

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ «ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ» КУРСА «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

Д. В. Комнатный

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», кафедра «Физика и электротехника»

Создание кафедры «Физика и электротехника» требует изменения традиционного подхода к преподаванию курса «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) и, в частности, к разработке учебных пособий на бумажных и электронных носителях. Так как на кафедре осуществляется обучение и базовым физическим и базовым техническим дисциплинам, то в курсе ТОЭ необходимо обеспечивать и высокий уровень физического содержания и необходимый в настоящее время уровень технической подготовки. Требование высокого уровня подготовки усилилось в современных условиях обучения по принципу 4+1, бакалавриат и магистратура. Интеграционные процессы, обучение иностранных студентов требуют также согласования курсов с программами Российской Федерации. Темой доклада является обсуждение путей реализации этих требований в модуле «Цепи с распределенными параметрами». Модуль выбран по причине существенной неполноты в его содержании [1].

Для построения модуля равное значение имеют как отбор материала, так и методика его изложения и преподавания. Поэтому в докладе эти задачи решаются совместно. Наивысшим уровнем методологии является диалектика. В связи с чем, в докладе предпринята попытка расположить материал модуля, базируясь на законе отрицания отрицания.

Модуль начинается с вывода «уравнения телеграфистов» на базе схемы замещения бесконечно малого участка цепи по законам Кирхгофа, которые применялись ранее для квазистационарных токов. Затем для анализа установившихся процессов в цепи используется символический метод. Для анализа переходных процессов – классический и операторный методы. Таким образом, в этой части модуля сохраняются те же методы расчета, что и для цепей с сосредоточенными параметрами, но применяются для уравнений с частными производными, каковыми являются «уравнения телеграфистов». В этом проявляется действие закона отрицания отрицания.

Рассмотрение процессов в цепях с распределенными параметрами перечисленными методами сталкивается, во-первых, с математическими трудностями, особенно при анализе переходных процессов. Поэтому для расчета переходных процессов в идеальных линиях используют метод падающих и отраженных волн и метод характеристик. В теоретической электротехнике указанные методы имеют специальную форму. В ней расчеты процессов в цепях с распределенными параметрами ведутся с помощью специально разработанных схем замещения. Метод падающих и отраженных волн в этой формулировке носит название метод Петерсона-Пфифистера. А метод характеристик назван метод Бержерона. Расчет схем замещения выполняется классическим или операторным методами расчета переходных процессов. Таким образом, в этой части модуля сохраняется расчет переходных процессов в цепях с сосредоточенными параметрами, но сами цепи описывают процессы в более сложных электротехнических объектах на новом уровне. В этом и заключается проявление закона отрицания отрицания.

Во-вторых, использование для быстропеременных токов в цепях с распределенными параметрами теории квазистационарных токов имеет значительные физические трудности. В частности, нельзя, строго говоря, полагать, что электромагнитное поле

участка цепи не зависит от поля всех ее участков. Избежать этой трудности позволяет анализ электромагнитных процессов в цепи путем решения уравнений Максвелла. Для учебных целей наиболее подходит метод последовательных приближений решения уравнений Максвелла, предложенный в [2]. Этот метод математически доступен. С его помощью можно продемонстрировать применение уравнений Максвелла для анализа технических объектов. Чтобы получить решение этим методом необходимо предварительно объяснить основы теории скин-эффекта. Это позволит обогатить учебный курс с физической точки зрения. Результат анализа электромагнитных процессов в цепи показывает, что приближенные «уравнения телеграфистов» позволяют получить решение, не уступающее точному. В этом проявляется принцип дополнительности: теория высшего уровня указывает пределы применимости теории низшего уровня. Этот принцип по своей сути является частным проявлением закона отрицания отрицания.

Тем не менее, модель цепи с распределенными параметрами оказывается неприменимой для сверхширокополосных процессов с частотами до десятков гигагерц. В этом случае требуется переход к моделям на основе уравнений Максвелла. Но в этом случае плодотворно использование «тонкопроволочного формализма», в котором электродинамическая модель составляется из участков проводников тонкого сечения. В этих моделях сохраняется «в снятом виде» моделирование объектов протяженными тонкими проводниками с током, как в цепях с распределенными параметрами. В курсе ТОЭ о «тонкопроволочном формализме» следует только упомянуть, отнеся подробное изложение в курс технической электродинамики.

Таким образом, в модуль «Цепи с распределенными параметрами» включаются все имеющиеся в настоящее время теоретические наработки по расчету цепей с распределенными параметрами. Содержание модуля тесно связано с материалом предшествующих модулей, содержание этих модулей должно быть хорошо усвоено для изучения цепей с распределенными параметрами. Излагаемые методы расчета тесно связаны с техническими вопросами: анализом линий электропередач, линий связи, решением задач электромагнитной совместимости, в которых они широко применяются. Вместе с тем, в модуле обеспечивается оптимальная для технических специальностей физическая строгость изложения. Материал модуля включен в учебные программы Российской Федерации [1].

Следует указать, что в полном объеме такое построение модуля может быть реализовано только в учебниках. В них требуется наибольший охват и систематизация теоретического материала, с тем, чтобы обеспечить его сохранение, и применение на практике.

Поэтому в завершение доклада допустим вывод, что предлагаемое наполнение модуля «цепи с распределенными параметрами» может быть полезно при создании актуальных учебных курсов, осуществляющих современные подходы и требования к организации обучения в технических университетах.

Список литературы

1. Аполлонский, С. М. Дифференциальные уравнения математической физики в электротехнике / С. М. Аполлонский. – СПб. : Питер, 2012. – 352 с.
2. Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – М.: Наука, 1976. – 616 с.