

Предисловие

Книга предназначена для тех, кто прослушал курс «Теория электрических цепей» по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», изучил или осваивает дисциплину «Моделирование систем», а также имеет представление о том, как пользоваться системой для инженерных расчетов MatLab.

Знания и навыки, которые получают студенты, изучив дисциплину «Моделирование систем», позволяют им строить и исследовать математические модели сигналов, каналов связи, элементов приемных и передающих устройств и в целом телекоммуникационных систем, рассматриваемых в дисциплине «Теория электрической связи» — одной из ключевых дисциплин стандарта высшего профессионального образования по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

При написании учебного пособия не ставилась задача охватить полностью материалы дисциплины «Моделирование систем». С этой точки зрения пособие можно рассматривать как иллюстрацию отдельных вопросов и разделов курса. Все темы, которым посвящены отдельные разделы, базируются на использовании функциональных цифровых моделей, при этом задача охватить возможно большее их количество не ставилась. Полагая, что цифровые модели систематически рассмотрены в теоретическом курсе, здесь они приводятся в кратком изложении, однако достаточном для составления программ для ЭВМ.

Опыт преподавания показывает, что наблюдается разрыв между знанием теоретического материала и алгоритмов цифрового моделирования, с одной стороны, и умением самостоятельно получить результат анализа — с другой. Иными словами, несмотря на «всеобщую компьютеризацию» и мастерское пользование чужим программным продуктом, умение писать собственные программы остается уделом немногих — при том, что функциональное моделирование как раз требует умения составлять программы по счастью не слишком сложные за счет средств поддержки системы MatLab.

В связи со сказанным особое внимание при работе над данной книгой уделялось тому, чтобы помочь читателю сделать шаг к написанию своей собственной программы на языке, используемом в пакете

MatLab. С этой целью при передаче опыта составления программ автор старался использовать принцип «от простого к сложному», при написании новых программ по возможности использовать наработанные ранее. В некоторых простых, но показательных с методической точки зрения случаях предпочтение отдавалось не использованию функций из богатого арсенала системы Matlab, а демонстрации составления самой программы. Чтобы не загромождать программы, диагностики ошибок, в дополнение к заложенной в системе Matlab, не предусматривалось. Следует также иметь в виду, что для составления текстов программ не привлекались профессиональные программисты, и поэтому они не претендуют на идеальность построения и универсальность использования.

Овладение приемами программирования на языке системы Matlab, конечно, не является самоцелью. Переложив на компьютер сложности вычислительного плана, мы раздвигаем горизонты исследования поведения математической модели при различных начальных условиях, при изменении параметров и самой структурной схемы модели. Это можно почувствовать и при работе с программами, предложенными в данной книге. Получение новых, не известных читателю ранее результатов работы с цифровыми моделями, побуждает абстрактное мышление к их осмыслению, проведению новых машинных экспериментов, другими словами, ведет к приобретению навыков научного исследования.

Можно надеяться, что книга поможет студентам при работе над курсовыми и дипломными проектами, окажется полезной инженерам и научно-техническим работникам, самостоятельно осваивающим пакет Matlab.

Структура отдельных параграфов примерно одинакова. Вначале приводятся краткие теоретические сведения по рассматриваемому вопросу. Затем демонстрируется переход от аналоговой модели к цифровой. Алгоритмы с помощью ЭВМ-программ реализуются в виде отдельных заданий и иллюстрации их решений. При необходимости даются пояснения к текстам программ. Даются также рекомендации по дополнительному самостоятельному исследованию моделей.

Введение

Со времени изобретения радио при разработке изделий радиотехники требуется создать макет (физическую модель) проектируемого изделия или отдельных его частей. Развитие теоретической радиотехники, создание математических моделей сигналов и элементов привели к тому, что макетированию стал предшествовать расчетно-теоретический этап, позволивший сократить сроки и затраты на разработку и отладку физических моделей.

По мере усложнения радиоаппаратуры повышалась значимость теоретического этапа. Он становился всё сложнее, увеличивалась его продолжительность и трудоемкость. Революция в вычислительной технике позволила существенно уменьшить вычислительные трудозатраты и тем самым повысить технико-экономические показатели разработки. Появилась возможность, используя достаточно сложные математические модели, путем машинного эксперимента решать вопросы, на которые ранее можно было ответить только посредством физического эксперимента на макете.

Широкие перспективы, открывшиеся с использованием ЭВМ в радиотехнике, привели к созданию значительного числа пакетов программ по цифровому моделированию. В инженерной практике наибольшее распространение получили два типа пакетов программ: для схемотехнического моделирования и для функционального моделирования, базирующиеся на разных математических моделях. Разными являются и этапы проектирования, для которых эти пакеты предназначены.

Исходным документом на проектирование радиосистемы является техническое задание, в котором сформулированы тактико-технические требования на систему. Реализация этих требований сразу на уровне принципиальных схем невозможна из-за объемности математической модели и возникающих в связи с этим непреодолимых трудностей с ее анализом, а также неприемлемо больших требований к машинным ресурсам. Логика проектирования подсказывает, что на системном этапе модель должна строиться в виде совокупности идеализированных функциональных элементов требуемой степени сложности. Модельное представление функциональных блоков здесь дается через их обобщенные характеристики, например передаточные

функции. Чтобы на функциональном уровне проверить возможность реализации технических требований, скорее всего, понадобится не один раз повторить процесс цифрового моделирования, совершенствуя функциональную схему.

При положительном результате функционального моделирования появляется возможность сформулировать технические требования к отдельным узлам и элементам системы и на этом этапе перейти к схмотехническому моделированию. В отличие от функционального схмотехническое моделирование подходит к вопросу о модели функционального звена с другой стороны: оно позволяет реализовать с необходимой точностью заданные при функциональном моделировании параметры и характеристики функционального звена с помощью математических моделей реальных компонентов электрической цепи.

В обоих вариантах моделирования переход от технических требований к принципиальной либо функциональной схеме является неформальным. Он должен опираться на возможности, реализованные в прототипе, учитывать прогрессивные технические решения, почерпнутые из литературных и патентных источников. Другими словами, здесь на передний план выходят квалификация, техническая интуиция и производственный опыт разработчика.

Чтобы получить продукт цифрового моделирования, вслед за составленной функциональной либо принципиальной схемой необходимо пройти ещё ряд этапов. В системах схмотехнического проектирования прохождение этих этапов автоматизировано. Для этого требуется ввести принципиальную схему, составленную на базе имеющихся в системе моделей её элементов, указать их параметры, тип анализа, пределы изменения переменных, форму представления выходных данных и т. п.

При функциональном моделировании также предпринимались попытки автоматизировать часть этапов моделирования, однако, в целом эта задача пока не решена. Учитывая, что настоящее пособие ориентировано на функциональное моделирование, поясним, какие этапы в данном случае требуется преодолеть.

После составления функциональной схемы требуется получить соответствующую ей математическую модель. Следующий этап представляет собой цифровое моделирование. Цифровые ЭВМ оперируют с дискретными величинами, поэтому необходимо перейти от аналоговой математической модели к цифровой. В идеале использование той и другой модели должно давать одинаковые результаты. Однако переход к цифровой модели неизбежно приводит к появлению погрешностей. Поскольку такой переход возможен разными методами,

следует выбрать тот из них, который позволит получить требуемую точность моделирования.

Цифровая модель дает алгоритм решения задачи моделирования, зная который, можно перейти к составлению программы машинного эксперимента. После отладки программы на ЭВМ проводится собственно машинный эксперимент.

Не следует забывать, что к первым результатам моделирования следует относиться критически, поскольку на всех этапах — от функциональной модели до написания программы — возможны как методические и вычислительные ошибки, так и разного рода промахи. Желательно на каждом этапе контролировать его результаты и отслеживать возможные просчеты. Здесь нет готовых рецептов. Можно, например, сравнивать работу используемой модели с упрощенной, хотя и менее точной, но более надежной. Если есть возможность, полезно сравнить предварительные просчеты на аналоговой модели с результатами, полученными на цифровой. В некоторых случаях предоставляется возможность сравнения результатов, полученных с использованием разных методов решения одной и той же задачи, например временных и частотных методов и т. п.

Если появится уверенность в том, что цифровая модель работает правильно, можно использовать результаты моделирования, например, для доработки функциональной схемы или для формулирования требований на разработку отдельных узлов и блоков.

Следует отметить, что моделировать можно не всю функциональную схему, а только один функциональный элемент. Однако такая необходимость обычно возникает при отработке моделей отдельных элементов более сложной функциональной схемы. Отдельные элементы обычно моделируются на базе их временных и частотных характеристик: импульсной характеристики, передаточной функции, корреляционной функции, спектральной плотности мощности и т. п.

Книга в целом является иллюстрацией приемов построения цифровых моделей сигналов, устройств и систем с упором на реализацию функционирования моделей путем составления программ на ЭВМ. Изучение методов моделирования в отрыве от их реализации в виде программы не продуктивно. Расхожее мнение о том, что написание программы — «дело техники», опровергается практикой программирования, когда неопытному программисту то и дело приходится наткнуться на «подводные камни», которые по разным причинам не проявляются при решении задач, например, аналитическими методами. Автор книги стремился помочь читателю преодолеть такие трудности.

Вместе с тем материал книги рассчитан на достаточно подготовленного читателя, поскольку разные аспекты цифрового моделирования и связанный с ним материал курса радиотехники не сконцентрированы в отдельных местах, а распределены по разным разделам. В частности, цифровые модели аналоговых детерминированных радиосигналов можно найти в разд. 2 и 6, цифровых радиосигналов — в разд. 7, 8 и 1, цифровые модели устройств — в разд. 5, 7, 10, 14, радиосистем — в разд. 14, 15, 16. Временные методы анализа представлены в разд. 7, 8, 10, 12, спектральные — в разд. 3, 5, 8. Случайные процессы в том или ином виде рассмотрены в разд. 7–9, 11–13. Задача синтеза в системе тактовой синхронизации рассмотрена в разд. 15, вопросы помехоустойчивости систем радиосвязи с фазовой манипуляцией — в разд. 16.

Значительная часть материала книги иллюстрирует возможности моделирования сигналов и систем цифровой радиосвязи.