

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Институт информационных технологий и радиоэлектроники
Кафедра радиотехники и радиосистем

Гаврилов В.М.

«ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН»

Самостоятельная работа

Методические указания

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине
«Электродинамика и распространение радиоволн» для студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению
11.03.01 Радиотехника

Владимир 2015

Методические указания к самостоятельной работе

по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн»

Целью методических указаний является помощь, необходимая при самостоятельном выполнении домашних контрольных работ. Три контрольных выполняются согласно приводимым ниже заданиям. Каждое задание составлено в десяти вариантах. Каждый вариант содержит теоретические вопросы и задачи. Номер выполняемого варианта соответствует последней цифре порядкового номера в алфавитном списке группы. Самостоятельное выполнение контрольных работ способствует более углубленному и конструктивному усвоению теоретического содержания курса, развивает необходимые инженерные навыки. Теоретические вопросы и задачи составлены таким образом, чтобы охватить основные разделы курса в той последовательности, в которой они изложены в программе. Поэтому выполнение контрольных работ целесообразно проводить параллельно с изучением материала соответствующих разделов программы. Так контрольная работа № 1 выполняется в процессе изучения материала, содержащегося в разделах 1.1, 1.2, 1.3 программы; работе № 2 соответствует материал, указанный в разделах 1.4, 1.5 и 1.6, а работе № 3 – в разделах 1.7, 1.8, 1.9, 1.10 и 1.11. В контрольных работах № 1 и № 2 задачи задаются номерами, которым соответствует сборнику задач 7а, [3]. В электронном виде сборник задач входит в учебно-методический комплекс по дисциплине. В контрольной работе № 3 – задачи представлены в текстовом виде. Их эффективному решению способствует самостоятельное освоение материала в пособиях 7б, [2], [5].

Ответы на теоретические вопросы и решение задач должно содержать необходимые пояснения и ссылки на используемую литературу и формулы. При необходимости представляемые материалы заканчиваться выводами, сопровождаться графиками и пояснительными рисунками.

Теоретические вопросы и условия задач переписываются полностью.

Контрольная работа № 1

Вариант 1

1. Каким образом можно установить связь между продольными и поперечными составляющими волн в регулярной направляющей структуре? Зачем это нужно?

2. Рассмотрите свойства волн типа Е в прямоугольном волноводе. Проанализируйте их основные параметры.
3. [3], п.7.а: 7.12, 8.39, 9.15.

Вариант 2

1. Из каких соображений устанавливаются понятия критической частоты, критической длины волны в линии передачи?
2. Рассмотрите свойства волн типа Н в прямоугольном волноводе. Проанализируйте их основные параметры.
3. [3], п.7.а: 7.12, 8.39, 9.15.

Вариант 3

1. Объясните физический смысл условий распространения волн в линиях передачи. Как эти условия связаны с критической длиной волны, критической частотой?
2. Какими характерными особенностями обладает волна H_{10} в прямоугольном волноводе? При каких условиях для нее реализуется режим одноволновости?
3. [3], п.7.а: 7.16, 8.40, 9.16.

Вариант 4

1. Что подразумевают под дисперсией в линиях передачи? Как это понятие можно проиллюстрировать графически?
2. Проанализируйте свойства и параметры волн типа Е в круглом волноводе.
3. [3], п.7.а: 7.17, 8.38, 9.17.

Вариант 5

1. Сформулируйте общие свойства волн типа Т в линиях передачи.
2. Проанализируйте свойства и параметры волн типа Н в круглом волноводе. Какую волну называют основной для круглого волновода?
3. [3], п.7.а: 7.20, 8.37, 9.18.

Вариант 6

1. Сформулируйте общие свойства волн типа Е в линиях передачи.
2. Постройте и проанализируйте структуру поверхностных токов на стенках прямоугольного волновода с волной H_{10} .
3. [3], п.7.а: 7.29, 8.35, 9.19.

Вариант 7

1. Сформулируйте общие свойства волн типа Н в линиях передачи.
2. Постройте и проанализируйте структуру поверхностных токов на стенках круглого волновода с волной H_{11} , волной H_{01} .
3. [3], п.7.а: 7.43, 8.34, 9.20.

Вариант 8

1. Поясните физический смысл концепции парциальных волн. Как на ее основе определяются параметры волн Е и Н в линиях передачи?
2. Проанализируйте выражения для составляющих поля и основные параметры волн типа Т в коаксиальной линии. При каком условии в коаксиале реализуется одноволновый режим волны Т?
3. [3], п.7.а: 7.46, 8.24, 9.6.

Вариант 9

1. Что подразумевается под групповой скоростью? При каких ограничениях справедливо это понятие?
2. Рассмотрите условия существования волн типа Е, типа Н в линии поверхностной волны (металлическая плоскость покрытая слоем диэлектрика).
3. [3], п.7.а: 7.39, 8.19, 9.7.

Вариант 10

1. Каким образом определяется скорость распространения энергии гармонических волн в линиях передачи? Постройте и проанализируйте ее частотную зависимость.
2. Сформулируйте условия существования поверхностных волн в металлической гребенчатой структуре.
3. [3], п.7.а: 7.40, 8.18, 9.8.

Контрольная работа № 2

Вариант 1

1. Какими факторами обусловлены потери в линиях передачи? Получите общее выражение для постоянной затухания.
2. С чем связан переход в колебательных системах к структурам с распределенными параметрами?
3. [3], п.7.а: 7.55, 10.8, 13.8.

Вариант 2

1. Получите выражение для постоянной затухания в линии передачи, обусловленной потерями в среде, заполняющей линию. Проанализируйте полученное соотношение.
2. Поясните возможность реализации объемного резонатора из отрезка регулярного прямоугольного волновода. Какими свойствами он будет обладать?
3. [3], п.7.а: 7.54, 10.9, 13.9.

Вариант 3

1. Получите выражение для постоянной затухания в линии передачи, обусловленной потерями в металлических проводниках. Проанализируйте полученное соотношение.
2. Рассмотрите общую задачу о колебаниях в прямоугольном объемном резонаторе. Возможно ли в нем существование колебания с третьим нулевым индексом?
3. [3], п.7.а: 7.53, 10.10, 13.10.

Вариант 4

1. Постройте график зависимости постоянной затухания в прямоугольном волноводе от частоты. Проанализируйте и объясните характерные особенности на примере волновода с волной H_{10} .
2. Рассмотрите общую задачу о колебаниях в цилиндрическом резонаторе. Приведите структуру поля низших типов колебаний.
3. [3], п.7.а: 7.52, 10.11, 13.26.

Вариант 5

1. Объясните связь постоянной затухания в прямоугольном волноводе с волной H_{10} с размерами поперечного сечения и величиной удельной объемной проводимости стенок.
2. Приведите основные способы возбуждения и включения объемных резонаторов.
3. [3], п.7.а: 7.51, 10.12, 13.25.

Вариант 6

1. Объясните процедуру получения выражения для предельной мощности в прямоугольном волноводе с волной H_{10} . Как она связана с длиной волны? Сравните с предельной мощностью для коаксиальной линии с волной типа Т.
2. Что подразумевается под добротностью объемных резонаторов? Как она связана с резонансной частотой и размерами резонатора?
3. [3], п.7.а: 7.50, 10.13.

Вариант 7

1. Постройте и объясните зависимость постоянной затухания в круглом волноводе от частоты. Проведите сравнительную оценку величины затухания для основного типа и высших типов волн.
2. Поясните эффект смещения поля в прямоугольном волноводе с поперечно подмагниченным ферритом.
3. [3], п.7.а: 7.49, 10.14, 13.24.

Вариант 8

1. Объясните характерную особенность присущую зависимости постоянной затухания от частоты для волны H_{01} в круглом волноводе. При каких размерах поперечного сечения она становится наиболее выраженной?
2. Поясните особенности распространения линейно поляризованных волн в намагниченной ферритовой среде.
3. [3], п.7.а: 7.38, 10.15, 13.23.

Вариант 9

1. Какими соображениями обусловлен стандарт на волновое сопротивление коаксиальной линии 50 Ом?
2. Объясните особенности распространения в намагниченной ферритовой среде волн с круговой поляризацией.
3. [3], п.7.а: 7.37, 10.16, 13.22.

Вариант 10

1. Какими соображениями обусловлен стандарт на волновое сопротивление коаксиальной линии 75 Ом?
2. Объясните возникновение эффекта Фарадея в гиромангнитных средах.
3. [3], п.7.а: 7.36, 10.17, 13.21.

Контрольная работа №3

Вариант 1

1. Что подразумевают под механизмом распространения радиоволн? Приведите примеры радиолиний использующих земную волну, рассеянную волну, ионосферную волну, прямую волну.
2. Почему диэлектрическая проницаемость тропосферы испытывает пространственные и временные изменения? В каких случаях свойства тропосферы близки к идеальному диэлектрику?
3. Что такое эффективная длина трассы при расчете ослабления поля в осадках?
4. Что называют зоной уверенного приема СВ и какими способами увеличивают протяженность этой зоны?
5. Определить значение частоты, при которой в сухой почве с параметрами $\epsilon=5$, $\sigma=10^{-3}$ см/м действительная и мнимая части комплексной диэлектрической проницаемости становятся одинаковыми.

Вариант 2

1. Поясните физическую сущность процесса ослабления поля в условиях свободного пространства (УСП).
2. Поясните закономерности распределения электронной концентрации во внутренней и внешней ионосфере.
3. Поясните термины «отклоняющее» и «неотклоняющее» поглощение в ионосфере.
4. От каких параметров трассы и оборудования зависит напряженность поля пространственной волны в диапазоне СВ?
5. Известно, что на уровне земной поверхности значение индекса преломления $N_0=300$. Найти относительную диэлектрическую проницаемость воздуха ϵ на земле и на высоте $h=3$ км.

Вариант 3

1. От каких параметров линии в УСП зависит мощность на входе приемника радиолиний первого типа, радиолиний второго типа?
2. Каковы причины образования и количественные характеристики локальных неоднородностей в тропосфере?
3. Какие параметры трассы и оборудования определяют интерференционную формулу применяемую для расчета напряженности поля в освещенной области?
4. Какие характерные черты распределения поля на ДВ?

5. Оценить эффект атмосферной рефракции для условий: $\epsilon(h=0) = 1,006$,
1. $\epsilon(h=3\text{км}) = 1,00036$. Реальный неоднородный слой заменить двумя однородными с диэлектрическими проницаемостями $\epsilon_1=1,0006$ и $\epsilon_2=1,00036$. Положить угол падения $\varphi=70^\circ$.

Вариант 4

1. Что такое множитель ослабления поля свободного пространства? Что называется потерями и основными потерями передачи в УСП?
2. Почему ионосфера является средой с дисперсией? Почему диэлектрическая проницаемость ионосферы меньше, чем свободного пространства?
3. Назовите виды шероховатых поверхностей для дециметровых волн. Что такое эффект «усиления» препятствием?
4. Почему радиус действия СВ передатчика изменяется в течение суток?
5. Плоская волна падает на слой E ионосферы с электронной концентрацией $N_e=10^{11} \text{ м}^{-3}$ под углом $\varphi=60^\circ$. Определить наибольшее значение частоты $f_{\text{макс}}$, при которой еще наблюдается полное отражение от слоя.

Вариант 5

1. Как построить зоны Френеля на плоскости? Что такое существенный эллипсоид для распространения и почему его размеры зависят от длины волны?
2. Каковы основные характеристики неоднородностей диэлектрической проницаемости ионосферы?
3. Назовите физические процессы, являющиеся причиной замираний на открытых трассах. Какие процессы обуславливают «потерю усиления» антенн?
4. Почему понятие "мертвой зоны" для приема характерно для КВ диапазона?
5. Ионосферный слой F с концентрацией электронов $N_e=10^{12} \text{ м}^{-3}$ располагается на высоте $h=400$ км от поверхности Земли. Найти наивысшее значение частоты поля $f_{\text{макс}}$, которое еще обеспечивает полное отражение электромагнитной волны от слоя.

Вариант 6

1. Какие физические процессы сопровождают распространение радиоволн вдоль земной поверхности? Поясните принцип отражательной трактовки влияния Земли, какие ограничения при этом появляются в связи с наличием существенной области для отражения?
2. От чего зависит угол наклона и радиус кривизны траектории волны на некоторой высоте в атмосфере?

3. От каких параметров трассы и оборудования зависит месячное медианное значение множителя ослабления при ДТР?
4. Как влияет условие распространения на КВ-радиолиниях на требования к ДН антенн в вертикальной и горизонтальной плоскостях?
5. Космическая радиолиния связи имеет протяженность 400 км. Мощность передатчика 80 Вт, длина волны 3 см. Антенны передатчика и приемника идентичны и представляют собой однозеркальные параболические антенны ($\text{кип} = 0,55$) диаметром 1м. определить мощность, поступающую на вход приемника.

Вариант 7

1. От каких параметров трассы зависит интерференционная структура поля земной волны? Что такое приведенная высота антенны?
 2. При каких метеоусловиях наблюдается положительная или отрицательная рефракция в тропосфере?
 3. Опишите явления в тракте распространение, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации систем спутниковой связи.
 4. Чем ограничена скорость передачи дискретной информации на КВ радиолиниях?
 5. Космическая радиолиния снабжена антеннами с коэффициентом направленного действия $D=5900$. Мощность передатчика 80 Вт. Используется приемник с шумовой температурой 150 К. Линия предназначена для передачи телевизионного изображения среднего качества и имеет полосу пропускания 4 МГц. Вычислить длину трассы r , при которой мощность принятого сигнала в 10 раз превышает мощность шума
1. ($q = P_{\text{пр}} / P_{\text{ш}} = 10$).

Вариант 8

1. Каков принцип деления трассы распространения земной волны на три зоны при высоко поднятых и низко расположенных системах относительно поверхности земли?
2. Что такое эквивалентный радиус Земли и когда это понятие справедливо?
3. Почему на космических линиях передача и прием ведутся при углах возвышения траектории волн более 5° ?
4. Каковы основные положения метода расчета напряженности поля на КВ радиолиниях?
5. Найдите предельную длину трассы с прямой видимостью между антенной Останкинского телецентра ($h=500\text{м}$) и антенной коллективного приема телевидения, расположенной на крыше жилого дома ($h=40\text{м}$).

Вариант 9

1. Поясните закономерность поля земной волны в зоне тени при низко расположенных антеннах? Почему УКВ сильнее ослабляются при распространении за линию горизонта, чем средние и длинные волны?
2. Что такое критическая частота ионосферного слоя и как определить эквивалентную частоту при наклонном падении? Чем ограничен верхний предел частоты волн, отражающихся от ионосферы?
3. От каких характеристик тракта распространения зависит необходимая мощность земного и бортового передатчиков?
4. Каковы причины замираний на КВ радиоприемах и какие меры позволяют повысить устойчивость приема?
5. Спроектируйте линию КВ-связи длиной 1200 км, работающую за счет отражения от слоя F ионосферы с концентрацией электронов $N_e=1,5 \times 10^{12} \text{ м}^{-3}$. Высота слоя 260 км.

Вариант 10

1. По каким признакам разделяют атмосферу на тропосферу, стратосферу и ионосферу?
2. Чем объясняется частотная зависимость ослабления поля в газах?
3. Какие особенности возникают при связи с ИСЗ перемещающимися относительно наземного пункта связи?
4. В чем различие максимальной применимой частоты и максимальной частоты?
5. Передающая часть космической радиоприемной линии снабжена однозеркальной параболической антенной (КПД – 0,55) площадью 1000 м². Однозеркальная параболическая приемная антенна (КПД – 0,55) имеет площадь 30 м². Рабочая длина волны 7,5 см. Приемник с полосой пропускания 15 кГц имеет шумовую температуру 120К. Определить предельную длину радиоприемной линии, при которой отношение сигнал/шум на входе приемника будет не ниже 3 дБ. На сколько сократится длина линии, если полосу пропускания приемника расширить до 1 МГц?