

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСЧЕТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Рассмотрение вопросов расчета переходных процессов в цепях с различными источниками питания в курсе теоретических основ электротехники (ТОЭ) основано на применении традиционных для теории цепей методов [2]. Во многих же курсах специальных дисциплин электротехнического профиля (например, специальности 140604 Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов) при анализе динамических процессов в сложных электромеханических системах широко используется аппарат структурных схем. В связи с этим вопросы обеспечения эффективных межпредметных связей курса ТОЭ с прикладными дисциплинами специальности 140604 являются весьма актуальными.

Достижение этого возможно лишь посредством применения новых форм обучения и методов изучения теории цепей курса ТОЭ. Отметим, что современные компьютерные технологии, в основе которых лежат прикладные пакеты, предоставляют в настоящее время реальную возможность качественного изменения и существенного улучшения технологии обучения.

Проблемы, которые возникают при решении этой важной для учебного процесса задачи, могут быть преодолены, по нашему мнению, путем изучения в рамках теории цепей курса ТОЭ различных способов синтеза развернутых динамических моделей элементов сложных систем на примере электрических цепей. К основным из них, как известно, относят:

1. Построение модели по передаточным функциям, которые обычно используются в курсе теории автоматического управления. Решение задачи заключается в преобразовании типовых передаточных функций элементов общей структурной схемы модели в эквивалентные детализированные (развернутые) структуры. В общем случае синтез моделей по данному способу предусматривает выполнение следующей последовательности операций:

1) составление системы интегро-дифференциальных уравнений рассматриваемой цепи;

2) запись исходной системы уравнений в операторной форме и ее аналитическое преобразование;

3) представление модели цепи в виде структурной схемы и ее структурное преобразование.

При выполнении последнего этапа по этому способу часто используют детализированные структуры обобщенных передаточных функций типовых элементарных звеньев первого и второго порядка, известные из курса теории автоматического управления [1].

2. Синтез модели по уравнениям соединений и уравнениям элементов цепи, которые определяются топологией цепи и устанавливают связи между токами и напряжениями ее отдельных элементов, и уравнений элементов, связывающих ток и напряжение каждого отдельного элемента. Этот способ предусматривает следующие этапы синтеза:

1) составление двух систем уравнений цепи;

2) запись исходных систем уравнений в изображениях по Лапласу при нулевых начальных условиях и их преобразование;

3) составление модели в переменных состояния, которая путем структурных преобразований может быть при необходимости приведена к модели в переменных «вход-выход» (к структурной схеме, связь с дисциплиной «Теория электропривода»).

3. Составление динамической модели по дифференциальным уравнениям. Решение задачи в этом случае осуществляется методом понижения порядка производной. Для этой цели исходные уравнения сначала решаются относительно старшей производной выходной переменной, а затем по полученному выражению формируется искомая модель цепи (связь с дисциплиной «Моделирование систем»).

4. Построение моделей по системе дифференциальных уравнений. При формировании структуры модели в данном случае составляются отдельные модели каждого уравнения, а затем выполняется соответствующее соединение полученных моделей между собой.

Известно также, что аппарат развернутых структурных схем является удобным инструментом анализа динамических режимов работы электрических цепей. Данный подход эффективно использует достоинства метода визуального моделирования и компьютерных пакетов типа *SIMULINK* (приложение к *Matlab*). Напомним, что в компьютерной модели каждое звено структурной схемы выполняет математические операции (вычисли-

тельные процедуры) над переменными во временной области, хотя передаточные функции звеньев записываются в операторной форме. При этом легко формируются каналы измерения мгновенных значений токов и напряжений с использованием уравнений соединений и уравнений элементов цепи, каналы вычисления мощностей как произведения соответствующих переменных, а также каналы вычисления энергетических переменных.

При исследовании динамических процессов в электрической цепи численным методом ее детализированная структурная схема обычно приводится к виду, соответствующему модели в переменных состояния. Такая модель может быть объектом исследования в программе *SIMULINK* (визуальное моделирование). Кроме того, модель дает возможность записать уравнения состояния цепи в форме Коши, позволяющие исследовать переходные процессы в программе *Mathcad*, а также в пакете *Matlab* с использованием *M*-файлов.

Для более глубокого понимания студентами сущности численного решения системы дифференциальных уравнений на основе модели в переменных состояния формируется вычислительный алгоритм по одному из известных методов численного интегрирования (например, по методу Эйлера). Вычислительный алгоритм требует от студентов разработки дополнительной программы расчета переходных процессов в цепи с учетом возможностей используемого пакета (например, *EXCEL*). Последнее обстоятельство косвенно способствует укреплению связи курса ТОЭ с курсом информатики, изучаемым студентами специальности 140604.

Как показала педагогическая практика, использование аппарата структурных схем в рамках теории цепей курса ТОЭ способствует более раннему формированию у студентов навыков построения динамических моделей элементов электротехнических систем, а также успешному решению практических задач при выполнении ими курсовых и дипломных проектов по специальности 140604.

### Библиографический список

1. Лукас В. А. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1990.
2. Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи: Учеб. для электро- и радиотехн. спец. вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М., 1990.