

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение дисциплины**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Смоленск – 2020 г.**

**Методические материалы составил:**

Доцент кафедры

«Электроники и микропроцессорной техники»

канд. техн. наук, доцент

Амелин Сергей Александрович

подпись

ФИО

«24» июня 2020 г.

**Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**

подпись

Якименко Игорь Владимирович

ФИО

«02» июля 2020 г.

## 1. Методическое обеспечение лекций

Цель лекций – изучение понятийного аппарата, основных теоретических положений и методов изучаемой дисциплины, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

1. Комплект лекций, в формате мультимедийных презентаций, расположен на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/file/d/1r2Zto4TddsXJAePkd9vLdwvU1-d9xifG/view?usp=sharing>

[https://drive.google.com/file/d/1y\\_v9dfiCoh0AZy2XLCjowrXuObkgQA3F/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1y_v9dfiCoh0AZy2XLCjowrXuObkgQA3F/view?usp=sharing)

Фрагменты лекций в формате мультимедийной презентации.

<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ</h3> <p>Слайды к курсу лекций</p> <p>Лектор: к.т.н., доц. Амелин С.А.</p> <p><b>2019</b></p>	<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>БАЗОВЫЙ НАБОР ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕЛЕЙ</h3> <p>Существует ряд моделей, на основе которых может быть построена любая электрическая модель прибора. Эти модели получили название <i>базового набора элементов моделей</i>.</p> <p>Базовый набор элементов моделей состоит из пассивных компонентов (резистора, конденсатора и катушки индуктивности) и источников энергии (независимого источника ЭДС, независимого источника тока, зависимых источников ЭДС и зависимых источников тока).</p>
<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>ИДЕАЛЬНАЯ КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ</h3> <p><i>Идеальная катушка индуктивности</i> характеризуется потокоцеплением <math>\Psi</math> (читается «пси»), возникающим при протекании тока <math>I</math> через некоторый контур, причем считается, что активное сопротивление контура равно 0. Отношение потокоцепления к току называется <i>индуктивностью</i> <math>L</math>:</p> $L = \frac{\Psi}{I}$ <p>Размерности величин: <math>[I]=A</math>, <math>[\Psi]=Wb=B \cdot c</math>, <math>[L]=Wb/A=(B \cdot c)/A=Гн</math></p> <p><i>Индуктивность</i> – основной параметр катушки индуктивности и дросселя.</p>	<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>МОДЕЛЬ ТОНКОПЛОЩАДНОГО SMD-РЕЗИСТОРА</h3> <p>При построении моделей сложных систем главный принцип – от простого к сложному</p> <p>Простейшая модель резистора.      Модель резистора второго уровня сложности</p> <p>Модель тонкоплощадного SMD-резистора</p> <p><math>C_{сех}</math> – внешние паразитные емкости на корпус контактных площадок на плате для поверхностно монтируемых резисторов; <math>C_p</math> – паразитные емкости резистора на корпус; <math>C_s</math> – паразитная последовательная емкость между контактами резистора; <math>L_c</math> – паразитные индуктивности контактов или выводов резистора; <math>L_s</math> – паразитная последовательная индуктивность резистора; <math>R</math> – активное сопротивление резистора.</p>
<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>МОДЕЛЬ НЕИДЕАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА</h3> <p>Конструктивно конденсаторы выполняют в виде токопроводящих обкладок, разделенных диэлектриком. Выводы конденсатора и его обкладки выполняют из материалов, не являющихся идеальными проводниками. Следовательно они обладают <i>сопротивлением</i>. Диэлектрик также не идеален, поэтому нужно учитывать <i>токи утечки</i>. Для этого параллельно идеальному конденсатору нужно включить резистор с большим сопротивлением.</p> <p>Дополнительно на высоких частотах необходимо учитывать <i>потери в диэлектрике</i> и <i>индуктивность обкладок</i> и выводов.</p> <p><b>Эквивалентная схема (модель) неидеального конденсатора</b></p>	<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>КОНСТРУКЦИИ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ</h3> <p>Конструктивно <i>катушка индуктивности</i> представляет собой винтовую, спиральную или винтоспиральную катушку из свернутого изолированного проводника.</p> <p>Пленочная катушка индуктивности</p>
<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>МОДЕЛЬ РЕАЛЬНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ НА ВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ</h3> <p>На высоких частотах необходим также учет паразитной емкости (межвитковой и межслойной).</p> <p><i>Межвитковая емкость</i> образуется за счет того, что два соседних витка разделены диэлектриком (изоляцией провода обмотки) по сути являются конденсатором. Такие элементарные конденсаторы создают эквивалентную емкость обмотки.</p> <p>Если обмотка имеет несколько слоев, то стои провода, разделенные между собой диэлектриком, также выполняют роль конденсатора. Это <i>межслойная емкость</i>. В модели межвитковая и межслойная емкость суммируются, образуя эквивалентную емкость обмотки.</p>	<p>С.А. Амелин. Слайды к курсу лекций по МЭЦ</p> <h3>ТРАНСФОРМАТОР</h3> <p><b>Трансформатор</b> это компонент электронных устройств, предназначенный для преобразования уровней токов и напряжений. Конструктивно трансформатор состоит из двух или более обмоток, размещенных на общем сердечнике (магнитопроводе). Сердечник трансформатора, как правило, замкнутый.</p> <p>Если к первичной обмотке трансформатора приложить переменное напряжение, то на вторичной обмотке также появится переменное напряжение, величина которого зависит от соотношения числа витков первичной и вторичной обмоток.</p>

## 2. Методическое обеспечение лабораторных работ

Цель лабораторных работ – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для решения научно-исследовательских задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания и методические указания к лабораторным работам расположены по ссылкам:

Пособие: <https://drive.google.com/file/d/1TjaJwJO9xn7CaLIih1sZWZ4fsgz3ZDO/view?usp=sharing>

Отдельные ЛР: <https://drive.google.com/drive/folders/1Hc2t498JqC1lxjqaNniTcx66yq36qcqG?usp=sharing>

Пример задания на лабораторную работу:

### Задание на лабораторную работу

1. Используя *Transient* анализ получить вольтамперную характеристику диода (зависимость тока через диод от напряжения на нем). Для получения характеристик использовать две схемы (собираются в отдельных схемных файлах): сначала с источником напряжения *Voltage Source*, затем с источником тока *Current Source* (рис. 1). Сравнить полученные результаты. Ток диода на графиках не должен превышать 5 А.

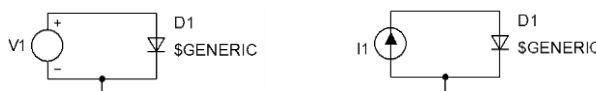


Рисунок 1 – Модельные схемы для снятия вольтамперной характеристики диода

2. Используя *DC* анализ получить совмещенные вольтамперные характеристики диодов и стабилитронов (все характеристики должны размещаться на одном графике). Чтобы различать графики, следует задать им разные цвета, а также подписать их, используя средства *Micro-Cap*. Диапазон токов от -250 мА до +250 мА, диапазон напряжений от -5 В до 1 В. Измерения провести используя источник напряжения *Battery* и источник тока *ISource*. Сравнить результаты.

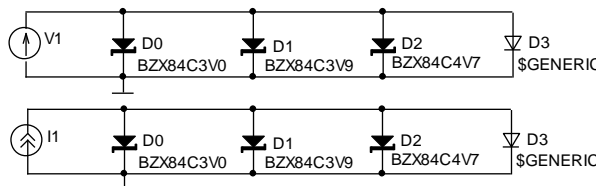


Рисунок 2 – Модельные схемы для снятия совмещённых ВАХ диодов и стабилитронов

Объяснить причины того, что характеристики получились разными. И далее по рабочему заданию ...

## 3. Методическое обеспечение контрольных работ

Цель контрольной работы – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для самостоятельного решения инженерных задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Перечни вопросов к контрольным работам расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/folders/1KJ2AB1j4-oM56iVhK5VAUaOngJ0F-77B?usp=sharing>

## 4. Методическое обеспечение проведения экзамена

Экзамен является заключительным этапом изучения дисциплины и имеет цель оценить уровень теоретических знаний обучаемых, их навыки и умения применять полученные знания при решении практических задач, а также оценить уровень освоения компетенций, закрепленных за дисциплиной.

Вопросы и другие материалы для подготовки к экзамену расположены по ссылке:

[https://drive.google.com/drive/folders/1V1\\_k8weKD4\\_x\\_rCFAtYY74vkOeRgIr4L?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1V1_k8weKD4_x_rCFAtYY74vkOeRgIr4L?usp=sharing)

Все методические материалы по предмету ММЭЦ размещены в папке облачного хранилища по открытой ссылке:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ge8laBZxOK6n7Ed6ihlXIGOAbBMrirut?usp=sharing>