «Телерадиовещание», «Мобильные системы»)

Рассмотрено на заседании кафедры СТРВ
5.02.2019 (протокол №19)
и рекомендовано к печати.

Рассмотрено на Научно-методическом Совете ФР и МС
19.02.2019 (протокол №6)
и рекомендовано к печати.

Рассмотрено на Научно-методическом Совете ТУИТ
26.03.2019 (протокол №9(121))
и рекомендовано к печати.

Составитель:	В.А.Губенко
Рецензент:	Ш.У.Пулатов
Отв. редактор:	Х.Х.Носиров
Корректор:	Д.У.Доспанова

Формат 60x84 1/16. Печ. лист 2,5.
Заказ № 259. Тираж 30.
Отпечатано в «Редакционно-издательском»
отделе при ТУИТ.
Ташкент ул. Амир Темур, 108.