

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения лабораторной работы
«Исследование цилиндрических спиральных антенн»
по дисциплине
«АНТЕННЫ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ
ЛИНИЙ СВЯЗИ»
для студентов дневной и заочной форм обучения
направления 6.050901 — Радиотехника

Севастополь
2009

Методические указания для выполнения лабораторной работы «Исследование цилиндрических спиральных антенн» по дисциплине «Антенны радиорелейных и космических линий связи»/ СевНТУ; сост. Головин В.В. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. — 20 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам дневной и заочной форм обучения в подготовке и выполнении лабораторной работы по дисциплине «Антенны радиорелейных и космических линий связи», а также в получении ими теоретических знаний и приобретении практических навыков исследования антенн с вращающейся поляризацией поля излучения.

Методические рекомендации рассмотрены и утверждены
на заседании кафедры радиотехники
(протокол № 4 от «25» ноября 2008 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве
методических указаний

Разработал: канд. техн. наук, доцент В.В. Головин

Рецензент: канд. техн. наук, доцент А.А. Савочкин

Ответственный за выпуск: д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
радиотехники и телекоммуникаций

Ю.Б. Гимпилевич

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Теоретическая часть.....	5
1.1. Конструктивное исполнение и достоинства цилиндрических спиральных антенн.....	5
1.2. Поляризационная структура поля излучения.....	6
1.3. Расчет характеристик поля излучения однозаходной цилиндрической спиральной антенны.....	8
2. Описание лабораторного стенда.....	12
3. Требования к содержанию и оформлению отчета.....	13
4. Исходные данные для индивидуальных заданий.....	14
5. Порядок выполнения работы.....	14
5.1. Порядок выполнения теоретических исследований.....	14
5.2. Порядок выполнения экспериментальных исследований.....	15
6. Контрольные вопросы.....	16
6.1. Вопросы для допуска к лабораторной работе.....	16
6.2. Вопросы к защите.....	17
Библиографический список.....	17
Приложение А. Пример выполнения теоретических исследований.....	18

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторная работа посвящена исследованию антенн вращающейся поляризации на примере цилиндрической спиральной антенны (ЦСА) и предполагает предварительное освоение студентами соответствующих разделов дисциплин «Электродинамика и распространение радиоволн» и «Антенны и устройства СВЧ».

Целью лабораторной работы является углубление теоретических знаний и овладение методикой расчета характеристик ЦСА, а также методикой экспериментального исследования поляризационной структуры поля излучения ЦСА.

Содержание выполняемой работы должно быть предварительно изучено с привлечением теоретического материала из лекционного курса и рекомендованной литературы.

Выполнение работы начинается с расчета и оформления теоретического задания. Допуск к выполнению экспериментальных исследований осуществляется преподавателем по результатам проверки теоретического задания и краткого опроса студента.

Экспериментальные исследования выполняются бригадами в составе из 2—3 студентов. Каждый из студентов имеет свое индивидуальное задание. В процессе выполнения работы студенты должны вести подробный протокол, в котором излагается весь ход работы и фиксируются результаты экспериментальных исследований. После завершения работы преподаватель просматривает полученные данные и подписывает протокол.

На основании протокола каждый студент оформляет отчет. Отчет защищается в индивидуальном порядке. Защита отчета проводится на очередном занятии перед выполнением следующей лабораторной работы. Студенты, не защитившие отчет, к выполнению следующей работы не допускаются.

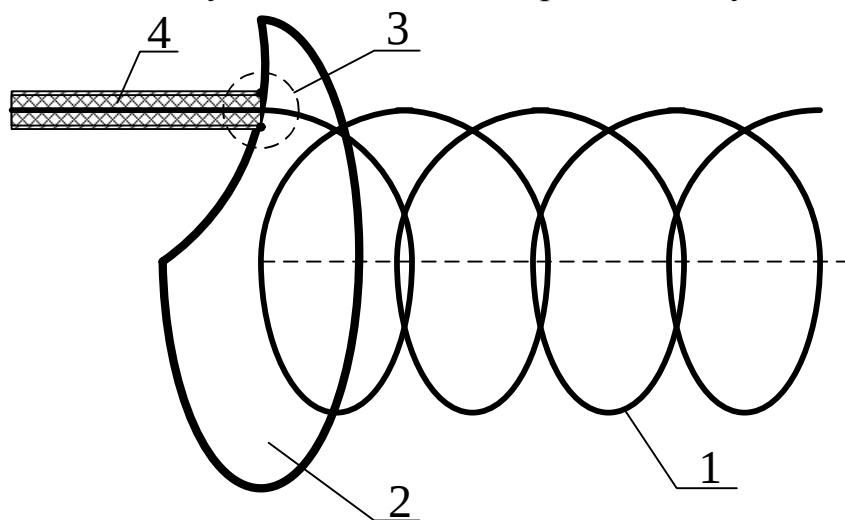
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Цель работы. Изучить принцип действия цилиндрических спиральных антенн. Освоить методику расчета и экспериментального исследования характеристик поля излучения ЦСА.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Конструктивное исполнение и достоинства цилиндрических спиральных антенн

Исследуемая цилиндрическая спиральная антенна (см. рис. 1) представляет собой выполненную из провода спираль 1, один конец которой свободен, а другой соединяется в точке 3 с внутренним проводником коаксиальной линии 4, внешний проводник которой присоединяется к металлическому экрану 2, предназначенному для ослабления обратного излучения антенны.



1 — спираль; 2 — экран;
3 — точка подключения к питающей линии; 4 — коаксиал.

Рис. 1 — Цилиндрическая спиральная антенна:

Главными достоинствами спиральных антенн являются:

- возможность создания поля излучения с поляризацией от линейной до круговой;
- возможность обеспечить требуемые характеристики излучения и входные характеристики антенны за счет изменения геометрических параметров спирали (габаритной окружности, угла наклона витков, количества витков, количества заходов спиральных проводников, режима возбуждения заходов (синфазного, квадратурного), возможности сжатия цилиндрической спирали до эллипса);
- простота и надежность конструкции;
- малые поперечные габаритные размеры антенны;
- на основе цилиндрических, конических, полусферических спиральных антенн могут быть выполнены комбинированные структуры (сфероцилиндри-

ческие, цилиндроконические и т.п.);

- возможность без использования больших экранов обеспечить относительно низкий уровень бокового и заднего излучения (менее $-15 \dots -10$ дБ в рабочем диапазоне частот);
- возможность хорошего согласования с питающим фидером в широкой полосе частот.

1.2. Поляризационная структура поля излучения

Спиральные антенны формируют поле излучения с эллиптической (или круговой) поляризацией. В отличие от поля линейно поляризованной волны (см. рис. 2, а), для которой вектор напряженности электрического поля располагается в некоторой плоскости ZOY ($\dot{E}_z$), в случае поля с вращающейся поляризацией при распространении электромагнитной волны вдоль оси OY вектор $\dot{E}$ вращается вокруг этой оси с некоторой угловой частотой ω (рис. 2, б). Если при наблюдении от входных зажимов спиральной антенны вектор $\dot{E}$ вращается по часовой стрелке, то поле считается с правосторонним вращением, иначе — с левосторонним.

Одной из основных характеристик поля излучения, описывающей его поляризационную структуру является коэффициент эллиптичности, определяемый как отношение малой OA и большой OB полуосей эллипса поляризации (см. рис. 2, б)

$$K_{\vartheta} = \frac{OA}{OB},$$

который может принимать значения от 0 до 1.

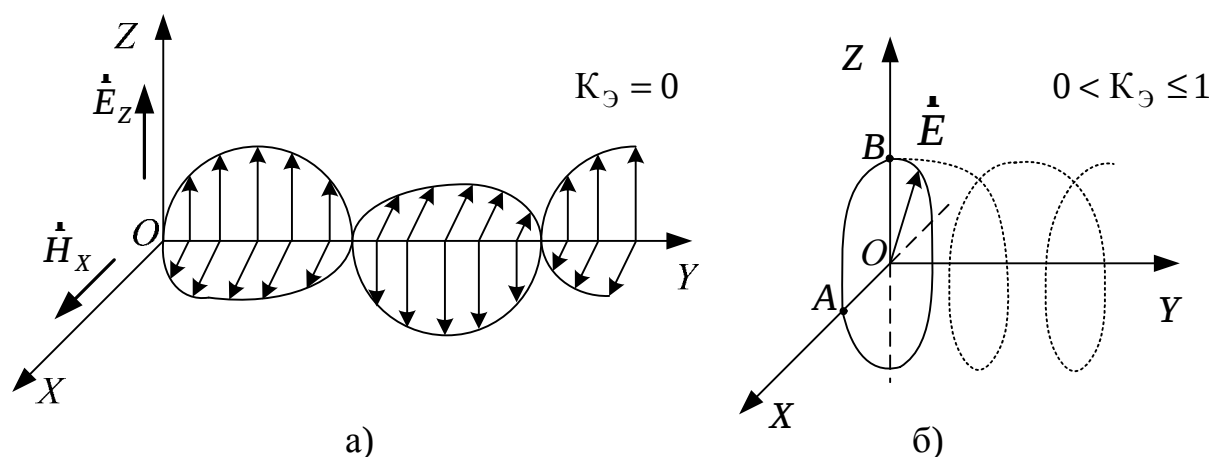


Рис. 2 — Поляризационная структура электромагнитного поля

Наиболее общим является случай эллиптически поляризованной волны (рис. 3), которую можно рассматривать как результат суперпозиции двух ортогональных линейно поляризованных волн одинаковой частоты и сдвинутых по фазе на величину δ . Другой вариант представления волны с эллиптической поляризацией — это результат суперпозиции двух полей круговой поляризации

одинаковой частоты, но противоположного направления вращения.

Таким образом, в соответствии с моделью электромагнитной волны, представленной на рис. 3, поляризация поля зависит от соотношения между двумя линейными составляющими $\vec{E}_X$ и $\vec{E}_Z$ волны, распространяющейся вдоль оси OY .

Линейно поляризованные составляющие поля $\vec{E}_X$ и $\vec{E}_Z$ описываются выражениями:

$$\vec{E}_X = E_{mx} \cos \omega t ;$$

$$\vec{E}_Z = E_{mz} \cos(\omega t - \delta),$$

где δ — сдвиг фаз между $\vec{E}_X$ и $\vec{E}_Z$, E_{mx}, E_{mz} — амплитуды напряженности поля линейно поляризованных волн, на которые раскладывается вектор $\vec{E}$ (см. рис. 3).

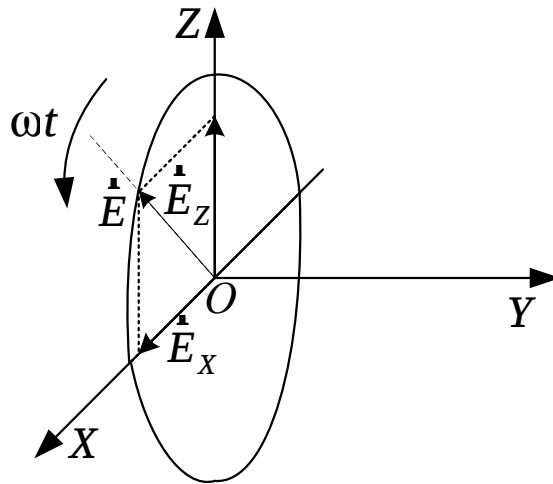


Рис. 3 — Формирование эллиптически поляризованной волны

Согласно принятой модели поле эллиптической поляризации можно описать с помощью уравнения эллипса [1]

$$\frac{E_X^2}{E_{mx}^2} - 2 \frac{E_X E_Z}{E_{mx} E_{mz}} \cos \delta + \frac{E_Z^2}{E_{mz}^2} = \sin^2 \delta. \quad (1.1)$$

В случае, когда $\delta = 0$, поле излучения антенны имеет чисто линейную поляризацию, которое согласно (1.1) определяется следующим соотношением

$$E_X = \frac{E_{mx}}{E_{mz}} E_Z.$$

Если $\delta = \frac{(2n+1)\pi}{2}$ ($n=0, 1, 2, 3, \dots$), то поле приобретает эллиптическую поляризацию

$$\frac{E_X^2}{E_{mx}^2} + \frac{E_Z^2}{E_{mz}^2} = 1,$$

при этом полуоси эллипса OA и OB совпадают с координатными осями OX и OZ , что соответствует рис. 2, б.

В том случае, когда амплитуды $E_{mx} = E_{mz} = E_m$ поле излучения антенны будет иметь круговую поляризацию.

В случае, при котором сдвиг фаз $0 < \delta < \frac{\pi}{2}$, оси эллипса OA и OB , изображенного на рис. 2, б, не будут совпадать с координатными осями.

1.3. Расчет характеристик поля излучения однозаходной цилиндрической спиральной антенны

Рассмотрим характеристики поля излучения однозаходной цилиндрической спиральной антенны. Ее упрощенная модель представлена на рис. 4, а, б, где введены обозначения: a — радиус спирали; d — шаг намотки витков спирали (длина диполя); n — число витков; $L = \sqrt{(2\pi a)^2 + d^2}$ (рис. 4, б) — длина витка между точками «1» и «2» на рис. 4, а; $\alpha = \arcsin \frac{d}{L}$ — угол наклона витков спирали относительно плоскости XOZ .

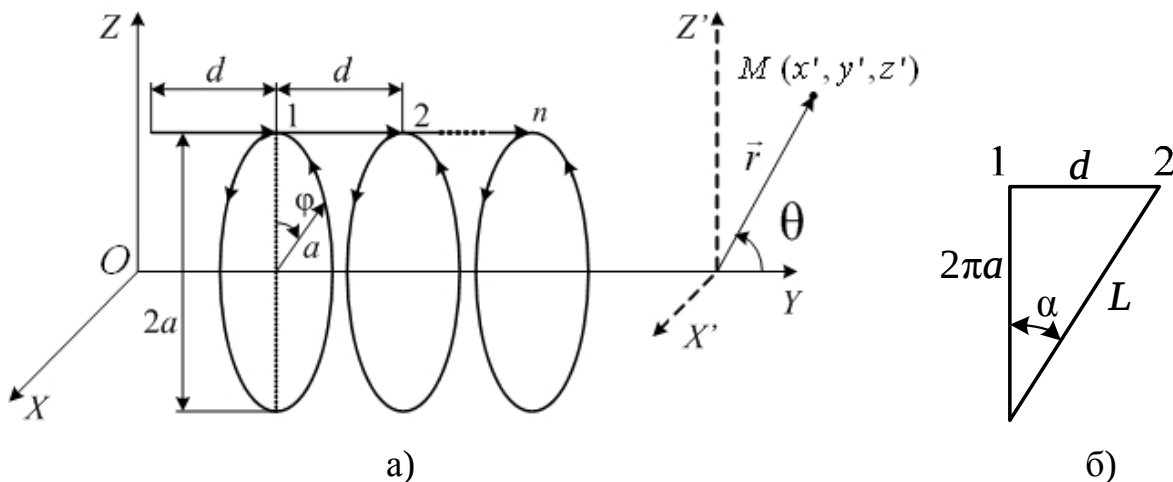


Рис. 4 — Модель представления однозаходной цилиндрической спиральной антенны: при ортогональном расположении витков спирали относительно плоскости XY (а); к определению длины витка рамки (б)

Поляризационная структура поля антенны и режим излучения зависят от соотношения геометрических параметров a , d и длины волны λ . На практике используются спиральные антенны для двух режимов работы:

- 1) режим ненаправленного излучения;
- 2) режим осевого излучения.

В случае режима ненаправленного излучения длина витка спирали меньше длины волны λ . Антенну можно представить в виде системы из аксиальных кольцевых рамок и диполей с длиной, равной $d \ll \lambda$. ЦСА работает в режиме

малых рамок, поэтому суммарное поле, создаваемое антенной, имеет максимальное значение при $\theta = \frac{\pi}{2}$ (см. рис. 5, а). При малых по сравнению с λ поперечных размерах антенны количество витков n не влияет на форму диаграммы направленности (ДН) и поляризационную структуру поля. Поэтому достаточно рассмотреть поле двух элементов: диполя и одного витка спирали. Так для диполя можем записать соотношение [2]

$$E_d = -j \frac{30 I_l k d}{r} \sin \theta e^{-jkr} = -j \frac{60 I_l \pi d}{r \lambda} \sin \theta e^{-jkr}, \quad (1.2)$$

где I_l — амплитуда тока на входных зажимах диполя; r — расстояние до точки наблюдения; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$.

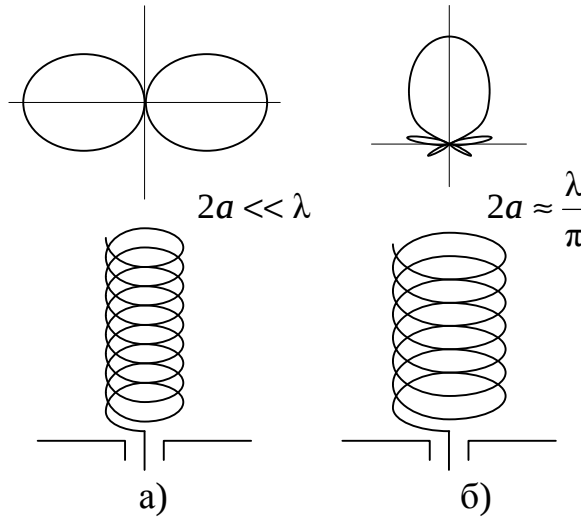


Рис. 5 — Режим ненаправленного излучения (а) и режим осевого излучения (б)

Для рамочного излучателя действующая длина рамки $l_{др} = kS$ [3], где S — площадь рамки. Следовательно, из (1.2) получим соотношение для поля рамки E_p в виде

$$E_p = -j \frac{120 I_d \pi^2 S}{\lambda^2 r} \sin \theta e^{-jkr}, \quad (1.3)$$

где I_d — ток на действующей длине рамки.

Результирующее поле состоит из двух ортогональных компонент $\dot{E}_d$ (поле диполя длиной d) и $\dot{E}_p$ (поле рамки с периметром $2\pi a$). В том случае, если компоненты поля будут сдвинуты по фазе на $\frac{\pi}{2}$, а токи на рамке и диполе одинаковой амплитуды ($I_d = I_l$), то коэффициент эллиптичности равен

$$K_{\Theta} = \frac{|E_d|}{|E_p|} = \frac{d\lambda}{2\pi S} = \frac{d}{l_{др}}. \quad (1.4)$$

Так из (1.4) следует, что если бы выполнялось условие $d = l_{др}$, то поле излучения в плоскости XOZ имело бы круговую поляризацию, однако на практике шаг спирали d оказывается намного меньше действующей длины рамки ($d \ll l_{др}$), поэтому поле характеризуется как линейно поляризованное.

Рассмотрим режим осевого излучения (см. рис. 5, б), при котором длина витка спирали выбирается близкой к длине волны. При этом происходит синфазное или близкое к нему сложение полей витков в осевом направлении. ДН в этом случае приближается к ДН линейки излучателей, возбуждаемых в режиме бегущей волны при выполнении условия $L \approx \lambda$. Таким образом, в режиме бегущей волны, который совпадает с режимом осевого излучения, создается поле круговой поляризации.

В данном случае результирующая амплитудная ДН $F(\theta)$ будет определяться как для решетки излучателей, возбужденных в режиме бегущей волны

$$F(\theta) = f_{эл}(\theta) f_{реш}(\theta), \quad (1.5)$$

где $f_{реш}(\theta)$ — множитель решетки, состоящей из n рамочных излучателей (см. рис. 4, а); $f_{эл}(\theta)$ — ДН витка спирали, которую можно определять соотношением [3]

$$f_{эл}(\theta) = \cos \theta. \quad (1.6)$$

Для определения $f_{реш}(\theta)$ необходимо проанализировать разность фаз токов между витками «1» и «2» $\Delta\psi_{1-2}$ (см. рис. 4, а). Для $\Delta\psi_{1-2}$ можем записать

$$\Delta\psi_{1-2} = k_{\phi} L,$$

где $k_{\phi} = \frac{2\pi}{\lambda_{\phi}} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{c}{v_{\phi}}$; v_{ϕ} — фазовая скорость волны в витке; c — скорость света в свободном пространстве.

С учетом этого

$$\Delta\psi_{1-2} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{c}{v_{\phi}} L. \quad (1.7)$$

Для того чтобы излучение от всех n витков в осевом направлении складывалось, набег фазы на витке должен составлять 2π , поэтому должно выполняться условие

$$\Delta\psi_{1-2} = \frac{2\pi}{\lambda} (l + d) = 2\pi + kd, \quad (1.8)$$

где l — периметр рамки, который должен быть близок к длине волны, kd — набег фазы на диполе (см. рис. 4, а).

Сравнивая (1.7) и (1.8) получим

$$\frac{v_{\phi}}{c} = \frac{L}{l + d}.$$

Зная, что $\Delta\psi_{1-2} = k(l+d)$ для $f_{\text{реш}}(\theta)$ можем записать [2, 3]

$$f_{\text{реш}}(\theta) = \frac{\sin\left[\frac{n}{2}(kd \cos \theta - k(l+d))\right]}{\sin\left[\frac{1}{2}(kd \cos \theta - k(l+d))\right]}. \quad (1.9)$$

Исследуемая антенна располагается над экраном, поэтому можно воспользоваться методом зеркальных изображений. В соответствии с этим методом при определении поля, создаваемого антенной, полагают, что она размещается над идеально проводящей поверхностью с размерами много больше длины волны. Наводимые на поверхности плоского экрана вторичные токи исключаются из рассмотрения введением фиктивного излучателя, являющегося зеркальным изображением действительной антенны. Зеркальный излучатель располагается на продолжении нормали, соединяющей ось симметрии реальной антенны с проводящим экраном. В любой точке полупространства (где расположена исследуемая антенна) зеркальный излучатель создает точно такое же поле, как и реальная антенна.

С учетом сказанного при расчете ДН антенны необходимо учитывать влияние экрана, воспользовавшись множителем экрана [2]

$$f_{\text{экp}}(\theta) = \cos\left(k \frac{n}{2} d \sin \theta\right), \quad (1.10)$$

где $\frac{n}{2}d$ — расстояние от экрана до центра решетки соосных рамочных излучателей (см. рис. 4, а).

Тогда результирующая амплитудная ДН антенны по полю с учетом (1.5), (1.6) и (1.9), (1.10) будет определяться выражением:

$$F(\theta) = f_{\text{эл}}(\theta) f_{\text{реш}}(\theta) f_{\text{экp}}(\theta). \quad (1.11)$$

Для приближенного расчета характеристик спиральных антенн можно воспользоваться эмпирическими формулами [3]:

— ширина ДН по уровню половинной мощности

$$\Delta\theta \approx \frac{52^\circ}{\frac{L}{\lambda} \sqrt{\frac{nd}{\lambda}}}, \text{ град}; \quad (1.12)$$

— коэффициент направленного действия (КНД) в направлении оси спирали

$$D \approx 10 \lg \left(15 \left(\frac{L}{\lambda} \right)^2 n \frac{d}{\lambda} \right), \text{ дБ}; \quad (1.13)$$

— входное сопротивление

$$R_{\text{вх}} \approx 140 \frac{L}{\lambda}, \text{ Ом}. \quad (1.14)$$

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В лабораторной работе измерение амплитудных ДН проводится с помощью специализированного антенного измерительного стенда, реализующего метод вращающейся исследуемой антенны в дальней зоне (метод вышки). Состав лабораторного стенда показан на рис. 6. Исследуемая и вспомогательная антенны располагаются на диэлектрических опорах на соответствующих опорно-поворотных устройствах. Описание методики измерения ДН методом вышки и определения расстояния R , обеспечивающего размещение исследуемой антенны в дальней зоне относительно вспомогательной антенны подробно рассмотрено в [1].

В состав измерительного стенда входят:

- исследуемая антенна;
- вспомогательная антенна линейной поляризации;
- генератор высокочастотный;
- селективный усилитель;
- детекторная секция.
- опорно-поворотные устройства с калиброванным углом вращения в азимутальной плоскости и вращением вокруг осевого направления антенн.

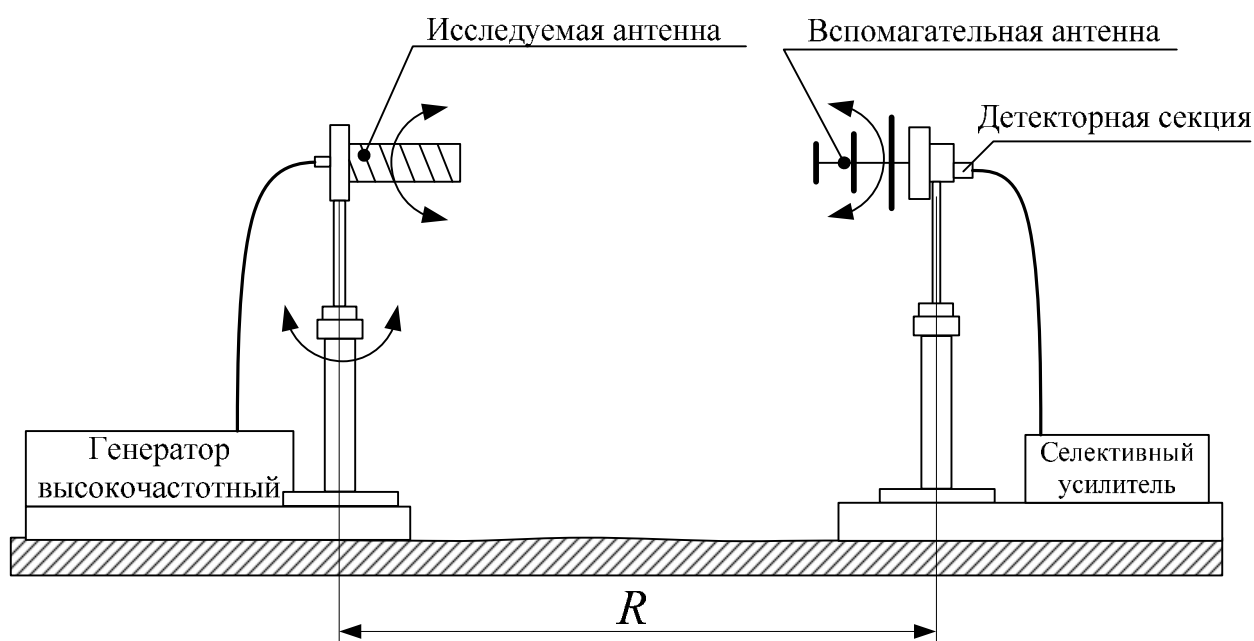


Рис. 6 — Состав измерительного стенда

3. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется в соответствии с требованиями к оформлению текстовых документов [4].

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист установленного образца;
- цель работы;
- исходные данные;
- результаты теоретических исследований (таблица зависимостей КНД и входного сопротивления от частоты, рассчитанные ДН, таблица зависимостей ширины главного лепестка ДН и уровня бокового излучения от частоты, определяемых по рассчитанным ДН);
- функциональную схему лабораторного стенда;
- протокол с первичными результатами измерений;
- результаты экспериментальных исследований ДН;
- зависимости, полученные при обработке результатов измерений (таблица зависимостей ширины главного лепестка ДН по составляющим поля и уровня бокового излучения от частоты);
- сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований;
- выводы.

Исходные данные выбираются каждым студентом в соответствии с предпоследней (M) и последней (N) цифрами номера зачетной книжки.

Выполнение работы начинается с теоретических исследований, которые выполняются студентом заранее перед лабораторным занятием. Промежуточный отчет, содержащий титульный лист, цель работы, исходные данные, результаты теоретических исследований, функциональную схему лабораторного макета и шаблон протокола измерений предъявляется студентом на проверку для получения допуска к выполнению экспериментальных исследований.

Выводы по работе должны включать как констатирующую часть, отражающую основные полученные результаты, так и аналитическую, в которой проводится сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований и объясняются выявленные различия.

4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Исходные данные для теоретических и экспериментальных исследований приведены в табл. 1, табл. 2.

Таблица 1 — Исходные данные индивидуальных заданий для выполнения теоретических и экспериментальных исследований

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Антенна	ЦСА 1	ЦСА 2	ЦСА 3	ЦСА 4	ЦСА 5	ЦСА 6	ЦСА 1	ЦСА 2	ЦСА 3	ЦСА 5
M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рабочая частота f_0 , МГц	3400	3600	3800	3400	3500	3700	3400	3600	3800	3500
Диапазон частот Δf , МГц	240	400	400	200	400	200	240	400	400	400

Таблица 2 — Геометрические параметры антенн для проведения теоретических и экспериментальных исследований

№ антенны	Радиус спирали, a , см	Шаг спирали, d , см	Угол намотки, α , град	Количество витков, n
ЦСА 1	1,4	1,6	10	3
ЦСА 2	1,4	1,6	10	6
ЦСА 3	1,4	1,6	10	9
ЦСА 4	1,4	0,9	6	3
ЦСА 5	1,4	0,9	6	7
ЦСА 6	1,4	0,9	6	9

Примечание.

M и N — предпоследняя и последняя цифры номера зачетной книжки.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Порядок выполнения теоретических исследований

5.1.1. Выбрать тип исследуемой антенны и определить центральную частоту и граничные частоты рабочего диапазона $f = f_0 \pm \frac{\Delta f}{2}$ по табл. 1. Геометрические параметры антенны приведены в табл. 2.

5.1.2. По формулам (1.13), (1.14) на центральной частоте f_0 и на крайних частотах диапазона $f_0 \pm \frac{\Delta f}{2}$ для исследуемой антенны с заданными значениями a , d и n рассчитать КНД и входное сопротивление.

5.1.3. Рассчитать ДН исследуемой антенны на частоте $f = f_0$, используя формулы (1.6), (1.9), (1.10), (1.11).

5.1.4. Рассчитать ДН исследуемой антенны на границах диапазона частот $f = f_0 \pm \frac{\Delta f}{2}$. Расчеты выполнить аналогично п. 5.1.3.

5.1.5. Осуществить *нормировку* ДН ЦСА. Построить ДН антенны в децибелах в декартовой системе координат.

5.1.6. По рассчитанным ДН определить ширину главного лепестка $2\Delta\theta_{-3\text{дБ}}$ и уровень бокового излучения.

5.1.7. Результаты расчетов в п. 5.1.2. и п.5.1.6. представить в виде таблиц А.1 и А.2 (см. Приложение А).

Примечание. Пример выполнения теоретических исследований представлен в Приложении А.

5.2. Порядок выполнения экспериментальных исследований

5.2.1. Включить генератор и селективный усилитель. Установить частоту колебаний на выходе генератора, равную f_0 .

5.2.2. Выполнить *юстировку* исследуемой и вспомогательной антенны. Для этого исследуемая и вспомогательная антенна размещается согласно рис. 5.1. Антенны ориентируются в направлении друг друга таким образом, чтобы направления главных максимумов их диаграмм направленности находились на линии, соединяющей осевые направления антенн (см. рис. 5.1).

5.2.3. Выполнить калибровку измерительного стенда на полигоне, внося последовательно ослабления на выходе генератора от 0 до 20 дБ (3, 6, 10, 13, 16, 20 дБ) с использованием комплекта аттенюаторов (Д2–30, Д2–31, Д2–32) и записывая показания индикатора селективного усилителя.

5.2.4. Провести измерения ДН для составляющей поля излучения E_θ исследуемой антенны. Для этого исследуемая и вспомогательная антенна размещаются как показано на рис. 7, а. Затем исследуемая антенна поворачивается вокруг вертикальной оси опорно-поворотного устройства (в плоскости XOY) в пределах сектора углов $0^\circ \dots 360^\circ$ с шагом $\Delta = 5^\circ \dots 10^\circ$.

В пределах главного лепестка ДН измерения производятся с шагом $\Delta = 5^\circ$.

5.2.5. Провести измерения ДН для составляющей поля излучения E_φ исследуемой антенны. Для этого повернуть вспомогательную антенну вокруг оси Y на 90° до положения показанного на рис. 7, б. Затем провести измерение ДН аналогично п. 5.2.4.

5.2.6. Установить на генераторе частоту $f_0 + \frac{\Delta f}{2}$ (затем $f_0 - \frac{\Delta f}{2}$) и повторить измерения в соответствии с п. 5.2.4.—5.2.5.

5.2.7. Построить в полярной системе координат нормированные диаграммы направленности исследуемой антенны в децибелах с учетом результатов калибровки.

5.2.8. Определить ширину главного лепестка ДН $2\Delta\theta_{-3\text{дБ}}$ для E_θ и E_φ . Построить график зависимости $2\Delta\theta_{-3\text{дБ}}$ от частоты для исследуемых компонент поля излучения.

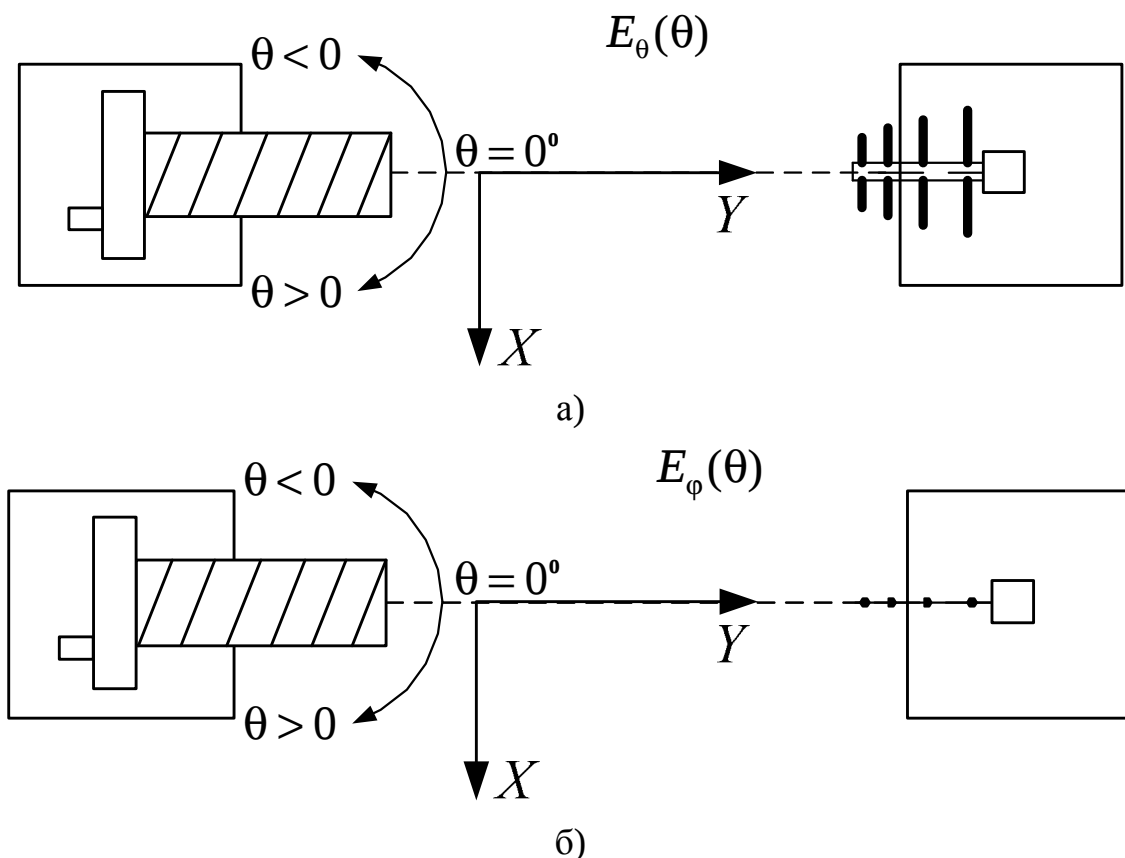


Рис. 7 — Измерение амплитудных диаграмм направленности в плоскости XOY для составляющих поля излучения E_θ (а) и E_φ (б) спиральной антенны

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. Вопросы для допуска к лабораторной работе

6.1.1. Какой метод измерения ДН антенны используется в работе?

6.1.2. Как выбирается вспомогательная антенна и как выбирается расстояние на измерительном полигоне между антеннами?

6.1.3. В чем особенность антенн с вращающейся поляризацией поля излучения?

6.1.4. Как производить калибровку измерительной установки и использовать результаты калибровки?

6.1.5. Оцените ширину диапазона рабочих частот спиральных антенн? По каким критериям определяются границы рабочих частот антенны?

6.1.6. Как влияют геометрические параметры антенны на ее диаграмму направленности?

6.1.7. Какие существуют режимы излучения спиральных антенн? Для каких целей могут использоваться антенны, работающие в этих режимах?

6.2. Вопросы к защите

6.2.1. Как рассчитать поле излучения цилиндрической спиральной антенны?

6.2.2. Объясните причины расхождения результатов теоретического и экспериментального исследования ДН.

6.2.3. К чему приведет изменение угла наклона витков спирали, количества витков, периметра габаритной окружности?

6.2.4. В чем отличие проведения измерений ДН антенн с линейной и вращающейся поляризацией поля излучения?

6.2.5. Охарактеризуйте особенности поляризационной структуры поля излучения спиральных антенн.

6.2.6. Какие требования предъявляются к входным характеристикам спиральных антенн?

6.2.7. Охарактеризуйте функциональное назначение антенной решетки спиральных излучателей. Как можно реализовать возможные режимы работы антенной решетки?

6.2.8. Какие технические задачи можно решать с применением спиральных антенн?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобкова Л.М. Антенны и устройства СВЧ: Лабораторный практикум/ Л.М. Лобкова, М.Б. Проценко, О.А. Посный; под редакцией Л.М. Лобковой. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2004. — 196 с.
2. Воскресенский Д.И. Устройства СВЧ и антенны / Д.И. Воскресенский, В.Л. Гостюхин, В.М. Максимов, Л.И. Пономарев; под редакцией Д.И. Воскресенского. — М.: Радиотехника, 2005. — 450 с.
3. Марков Г.Т. Антенны/ Г.Т. Марков, Д.М. Сазонов. — М.: Энергия, 1975. — 523 с.
4. Методические указания по оформлению текстовых работ для студентов дневной и заочной форм обучения направления 0907 — «Радиотехника»/ В.Г. Слезкин, Ю.Б. Гимпилевич. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. — 15 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример выполнения теоретических исследований

Исходные данные:

- номер антенны — ЦСА 7;
- геометрические параметры: $a=1,4$ см; $d=1,2$ см; $\alpha=8^\circ$; $n=5$;
- диапазон частот $f = f_0 \pm \frac{\Delta f}{2} = 3500 \pm 200$ МГц.

Предварительно определите

$$L = \sqrt{(2\pi \cdot 0,014)^2 + 0,012^2} = 0,089 \text{ м.}$$

Результаты расчетов по (1.13), (1.14) представьте в виде табл. А.1.

Таблица А.1. — Результаты расчетов

	$f_0 - \Delta f = 3300$ МГц	$f_0 = 3500$ МГц	$f_0 + \Delta f = 3700$ МГц
D , дБ	9,8	10,5	11,2
$R_{\text{вх}}$, Ом	137	145	153

Подготовьте программу для расчета ДН антенны.

Постройте ДН в нормированном виде и в децибелах (см. рис. А.1).

Определите ширину ДН и уровень боковых лепестков (УБЛ), результаты представить в таблице А.2. Ширина главного лепестка ДН $2\Delta\theta$ определяется по уровню -3 дБ.

Таблица А.2 — Результаты анализа рассчитанных ДН

	$f_0 - \frac{\Delta f}{2} = 3300$ МГц	$f_0 = 3500$ МГц	$f_0 + \frac{\Delta f}{2} = 3700$ МГц
$2\Delta\theta$, град	40	36	33
УБЛ, дБ	-18	-19	-21,6

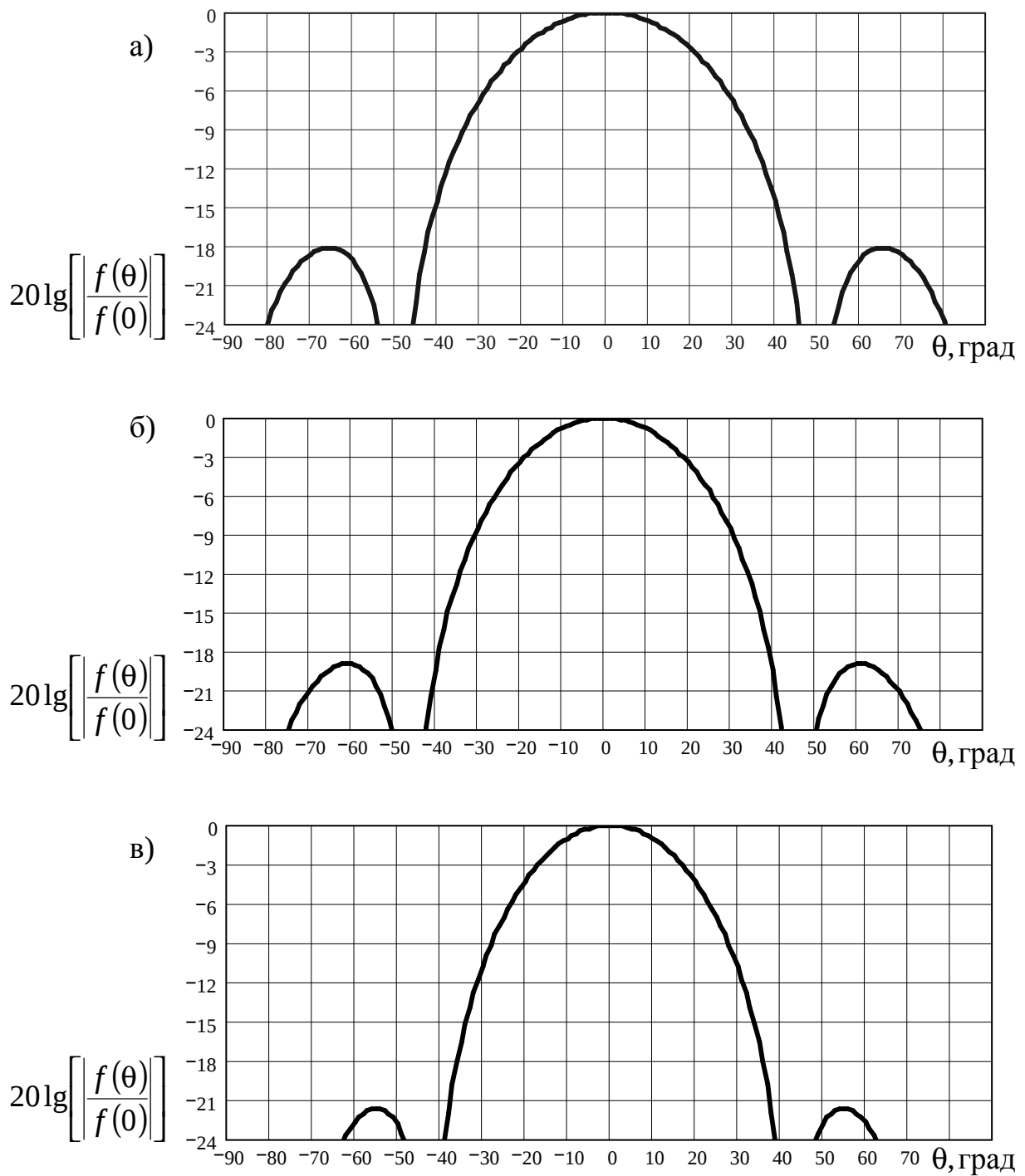


Рис. А.1 — Результаты расчетов диаграмм направленности
исследуемой ЦСА на частотах $f = 3300$ МГц (а);
 $f = 3500$ МГц (б); $f = 3700$ МГц (в)