

## ПРОГРАММА

### 3-й части курса ТОЭ в потоках Э-18, ИГ-18

#### **Установившиеся режимы в цепях с распределенными параметрами**

Цепи с распределенными параметрами. Уравнения однородной двухпроводной линии. Первичные параметры линии. Установившийся режим в однородной линии. Вторичные параметры линии. Бегущие волны, прямые и обратные волны, коэффициенты обратной волны. Уравнения однородной линии с гиперболическими функциями. Входные сопротивления линии. Линия без искажений, линия без потерь. Явление стоячих волн. Линия как четырехполюсник, моделирование однородной линии цепной схемой.

#### **Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.**

Возникновение переходных процессов. Общее решение уравнений однородной линии, падающие, отраженные и преломленные волны. Переходные процессы при включении и отключении источника и нагрузки. Методика расчета переходных процессов. Методика определения волн, возникающих при переключениях в линиях и отражениях волн. Качественное рассмотрение процессов в линиях, содержащих сосредоточенные емкостные и индуктивные элементы. Многократные отражения волн с прямоугольным фронтом от резистивного элемента, блуждающие волны.

#### **Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле**

Электромагнитное поле и его уравнения в интегральной форме. Материальные среды и их электрофизические свойства. Векторы электромагнитного поля на границе двух сред. Основные частные случаи моделей электромагнитного поля (статическое и стационарное поля, перемещение в проводящих средах и т. д.). Электростатическое поле и его уравнения. Потенциал и градиент потенциала, определение потенциала по заданному распределению зарядов. Уравнения Лапласа и Пуассона, основная задача электростатики. Плоскопараллельное поле двух заряженных осей. Поле параллельных цилиндров. Теорема единственности и ее следствие. Диэлектрический шар во внешнем однородном поле. Проводящее тело во внешнем однородном поле. Метод зеркальных изображений. Связи между потенциалами и зарядами в системе заряженных тел: потенциальные коэффициенты, коэффициенты электростатической индукции и частичные емкости. Емкости проводов и кабелей, емкость трехфазной линии электропередач. Энергия и сила в электростатическом поле.

#### **Стационарные электростатические и магнитные поля**

Стационарное электрическое поле. Уравнения электрического поля постоянных токов. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания тока, сопротивление растеканию тока. Магнитное поле. Вихревой характер магнитного поля тока. Скалярный и векторный потенциалы, их применение для расчета магнитных полей. Обобщенный скалярный магнитный потенциал и его применение для расчета магнитных полей в областях с током. Аналогии магнитного поля с электростатическим полем. Магнитное поле вблизи плоских поверхностей ферромагнитных тел. Графический метод построения картины магнитного поля. Намагничивание тел различной формы. Размагничивающий фактор. Описание электромагнитных полей в сверхпроводящих средах и их магнитные характеристики. Энергия и сила в магнитном поле. Расчет индуктивности. Общие выражения для взаимной и собственной индуктивностей. Индуктивности простых систем (длинного провода и прямоугольной рамки, кругового контура и т. п.). Алгоритм расчета индуктивностей. Метод участков расчета индуктивностей. Индуктивность двухпроводной линии. Взаимная индуктивность между двумя двухпроводными линиями. Индуктивность трехфазной линии. Аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей. Постановка краевой задачи для уравнений Пуассона и Лапласа. Виды граничных условий и типы краевых задач. Методы решения краевых задач. Аналитические методы расчета потенциальных полей: метод зеркальных изображений, метод конформных преобразований, решение краевых задач с использованием функций Грина, метод

разделения переменных, метод интегральных уравнений, вариационная постановка краевой задачи и методы ее решения. Численные методы расчета потенциальных полей: метод конечных разностей (сеток) и способы его реализации, проекционно-сеточные методы, метод конечных элементов, численные методы решения интегральных уравнений, метод граничных элементов, комплексный метод граничных элементов для плоскопараллельных полей.

### **Переменное электромагнитное поле**

Запись уравнений переменного электромагнитного поля со сторонними источниками через векторы поля. Применение электродинамических потенциалов для записи уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Вектор Пойнтинга. Виды задач электродинамики и методы их решения.

Уравнения распространения электромагнитного поля в проводящей среде. Решение волнового уравнения. Плоское гармоническое электромагнитное поле. Явление поверхностного эффекта. Поверхностный эффект в тонких пластинах и цилиндрических проводниках. Понятие об эффекте близости. Расчет полных сопротивлений проводников при переменных токах. Аналитические методы (разделения переменных и интегральных уравнений) решения краевой задачи в проводящей среде. Применение численных методов (конечных разностей и конечных элементов) для расчета переменных полей в проводящих средах. Электромагнитное экранирование. Понятие об электромагнитном экранировании.

Волновые уравнения электромагнитного поля в однородном изотропном диэлектрике. Распространение плоской волны. Плоские гармонические волны в идеальном диэлектрике. Характеристики плоской гармонической волны в несовершенном диэлектрике. Расчет распространения электромагнитных волн в диэлектрике методом разделения переменных. Скорость распространения электромагнитных волн в диэлектрике. Понятие об излучении электромагнитной энергии. Запаздывающие потенциалы. Волноведущие структуры, волноводы и резонаторы.

Лектор

Ф.Н. Шакирзянов

И.о. зав. кафедрой ТОЭ

В.Н. Тульский