

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе «Влияние выпуклых поверхностей
вносимых в кольцевую антенну, на эффективность излучения»
по дисциплине "Устройства СВЧ и антенны" для студентов
специальности 210302 "Радиотехника" очной формы обучения

Воронеж 2013

Составители: В.Е. Зотов
д-р техн. наук В.И. Юдин

УДК 621.396

Методические указания к лабораторной работе «Влияние выпуклых поверхностей вносимых в кольцевую антенну, на эффективность излучения» по дисциплине "Устройства СВЧ и антенны" для студентов специальности 210302 "Радиотехника" очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В.Е. Зотов, В.И. Юдин. Воронеж, 2013. 16 с.

Методические указания содержат домашнее задание; общие указания по выполнению работы; контрольные вопросы для самопроверки и защиты лабораторной работы.

Предназначены для студентов 3, 4 курсов специальности 210302 "Радиотехника" по дисциплине " Устройства СВЧ и антенны ".

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS WORD и содержатся в файле met.doc.

Ил. 16. Библиогр.: 7 назв.

Рецензент д-р. техн. наук, проф. О. Ю. Макаров

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р физ.-мат. наук, проф. Ю. С. Балашов

Издается по решению редакционного совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО Воронежский государственный
технический университет, 2013

Влияние выпуклых поверхностей, вносимых в кольцевую антенну, на эффективность излучения

1. Цель работы

1.1. Исследовать зависимость коэффициента усиления и неравномерности диаграммы направленности замкнутой кольцевой антенны от вносимых неоднородностей экрана.

1.2. Оценить степень эффективности привлечения токов смещения к излучению антенны.

2. Домашнее задание

Повторить разделы электродинамики, касающиеся теории электромагнитного поля, уравнения Максвелла. Использовать конспекты лекций по электродинамике и распространению радиоволн, а также учебное пособие по курсу электродинамики.

3. Основные теоретические сведения

3.1. Кольцевая антенна

Первые сведения об антенне кольцевого типа содержатся в статье Бойера [1]. Как сообщалось, новая антенна выполнена в виде проводника круглого сечения (1), согнутого в кольцо (рис. 1). Разомкнутое кольцо устанавливалось на изоляторах (3) над металлизированной землей (2) – экраном – на высоте h . Периметр кольца равен $\lambda_0/4$, высота подвеса над экраном составляла $0,006 \lambda_0$ (λ_0 – длина возбуждающей волны). Один конец кольца в точке А соединялся с землей посредством металлического проводника (4), другой конец, точка В, нагружался на переменную настроечную емкость C_n . Возбуждение антенны осуществлялось в точке В

подсоединением центрального проводника коаксиального кабеля (5), подводящего к антенне напряжение возбуждения от генератора (передатчика).

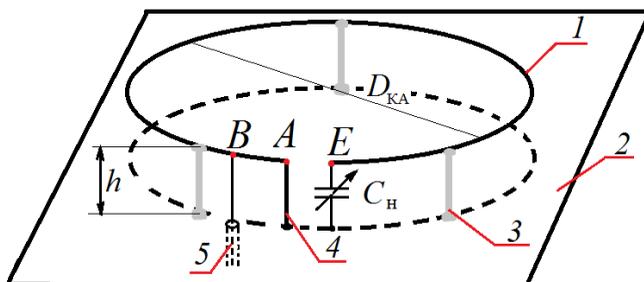


Рис. 1. Кольцевая антенна по схеме Бойера

Эксперимент Бойера показал, что такая антенна имеет почти круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости, однако коэффициент усиления (КУ) ее ниже, чем у четвертьволнового штыря на 3 дБ.

С понижением частоты КУ постепенно падает и при значении частоты $f = 0.5f_0$ усиление кольцевой антенны на 10 дБ хуже, чем у $\lambda_0/4$ - штыря. Настройка кольца в резонанс осуществлялась с помощью вакуумного конденсатора C_H . Этим конденсатором и подбором точки включения питающего кабеля (АВ) автору удалось перекрыть двукратный частотный диапазон при коэффициенте стоячей волны (КСВ) не хуже 2.

Замкнутая кольцевая антенна (рис.2) представляет собой две антенны Бойера, включенные параллельно. При этом короткозамкнутый участок выполнен в виде общего для обеих половин звена, имеющего индуктивный характер входного сопротивления. Благодаря такой конструкции, удалось вдвое увеличить диаметр кольцевой антенны. Учитывая, что свободные концы каждой половины кольца

находятся под одинаковым потенциалом относительно экрана, они были соединены между собой.

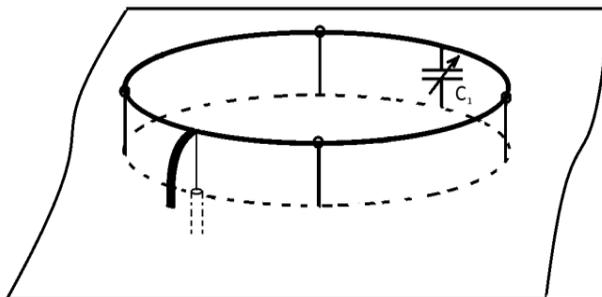


Рис. 2. Внешний вид замкнутой кольцевой антенны с емкостной перестройкой по частоте

3.2. Физические принципы действия кольцевой маловыступающей УКВ антенны.

3.2.1. О роли тока смещения в формировании излучения антенны (на примере симметричного вибратора)

Картина токов, протекающих по симметричному вибратору и в окружающем его пространстве, представлена на рис. 3.

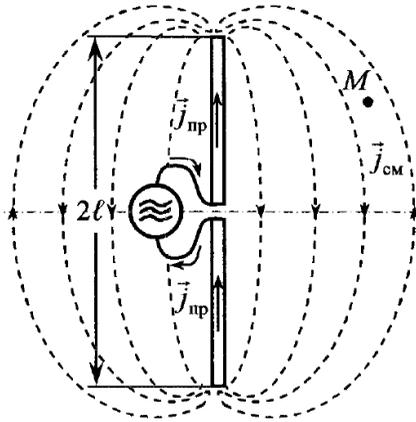


Рис. 3. Картина токов смещения и проводимости симметричного вибратора

С физической точки зрения по симметричному вибратору ток протекает следующим образом. В разрыв металлического проводника включается генератор; ток проводимости от генератора протекает по одному из плеч излучателя, замыкается в виде токов смещения и по другому плечу возвращается к генератору. Таким образом, протекание в точке М тока смещения эквивалентно существованию в т. М переменного электрического поля. Но, согласно уравнению Максвелла ($\text{rot}\vec{H} = \vec{J}_{\text{пр}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$), в точке М тогда появится вихревое магнитное поле. Формируется электромагнитная волна, разбегающаяся от точки М во всех направлениях.

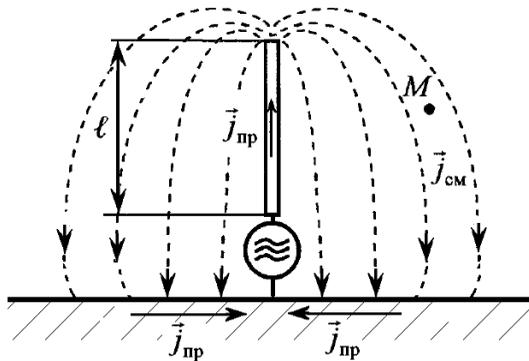


Рис. 4. Картина токов смещения и проводимости несимметричного вибратора (штыря)

При размещении вибратора над проводящим экраном (рис. 4) ток проводимости от генератора протекает по плечу излучателя, замыкается в виде токов смещения на экран и по поверхности проводящего экрана возвращается в генератор.

3.2.2. Токи смещения в пространстве, окружающем кольцевую антенну

По аналогии с несимметричным вибратором, расположенным над проводящим экраном, можно предположить, что токи смещения и проводимости в кольце антенны Бойера распределяются так, как показано на рис. 5., заполняя собой значительный объем вокруг кольца.

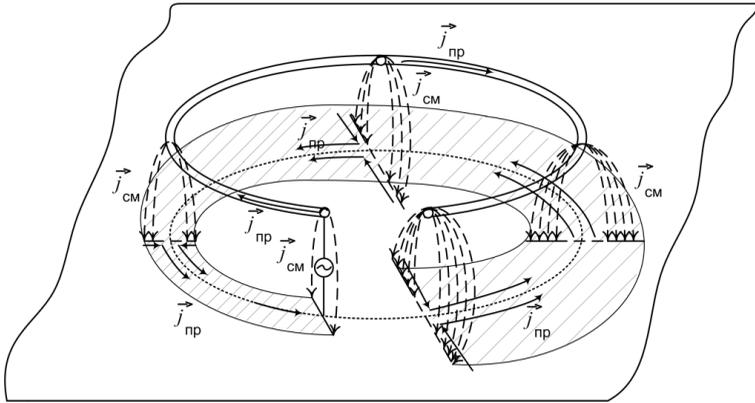


Рис. 5. Картина токов смещения и проводимости кольца над металлическим экраном

Известно [2], что ввиду малости высоты расположения антенны h поверхностные токи, наведенные на экране, ограничиваются областью, края которой отстоят на $10h$ от проекции проводника на заземленную плоскость. Периметр кольца равен $2\pi R_{\text{ка}} = \frac{\lambda_0}{4}$, откуда диаметр антенны $D_{\text{ка}} = 2R_{\text{ка}} = 0.08 \lambda_0$. При этом, зная высоту подвеса $0.006 \lambda_0$, нужно отметить, что зона $10h$ выходит за центр кольца (рис. 6.). Следовательно, область экрана, занимающая центр кольца, оказывается в зоне воздействия сильных токов смещения.

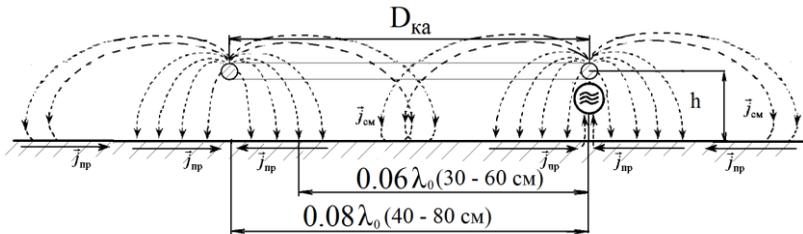


Рис. 6. Картина токов смещения и проводимости в плоскости разреза кольца над металлическим экраном

3.2.3. Токи смещения при установке КА над выпуклым металлическим экраном

Приведенные выше рассуждения позволяют предположить, что, наделяя экран осесимметричной неоднородностью, например цилиндрической формы (рис. 7), расположенной в центре КА, можно повысить эффективность излучения кольцевой антенны. Токи смещения, замыкая полный ток, наводят токи проводимости на отвесных стенках, причем, чем ближе к кольцу располагаются вертикальные стенки неоднородности (например, цилиндра), тем большую плотность будут иметь наведенные на его стенках токи, принимая вертикальное направление протекания.

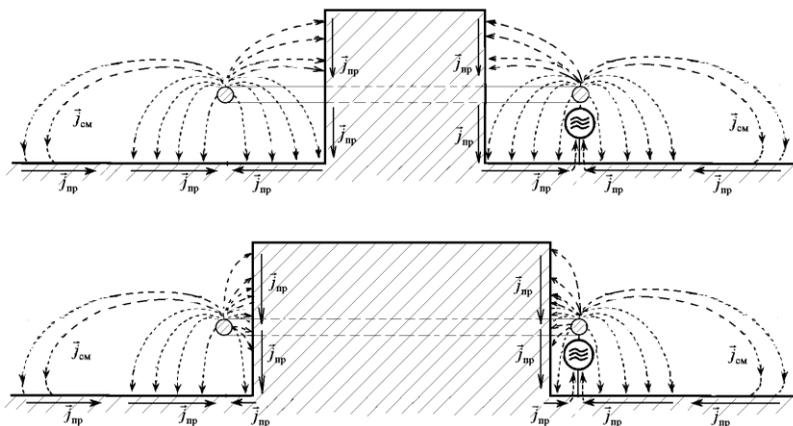


Рис. 7. Картина токов смещения и проводимости в плоскости осевого сечения КА расположенной над выпуклым проводящим экраном

Используя выпуклости со скошенными стенками, например конус (рис. 8.), можно, подбирая размеры антенны

$D_{КА}$, h и выпуклости $D_{Вып}$, $h_{Вып}$, добиться максимально выгодного положительного эффекта.

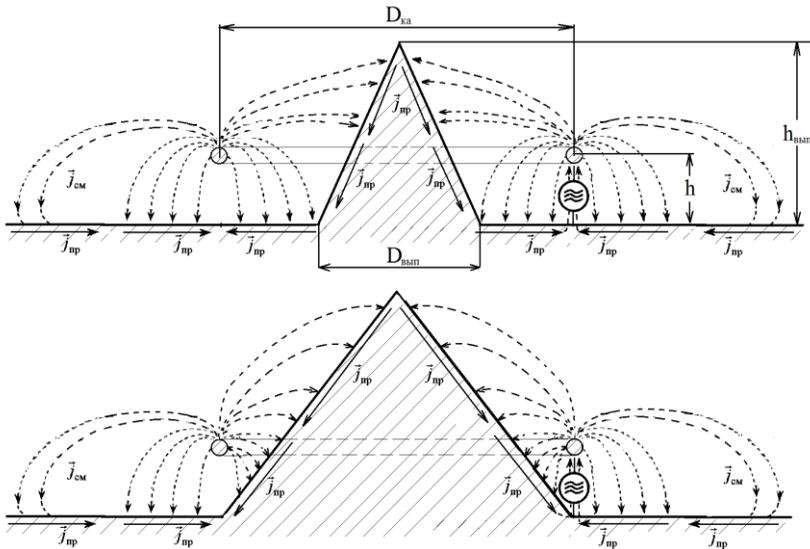


Рис. 8. Картина токов смещения и проводимости в плоскости осевого сечения КА расположенной над выпуклым проводящим экраном в форме конуса

Для увеличения эффективности излучения кольцевой антенны возможно использование и осесимметричных вогнутых экранов (рис. 9). Токи смещения аналогично случаю выпуклого экрана будут наводить во впадине вертикально направленные токи проводимости. Однако, вогнутые экраны имеют ряд недостатков т.к. при использовании КА над крышей подвижного транспортного средства создание вогнутого экрана потребует либо нарушения целостности крыши, либо наращивания на ней второй (приподнятой) крыши, что намного сложнее создания выпуклого экрана.

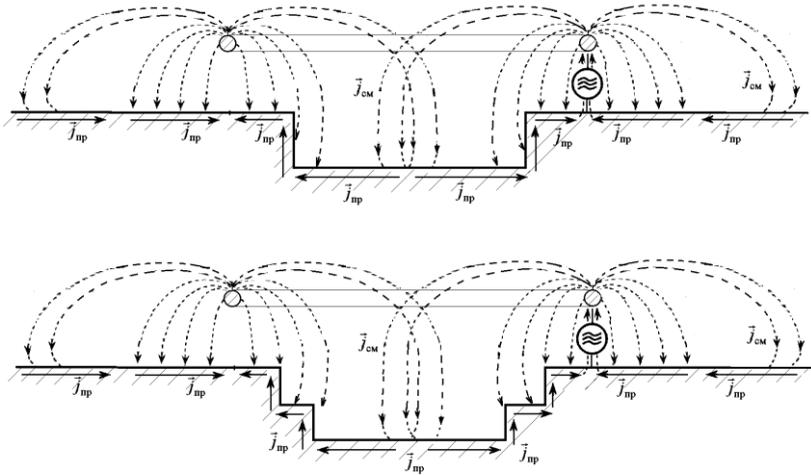


Рис. 9. Картина токов смещения и проводимости в плоскости осевого сечения КА расположенной над проводящим экраном с центральной впадиной.

4. Лабораторное задание и методические указания по его выполнению

4.1. Подготовка проекта

Используя пакет программ CST Microwave Studio провести исследование характеристик антенны. Для начала выполнения работы необходимо создать новый проект в САПР.

Далее следуя инструкции создать структуру исследуемой антенны с выпуклым экраном:

4.1.1. Задать единицы измерения в проекте (рис.10).

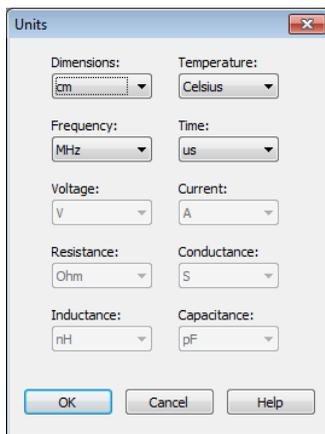


Рис. 10. Параметры проекта

4.1.2. Установить граничные условия (рис.11). Так как исследуемая антенна в идеальном случае расположена на бесконечной проводящей подложке компоненту Zmin следует задать равной 0.

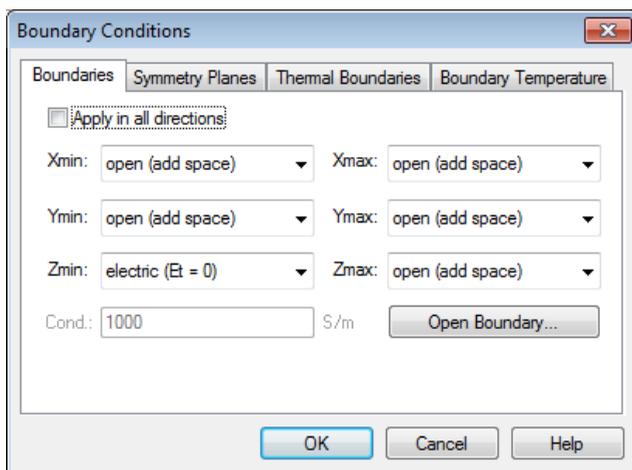


Рис. 11. Граничные условия проекта

4.1.3. Установить диапазон частот для исследования (рис.12).

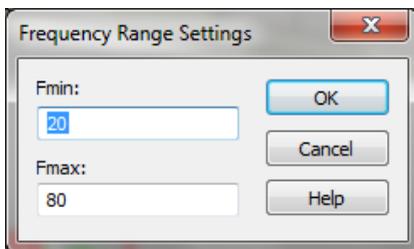


Рис. 12. Настройка диапазона рабочих частот

4.1.4. Установить тип используемого разбиения поверхности *Tetrahedral*.

4.2. Геометрия антенны

Используя встроенные средства рисования создать структуру (рис.13).



Рис. 13. Модель кольцевой антенны

Для этого выполнить следующие шаги:

4.2.1. Создать тор с параметрами указанными на рис. 14.

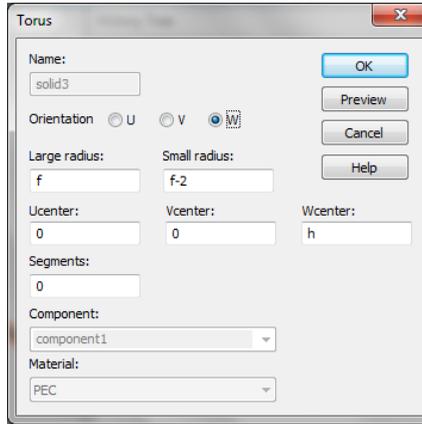


Рис. 14. Окно параметров кольца

При этом в разделе переменных появятся переменные f и h . Присвоить им значения 40 и 10 см соответственно.

4.2.2. Выбрав точку на созданной окружности перенести систему координат в нее.

4.2.3. Создать плоский диск диаметром равным диаметру трубки антенны (2 см). С центром находящимся на центральной оси тора (п. 4.2.1.).

4.2.4. Выбрать одну из сторон полученного в п. 4.2.3. диска, и прямую проходящую под созданным диском на высоте $-h$.

4.2.4. Создать фигуру вращения с углом поворота равным 90° (либо минус 90°). Полученная конфигурация антенны должна соответствовать рис. 13.

4.2.5. Установить центр системы координат в току центра диска из п. 4.2.3.

4.2.6. Развернуть систему координат, таким образом, что бы ось v, u были расположены параллельно осям x, y .

4.2.7. Создать цилиндр с диаметром равным диаметру трубки антенны, и высотой равной 2 см.

4.2.8. Выбрать точку лежащую на плоскости $x,y,0$, находящуюся непосредственно под центром созданного в п. 4.2.7. цилиндра, и нижнюю грань цилиндра. Пользуясь вкладкой «*Discrete port*» создать порт эквивалентный подключению коаксиального кабеля к данным точкам.

4.2.9. Вернувшись к координатной системе x,y,z создать конус с высотой h_{kon} и радиусом основания R_{kon} . Присвоить этим переменным значения 30 и 40 см соответственно.

4.2.10. Установить *Field Monitor* на частоту 60 МГц (рис.15), выбрав его тип как *farfield*.

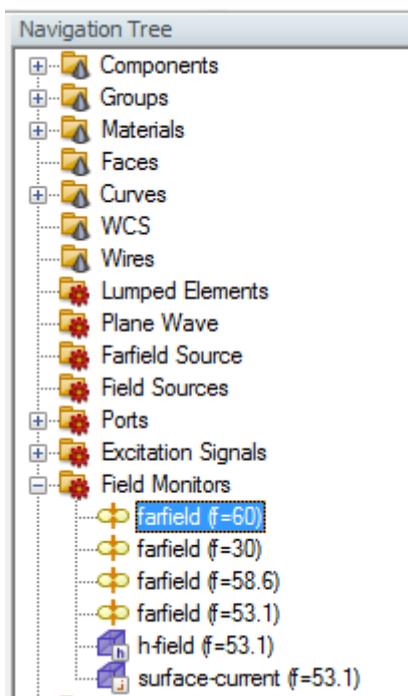


Рис. 15. Создание Field Monitor

4.2.11. Выбрав пункт *Frequency Domain Solver*, открыть параметры моделирования. Запустить моделирование

используя кнопку Start. По полученным в ходе моделирования данным измерить неравномерность диаграммы направленности и коэффициент усиления антенны на частоте 60 МГц (рис 16).

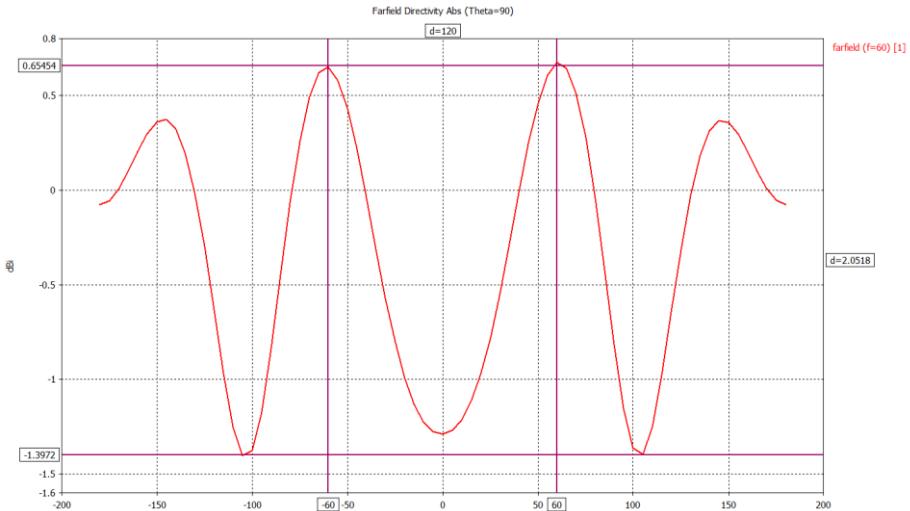


Рис. 16. Определение неравномерности диаграммы направленности и ее формы

4.2.12. Повторить п. 4.2.11. изменяя значения h_{kon} и R_{kon} на: 20 и 20 см, 10 и 10 см, 20 и 10 см, 10 и 20 см.

По полученным данным сделать вывод и влиянии вводимой выпуклой поверхности в форме конуса на диаграмму направленности и коэффициент усиления кольцевой антенны.

5. Контрольные вопросы

1. Какой ток называется током смещения? Его природа возникновения?

2. Влияние поперечных размеров вводимой в кольцевую антенну неоднородности на характеристики КА.
3. Влияние высоты вводимой в кольцевую антенну неоднородности на характеристики антенны.
4. Предложить примеры других неоднородностей (форма, размеры) для введения в антенну с целью повышения ее коэффициента усиления?
5. В каких диапазонах частот могут работать кольцевые антенны?
6. Привести рассуждения об эффективности действия КА при установки её на крыше подвижных объектов?
7. Как поляризовано электромагнитное поле, излучаемое КА, установленной на подвижном объекте-носителе?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Boyer, J. M. Hula-Hoop Antennas: A Coming Trend? [Text] / J. M. Boyer // Electronics. – Jan. 1963. – Vol. 11. – P. 44-46.
2. Burton, R. W. Theoretical considerations and experimental results for the hula-hoop antenna [Text] / R. W. Burton, R. W. P. King // Microwave Journal. – Nov. 1972. – Vol. 6. – P. 89-90.
3. Лавров, Г. А. Приземные и подземные антенны [Текст] / Г. А. Лавров, А. С. Князев. – М. : Советское радио, 1965. – 473 с. : ил.
4. Айзенберг, Г. З. Коротковолновые антенны [Текст] / Г. З. Айзенберг, С. П. Белоусов, Э. М. Журбенко, Г. А. Клигер, А. Г. Курашов. ; под ред. Г. З. Айзенберга. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1985. – 536 с. : ил.
5. Курушин, А. А. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio [Текст] / А. А. Курушин, А. Н. Пластиков. – М. : МЭИ, 2010, – 160 с : ил.
6. Банков, С. Е. Электродинамика и техника СВЧ для пользователей САПР / С. Е. Банков, А.А. Курушин. –М. : Самиздат. 2008, – 276 с : ил.

7. Разевиг, В. Д. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office [Текст] / В. Д. Разевиг, Ю. В. Потапов, А. А. Курушин. – М. : Солно-Пресс. 2003, – 496 с : ил.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы.....	1
2. Домашнее задание.....	1
3. Основные теоретические сведения.....	1
3.1. Кольцевая антенна.....	1
3.2. Физические принципы действия кольцевой маловыступающей УКВ антенны.....	3
3.2.1. О роли тока смещения в формировании излучения антенны (на примере симметричного вибратора).....	3
3.2.2. Токи смещения в пространстве, окружающем кольцевую антенну.....	5
3.2.3. Токи смещения при установке КА над выпуклым металлическим экраном.....	7
4. Лабораторное задание и методические указания по его выполнению	9
4.1. Подготовка проекта.....	9
4.2. Геометрия антенны	11
5. Контрольные вопросы.....	14

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе «Влияние выпуклых поверхностей вносимых в кольцевую антенну, на эффективность излучения» по дисциплине "Устройства СВЧ и антенны" для студентов специальности 210302 "Радиотехника" очной формы обучения

Составители:

Зотов Владислав Евгеньевич

Юдин Владимир Иванович

В авторской редакции

Компьютерный набор В.Е. Зотова

Подписано к изданию 27.12.2013

Уч.-изд. л. 0,9

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14.