

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В РЭС

Методические материалы для изучения дисциплины «Моделирование
тепловых процессов в РЭС»

САМАРА 2007

Составитель: Зеленский В.А.

УКД

Моделирование процессов в РЭС: Методические указания / Самарский
государственный аэрокосмический университет; Сост. В.А. Зеленский
Самара , 2006

В методических указаниях приведены сведения из теории построения
моделей, методы математического моделирования сложных систем и способы
управления моделями. Рассмотрены вопросы моделирования
самоуправляемых систем. Приведен список рекомендуемой литературы.

Методические указания рекомендуются для студентов, обучающихся по
специальности _____ по курсу «Моделирование тепловых процессов
в РЭС»

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского
государственного аэрокосмического университета имени академика С.П.
Королева

Рецензент: _____

1. Моделирование процессов и систем

1.1. Понятие моделирования и типы моделей

Под моделью мы будем понимать некую абстрактную систему, имитирующую реальный объект и позволяющую с определенной точностью и вероятностью предсказать поведение этого объекта. Модель обладает набором определенных свойств (параметров) и взаимодействует с внешней средой. Непосредственное изучение многих предметов, явлений или процессов в реальном режиме времени затруднено, а некоторых - просто невозможно. Основная задача создания модели – прогнозирование поведения моделируемого объекта под влиянием внутренних и внешних воздействий.

Рассмотрим некоторые виды моделей /1/.

Физическая модель. Физическая модель представляет то, что исследуется, с помощью увеличенного или уменьшенного описания объекта или системы. Как указывает Шеннон: «Отличительная характеристика физической (называемой иногда портретной») модели состоит в том, что в некотором смысле она выгладит как моделируемая целостность».

Примеры физической модели - копия чертежа авиационного двигателя, его уменьшенная фактическая модель, уменьшенный в определенном масштабе чертеж проектировщика. Такая физическая модель упрощает визуальное восприятие и помогает установить, сможет ли конкретное оборудование физически разместиться в пределах отведенного для него места, а также разрешить сопряженные проблемы, например, размещение дверей, ускоряющее движение людей и материалов. Автомобильные и авиационные предприятия всегда изготавливают физические уменьшенные копии новых средств передвижения, чтобы проверить определенные характеристики, например аэродинамическое сопротивление. Будучи точной копией, модель должна вести себя аналогично разрабатываемому новому автомобилю или самолету. Но при этом стоит она много меньше настоящего. Подобным образом строительная компания всегда строит миниатюрную модель, прежде чем начать строительство производственного или административного корпуса или склада.

Аналоговая модель. Аналоговая модель представляет исследуемый объект аналогом, который ведет себя как реальный объект, но не выгладит как таковой. Пример аналоговой модели — организационная схема. Выстраивая ее, руководство в состоянии легко представить себе цепи прохождения команд и формальную зависимость между индивидами и деятельностью. Такая аналоговая модель явно более простой и эффективный способ восприятия и проявления сложных взаимосвязей структуры крупной организации, чем скажем составления перечня взаимосвязей всех работников.

Математическая модель. В математической модели, называемой также символической, используются символы для описания свойств или характеристик объекта или события. Пример математической модели и

аналитической ее силы как средства, помогающего нам понимать исключительно сложные проблемы, — известная формула Эйнштейна $E = mc^2$. Если бы Эйнштейн не смог построить эту математическую модель, в которой символы заменяют реальность, маловероятно, чтобы у физиков появилась даже отдаленная идея о взаимосвязи материи и энергии. Вероятно, математические модели относятся к типу моделей, чаще всего используемых при моделировании экономических систем. Мы будем рассматривать именно математические модели.

1.2. Моделирование самоуправляемых систем

Классификацию самоуправляемых систем мы проведем по двум критериям: степень сложности системы и ее детерминированность.

По степени сложности системы бывают:

1. Простые.
2. Сложные.
3. Сверхсложные.

К простым относятся системы, имеющие простую структуру и легко поддающиеся математическому описанию, они могут быть реализованы без использования ЭВМ.

Сложными являются системы, имеющие много внутренних связей и сложное математическое описание, реализуемое на ЭВМ.

Сверхсложные системы не поддаются математическому описанию.

Границы между указанными классами размыты и могут со временем смещаться, например, совершенствование математического аппарата и вычислительной техники позволяет дать описание систем, для которых это раньше было невозможно, или сложное описание сделать простым.

По второму критерию системы делятся на детерминированные и вероятностные.

Все возможные случаи получаются комбинированием указанных классов:

1. Простые детерминированные системы:
 - электрический чайник с автоматическим отключением;
 - кондиционер;
 - расписание занятий факультета;
2. Сложные детерминированные системы:
 - микропроцессор;
 - видеоманитофон;
 - сборочный конвейер;
3. Сверхсложные детерминированные системы:

- шахматы.

4. Простые вероятностные системы:

- лотерея;

5. Сложные вероятностные системы:

- система материально-технического снабжения на предприятии;

- система диспетчирования движения самолетов вблизи крупного аэропорта;

- система диспетчирования энергетической системы России;

6. Сверхсложные вероятностные системы:

- предприятие в целом, включая все его технические, экономические, административные, социальные характеристики;

- общество;

- человеческий мозг.

В нашем курсе мы будем интересоваться, главным образом, простыми и сложными системами, вероятностными и детерминированными.

1.3. Динамические характеристики систем

Состояние системы - это совокупность значений ее показателей /2/.

Все возможные состояния системы образуют ее множество состояний.

Если в этом множестве определено понятие близости элементов, то оно называется пространством состояний.

Движение (поведение) системы - это процесс перехода системы из одного состояния в другое, из него в третье и т.д.

Если переход системы из одного состояния в другое происходит без прохождения каких-либо промежуточных состояний, то система называется дискретной.

Если при переходе между любыми двумя состояниями система обязательно проходит через промежуточное состояние, то она называется динамической (непрерывной).

Возможны следующие режимы движения системы:

1) равновесный, когда система находится все время в одном и том же состоянии;

2) периодический, когда система через равные промежутки времени проходит одни и те же состояния;

Если система находится в равновесном или периодическом режиме, то говорят, что она находится в установившемся или стационарном режиме.

3) переходный режим - движение системы между двумя периодами времени, в каждом из которых система находилась в стационарном режиме;

4) апериодический режим - система проходит некоторое множество состояний, однако закономерность прохождения этих состояний является более сложной, чем периодические, например, переменный период;

5) эргодический режим - система проходит все пространство состояний таким образом, что с течением времени проходит сколько угодно близко к любому заданному состоянию.

Свойства объекта и его поведение зависят от того, каким образом мы его представляем в виде системы. Например, если воздух, находящийся в этой комнате, представить в виде системы молекул, каждая из которых характеризуется своими координатами и скоростью, то поведение такой системы будет эргодично, если же определить его как систему, состоящую из одного элемента, показателями которого являются давление и температура, то такая система находится в равновесном режиме.⁵

Для всех практических задач второй способ определения системы предпочтительнее. Мы получаем простую детерминированную систему, а в первом случае - сверхсложную вероятностную, которую мы не сможем исследовать, а если бы даже смогли, то нигде бы не использовали полученные результаты. Необходимо правильное определение системы и при исследовании экономических объектов, которыми мы желаем управлять. Инструментом исследования объектов для целей выбора оптимальных способов управления является кибернетическое моделирование.

1.4. Кибернетическое моделирование

В процессе исследования объекта часто бывает нецелесообразно или даже невозможно иметь дело непосредственно с этим объектом. Удобнее бывает заменить его другим объектом, подобным данному в тех аспектах, которые важны в данном исследовании. Например, модель самолета продувают в аэродинамической трубе, вместо того, чтобы испытывать настоящий самолет - это дешевле и безопаснее. При теоретическом исследовании атомного ядра физики представляют его в виде капли жидкости, имеющей поверхностное натяжение, вязкость и т.п. Управляемые объекты являются, как правило, очень сложными, поэтому процесс управления неотделим от процесса изучения этих объектов. При таком подходе целесообразно дать новое, уточненное понятие модели.

Модель - это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте.

При моделировании используется аналогия между объектом - оригиналом и его моделью. Аналогии бывают следующими:

- 1) внешняя аналогия (модель самолета, корабля, микрорайона);
- 2) структурная аналогия (водопроводная сеть и электросеть моделируются с помощью графов, отражающих все связи и пересечения, но не длины отдельных трубопроводов);
- 3) динамическая аналогия (по поведению системы) - маятник моделирует электрический колебательный контур;
- 4) кибернетические модели относятся ко второму и третьему типу. Для них свойственно то, что они реализуются с помощью ЭВМ. Смысл кибернетического моделирования заключается в том, что эксперименты проводятся не с реальной физической моделью объекта, а с его описанием, которое помещается в память ЭВМ вместе с программами, реализующими изменения показателей объекта, предусмотренные этим описанием.

С описанием производят машинные эксперименты: меняют те или иные показатели, т.е. изменяют состояние объекта и регистрируют его поведение в этих условиях. Часто поведение объекта имитируется во много раз быстрее, чем на самом деле, благодаря быстрдействию ЭВМ. Кибернетическую модель часто называют имитационной моделью.

Формирование описания объекта (его системный анализ) является важнейшим звеном кибернетического моделирования. Вначале исследуемый объект разбивается на отдельные части и элементы, определяются их показатели, связи между ними и взаимодействия (энергетические и информационные). В результате объект оказывается представленным в виде системы. При этом очень важно учесть все, что имеет значение для той практической задачи, в которой возникла потребность в кибернетическом моделировании, и вместе с тем не переусложнить систему.

Следующим этапом является составление математических моделей функционирования объекта и его системной модели. Затем производится программирование описания объекта и модели его функционирования.

1.5. Управление моделями сложных систем

Управление - это такое входное воздействие или сигнал, в результате которого система ведет себя заданным образом /3,4/. Обычно управление направлено на то, чтобы система находилась в стационарном режиме (равновесном или периодическом).

Управление развитием системы - это воздействия или сигналы, направленные на изменение структуры или множества состояний системы. Например, план реконструкции предприятия. В этом случае осуществляется управление поведением системы, которая реализует развитие данной системы.

Таким образом, управление всегда имеет определенную цель. Обычно она формулируется как ограничение на множество возможных состояний системы, или какой-либо показатель системы, который нужно поддерживать в

заданных пределах, либо максимизировать. Если известна зависимость указанного показателя от входных воздействий на систему, или ее состояния, то он называется целевой функцией.

Часто цель не может быть достигнута сразу, а необходимо пройти несколько этапов, на каждом из которых имеется локальная цель, не совпадающая с главной целью. Эти локальные цели называются задачами управления. Пример: автобус идет по маршруту. Цель - конечный пункт. Задача - проехать по данной улице. Может оказаться, что направление движения по улице сильно отличается от направления на конечный пункт.

Для осуществления процесса управления нужно наличие трех элементов:

- управляемый объект;
- орган управления;
- исполнительный орган.

Орган управления - это система, на вход которой поступают сигналы о состоянии управляемого объекта и среды, а на выходе - сигнал о необходимом в данной ситуации управлении.

Исполнительный орган - это система, на вход которой поступает сигнал о необходимом управлении, а на выходе вырабатывается управляющее воздействие на управляемый объект.

Система управления объединяет орган управления и исполнительный орган.

Системы управления бывают следующими:

- 1) ручные - без использования вычислительной техники;
- 2) автоматизированные - используется вычислительная техника, которая принимает на себя основной поток информации, однако человек остается важнейшим звеном системы управления, функцией которого является принятие решений либо утверждение решений, выработанных ЭВМ;
- 3) автоматические - человек не участвует в процессе управления и не входит в данную систему управления. Обычно он осуществляет контроль за правильностью функционирования объекта управления и вмешивается только при возникновении особых (например, аварийных) ситуаций. В автоматических системах управления человек является звеном другой системы управления, для которой управляемым объектом является данная автоматическая СУ с ее управляемым ею объектом.

2. Моделирование в процессе проектирования РЭС

2.1. Цели и задачи автоматизации проектирования РЭС

Современные достижения науки и техники, возрастающая функциональность современных изделий требуют выполнения проектных работ большого объема. Требования к качеству проектов, срокам их

выполнения оказываются все более жесткими в условиях конкурентной борьбы за потребителя. Удовлетворить эти требования путем количественного увеличения проектировщиков невозможно так как распараллеливание проектных работ не безгранично.

Решение проблемы возможно путем внедрения в практику инженерного проектирования методов и средств автоматизированного проектирования.

Цели автоматизации проектирования — повышение качества, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования и повышение производительности труда проектировщиков.

Под автоматизацией проектирования понимается такой способ проектирования при котором весь цикл проектных работ осуществляется рационально распределенным взаимодействием человека и компьютера.

В первые годы применения компьютеров в процессе проектирования бытовало мнение о снижении требований к квалификации проектировщиков при использовании автоматизированного проектирования, однако эта точка зрения не получила подтверждения практикой, так как инженер-проектировщик помимо владения предметной областью должен знать модели, методы и методики автоматизированного проектирования. А это предъявляет повышенные требования к уровню профессиональной подготовки инженера.

В настоящее время термин «автоматизация проектирования» характеризует целое научно-техническое направление базирующееся на современных достижениях физики, математики, вычислительной техники и теории проектирования.

Предметом автоматизации проектирования являются формализация проектных процедур, структурирование и типизация процессов проектирования, постановки, модели, методы и алгоритмы, информационная поддержка решения проектных задач, а также технические средства и способы их объединения в единую проектирующую систему.

2.2. Электрические модели РЭС

Электрическими называются модели РЭС, отображающие процессы, протекающие в принципиальных схемах аппаратуры с учетом паразитных параметров конструкций. При создании моделей радиоэлементов используются два принципиально различных подхода. Первый подход основан на использовании уравнений, описывающих физические принципы работы радиоэлемента. Такие модели мы будем называть физическими. Второй - не требует изучения физических закономерностей процессов в

радиоэлемента, а целиком основан на исследовании связей между токами и напряжениями на внешних выводах радиоэлемента. Такие модели мы будем называть макромоделями (рис 1.).



Рис. 1 Электрические модели РЭС

Моделирование электрической схемы начинают с построения физической модели протекающих в ней электрических процессов. Для построения физической модели используют хорошо разработанный в теории электрических цепей метод построения эквивалентных схем, содержащих резисторы, конденсаторы, индуктивности, источники тока и напряжения. В соответствии с ним электрические модели РЭС могут быть получены путем замены каждого радиоэлемента принципиальной схемы его моделью (эквивалентной схемой) и добавлением в полученную таким образом модель

РЭС паразитных проводимостей, емкостей, индуктивностей, источников наводимых потенциалов и токов и других параметров, обусловленных конкретным выполнением принципиальной схемы в конструкции РЭС.

Для одного и того же радиоэлемента применяют, как правило, ряд моделей, различающихся степенью учета тех или иных особенностей электрических процессов которые в нем протекают. Это обусловлено противоречивостью требований, предъявляемых к моделям, например, универсальностью с одной стороны и экономичностью с другой.

Универсальность модели определяется ее применимостью к расчету более или менее широкого класса схем, однако попытка учесть в модели все, что известно о моделируемом объекте, как правило, обречена на провал, поскольку приводит к уравнениям сложного вида и большому количеству параметров и переменных.

Экономичность модели характеризует затраты ЭВМ на проведение расчета с использованием данной модели.

2.3. Определение основных параметров РЭС в процессе проектирования

С задачей определения основных параметров системы приходится сталкиваться любому разработчику. Грамотно проведенное моделирование и последующая оптимизация параметров на этапе функционального проектирования позволят сэкономить значительные силы и средства на этапах схемотехнического проектирования и конструирования устройства. В этой главе дается краткий обзор и примеры использования современных программных средств для решения задач системотехнического проектирования и моделирования устройств.

Как известно, под радиоэлектронным средством (РЭС) понимается изделие, в основу функционирования которого положены принципы радиотехники и электроники.

Проведем классификацию РЭС по степени их функциональной сложности:

- радиоэлектронные системы - совокупность функционально взаимодействующих автономных радиоэлектронных комплексов и устройств, образующих целостное единство, и обладающее свойством перестроения структуры;
- комплексы - совокупность функционально связанных радиоэлектронных устройств, обладающая свойством перестроения структуры в целях сохранения работоспособности;
- устройства - функционально законченная сборочная единица, выполненная на несущей конструкции, и реализующая функции передачи, приема, преобразования информации;

- функциональный узел - функционально законченная сборочная единица, выполненная на несущей конструкции, и реализующая функции функцию преобразования сигнала и не имеющая самостоятельного эксплуатационного применения.

Данная классификация позволяет понять, какого уровня средства необходимы для адекватного описания каждого из элементов системы в отдельности и всего комплекса в целом. Известно, что радиоэлектронное средство представляет собой сложный объект, включающий большое число составных частей с многообразными связями между ними. Для правильного понимания принципов функционирования РЭС и его грамотной разработки и эксплуатации описание таких объектов в процессе их создания и использования должно быть согласовано с возможностями их восприятия и использования инженером-разработчиком, конструктором, эксплуатационником. С этой точки зрения можно выделить следующие типы описания РЭС

- функциональные - отображает основные принципы работы и протекающие в РЭС физические и информационные процессы;
- конструкторские - отображает физическую реализацию РЭС, его геометрические формы, расположение в пространстве, используемые материалы и компоненты ;
- технологические - относится к методам и средствам изготовления РЭС.

Для упрощения восприятия описаний, их систематизации они разделяются на иерархические уровни. Каждый уровень описания отличается степенью детализации. На всех уровнях описания следует стремиться представить РЭС в виде совокупности связанных блоков, которые являются замкнутыми составными частями. Каждый блок такого иерархического уровня описания представляет собой описание следующего, более низкого иерархического уровня, который в свою очередь представляется в виде совокупности блоков. По функциональному описанию РЭС уровни включают систему, комплекс, устройство и функциональный узел.

При проектировании широко используются промежуточные описания РЭС и его составных частей. Важнейшее место среди них занимают модели различных классов. Например, представления о свойствах РЭС могут быть получены с помощью натурной модели (макета, стенда и т.д.), представляющие собой некий «образ» РЭС. Свойства РЭС на таких моделях изучаются путем эксперимента. Однако, такой путь исследования не всегда применим ввиду высоких материальных и временных затрат. Поскольку современный процесс проектирования немалозначим без широкого использования ЭВМ и соответствующего программного обеспечения, доминирующую роль среди промежуточных описаний играют математические модели. Дадим ее определение. Математическая модель РЭС — совокупность математических

объектов (чисел, переменных и т.п.), отражающая свойства радиоэлектронного средства и отношения между ними.

Рассмотрим процесс проектирования РЭС с позиций системотехники. Этапы проектирования состоят из отдельных проектных процедур, каждая из которых заканчивается частным проектным решением. Типичными для проектирования РЭС процедурами являются анализ и синтез описаний различных уровней.

При грамотном проектировании процесс начинается с синтеза алгоритма функционирования системы. При синтезе мы имеем несколько совокупностей исходных данных, условий и ограничений. Процедура синтеза заключается в создании проектного решения по заданным требованиям, свойствам и ограничениям - примером может служить синтез электронных схем по заданным характеристикам в частотной или отклику во временной области, синтез оптимальных по какому-либо критерию фильтров (Винера, Калмана), синтез алгоритмов обнаружения и распознавания. В процессе синтеза создается структура схемы. Процедура анализа состоит в определении свойств заданного описания, например расчет частотных или переходных характеристик схем, определение реакции схемы на заданное воздействие и др. Анализ позволяет оценить степень удовлетворения проектного решения заданным требованиям.

Типичной проектной процедурой является оптимизация, которая приводит к оптимальному (по заранее определенному критерию) проектному решению. Например, широко используется оптимизация параметров электронных схем с целью наилучшего приближения частотных характеристик к заданным. Процедура оптимизации состоит в многократном анализе при целевом изменении параметров схемы до удовлетворительного приближения к заданным характеристикам.

В процессе проектирования необходимо не просто создать аппаратуру, которая будет обеспечивать заданное функционирование, но и оптимизировать ее по широкому спектру функциональных, конструкторско-технологических, эксплуатационных и экономических показателей. На отдельных этапах для отдельных частных задач оптимизацию еще можно осуществить на основе разработанных формальных математических методов. Однако применительно к комплексным РЭС задача оптимизации не всегда поддается формализации. В этом случае рассматриваются несколько вариантов решения поставленной задачи, подсказанных, как правило, предшествующим опытом, интуицией, и выбирают лучший из них. Такой подход называется эвристическим многовариантным анализом или дискретным выбором варианта построения системы.

Однако, в связи с все возрастающей сложностью РЭС, с повышением требований к ним необходимые расчеты оказываются все более трудоемкими, а количество вариантов, целесообразных для рассмотрения, катастрофически возрастает, кроме того, эта процедура практически неформализуема.

Часто на этапе проектирования трудно предвидеть некоторые требования, определяемые особенностями эксплуатации изделия. В результате всего этого создание нового РЭС затягивалось на долгие годы. Представляемые к испытаниям опытные образцы часто оказывались не удовлетворяющими заданным требованиям, а доводка аппаратуры происходила в процессе испытаний, что удорожало проектирование во много раз.

Подобное положение не было виной разработчиков. Это результат возникшего принципиального несоответствия традиционного подхода к проектированию и сложности современных радиоэлектронных средств. Указанное противоречие и вызвало интенсивное развитие новой технологии проектирования РЭС, базирующейся на системном подходе и совершенствовании процессов проектирования с применением математических методов и средств вычислительной техники. А замена макетирования и натурального моделирования математическим моделированием, использованием эффективных методов многовариантного проектирования и оптимизации повышало качества управления проектированием. В настоящее время эти тенденции к автоматизации всего процесса проектирования РЭС привели к появлению нескольких систем автоматического проектирования (САПР) решающих задачи функционального моделирования, моделирования работы отдельных схем и т.д. Эти САПР позволяют моделировать работу аппаратуры и обладают средствами анализа процессов, происходящих в модели. К числу таких САПР относятся система SystemView фирмы Elanix, MatLab - Simulink, LabView и другие /5,6,7/.

Трансформация макетирования и натурального моделирования в математическое моделирование, с возможностью представления объекта его экспериментальными характеристиками привело к появлению на рабочих местах проектировщиков специализированных САПР «виртуальных инструментов». Эти САПР обладают средствами для создания виртуальных устройств различного назначения – осциллографов, анализаторов спектра и обработки данных, полученных как в режиме реального времени от физического объекта, так и данных в виде файлов данных. тема LabView является именно таким САПР.

Виртуальный инструмент можно использовать при анализе и верификации модели созданной САПР функционального проектирования. Поэтому комбинирование САПР функционального моделирования и САПР виртуальных инструментов позволяет не только создать модель, но и детально исследовать ее поведение.

2.4. Моделирование проектных задач

Рассмотрим классификацию проектных задач решаемых в процессе проектирования РЭС (рис. 2).

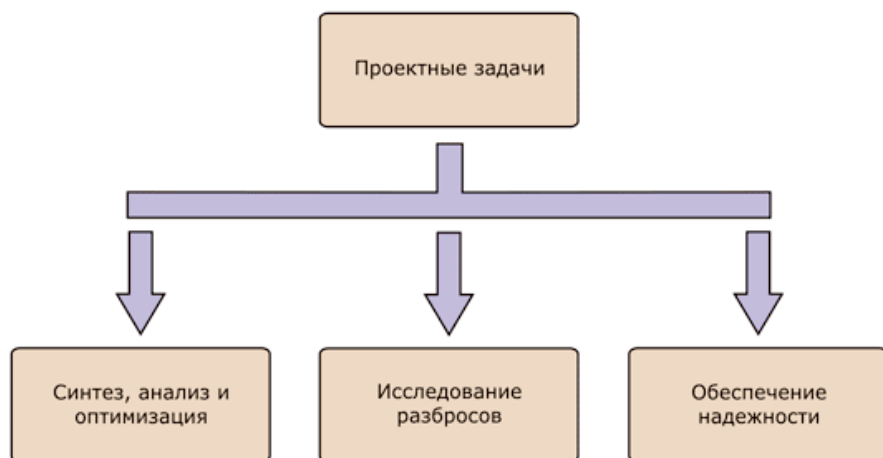


Рис. 2. Классификация проектных задач

Задачи синтеза технических объектов направлены на создание новых вариантов проектных решений. Создаваемые в процессе синтеза проектные решения должны быть оформлены на языке оформления проектной документации, например в виде чертежей, схем и пояснительного текста. В этом языке действуют правила, установленные единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

Различают задачи структурного и параметрического синтеза. В первом случае синтезируется структура проектируемого объекта, а во втором его параметры.

Задачи анализа технических объектов направлены на изучение их свойств. В процессе анализа не создаются новые объекты, а лишь исследуются заданные.

Решение задачи анализа позволяет получить информацию о выходных характеристиках объекта, режимах работы его элементов, тепловых и механических режимах конструкции и т.д.

Необходимо отметить, что часто задачи синтеза решаются путем многократного решения задач анализа.

Решение задачи оптимизации направлены на поиск не любого, а наилучшего, в некотором смысле, проектного решения. Если в процессе оптимизации ищется наилучшая структура, то такую задачу называют структурной оптимизацией, а если при заданной структуре отыскиваются параметры объекта, удовлетворяющие заданному критерию, то такую задачу называют параметрической оптимизацией.

Параметры элементов любого технического объекта не могут иметь точно заданные значения. Это является следствием неизбежных погрешностей

технологического оборудования, влияния внешних факторов, разбросов параметров материалов и т.д. Поэтому параметры элементов являются случайными величинами. А это значит, что при серийном производстве каждый экземпляр проектируемой аппаратуры будет иметь случайные значения выходных характеристик. Другими словами выходные характеристики партии объектов будут лежать в некотором диапазоне. Хорошо если этот диапазон не выходит за рамки регламентируемого в техническом задании. В противном случае, те объекты значения выходных характеристик, выходят за пределы диапазона, регламентируемого техническим заданием, считаются не работоспособными.

Учесть влияние разбросов параметров элементов на выходные характеристики и уменьшить это влияние позволяет решение задачи исследования разбросов.

2.5. Алгоритм автоматизированного проектирования РЭС

Исходным документом для начала проектирования является техническое задание (ТЗ). В нем перечислены все технические требования, предъявляемые к создаваемой аппаратуре [8]. В состав основных требований входят:

- значения выходных характеристик и их допустимые разбросы;
- показатели надежности: вероятность безотказной работы, время эксплуатации, срок службы и др.;
- условия эксплуатации: влажность, давление, температура и др.;
- специальные воздействия: вибрация, удары, акустический шум, радиация и др.;
- условия хранения и транспортировки.

На основе технического задания создается проект (Рис. 3).

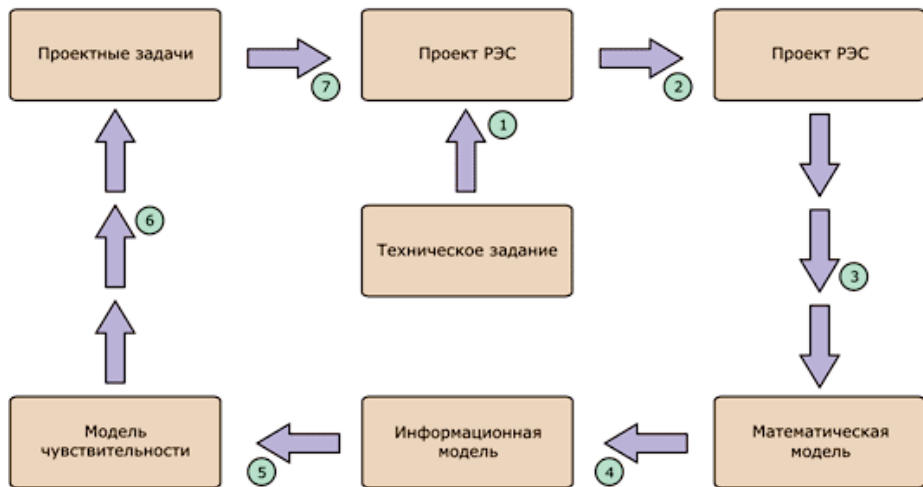


Рис.3. Схема процесса автоматизированного проектирования РЭС

Это эвристический набросок схемы и конструкции. На этом этапе разрабатываются эскизы структурной и функциональной схем устройства, производится предварительная компоновка и размещение.

Далее разработанный проект исследуется и многократно уточняется (Рис. 2, стрелки 2 - 7), при этом происходит постепенный переход от эскизного проекта к техническому.

На основе эскизов схем и конструкций производится формализация проекта, результатом которой являются физические модели схемы и конструкции, составленные в терминах соответствующего научного направления, например, электрические - в терминах электротехники, механические - в терминах механики, тепловые - в терминах теории теплообмена. Формализация проекта производится с позиции системного подхода и заключается в учете тех или иных факторов, влияющих на функционирование аппаратуры при построении физических моделей.

На основе физических моделей получают математические модели, полученные с использованием математических методов и законов соответствующих наук. Они являются основой для расчета выходных характеристик, проектируемой аппаратуры, а также параметров и факторов по которым оценивается фактическое состояние схемы или конструкции.

В результате расчета с использованием математических моделей получается информационная модель устройства, которая включает в себя расчетные значения выходных характеристик, требования технического задания, информацию из технических условий на элементы схемы и конструкции, расчетные значения электрических, тепловых и механических

режимов работы элементов, показатели, определяющие надежность и качество изделия, а также множество внутренних параметров схемы и конструкции, которые могут быть управляемыми. Под множеством управляемых параметров понимается перечень внутренних параметров аппаратуры, которые можно изменять в процессе проектирования, для улучшения выходных характеристик аппаратуры и режимов работы ее элементов.

Путем сопоставления требований ТЗ с расчетными характеристиками, режимов работы элементов с допустимыми режимами, приведенными в технических условиях выявляются те характеристики и режимы работы элементов которые необходимо изменить и на этой основе строится модель чувствительности.

В результате расчета модели чувствительности определяются функции чувствительности, показывающие степень влияния управляемых параметров на выходные характеристики и позволяющие окончательно сформулировать проектные задачи, которые необходимо решить для доработки проекта.

Существует три группы проектных задач:

1. Задачи синтеза, расчета и оптимизации структуры и параметров схемы и конструкции.
2. Задачи исследования разбросов параметров вокруг номинальных значений.
3. Задачи обеспечения показателей надежности и качества.

Решение сформулированных проектных задач позволяет внести соответствующие изменения в схему и конструкцию проектируемой аппаратуры и уточнить проект.

Таким образом, из приведенного описания схемы автоматизированного проектирования следует:

Процесс проектирования носит итерационный характер т.к. решения в этом процессе принимаются в условиях отсутствия полной информации, поэтому возникают ситуации когда были приняты не реализуемые, по тем или иным причинам, решения. Их исправление происходит путем повторного выполнения проектных процедур.

Процесс проектирования реализуется путем моделирования различных физических процессов, протекающих в аппаратуре при ее функционировании.

2.6. Моделирование в процессе автоматизированного проектирования РЭС

Как было показано ранее, процесс проектирования реализуется путем моделирования различных физических процессов, протекающих в аппаратуре при ее функционировании.

Под моделью аппаратуры, понимается представленное в той или иной форме математическое описание, которое адекватно отражает сущность

и характерные свойства рассматриваемого физического процесса, протекающего в схеме и конструкции аппаратуры.

Построение моделей аппаратуры предполагает формализацию схемы и конструкции с точки зрения рассматриваемого процесса а она, в свою очередь, предполагает принятие определенных допущений. Поэтому модели не полно отражают детали рассматриваемого процесса. Степень соответствия модели реальным процессам определяет точность, получаемых при моделировании результатов, и зависит от полноты учета существенных сторон моделируемых процессов.

Практика инженерного проектирования РЭС показывает, что наиболее существенное влияние на выходные характеристики, их разбросы и надежность аппаратуры оказывают взаимосвязанные между собой электрические, тепловые и механические процессы.

Сформулируем принципы исходя из которых строятся модели этих процессов.

Модель электрических процессов:

отражает электрические процессы, протекающие в схеме аппаратуры, что должно обеспечить получение с заданной точностью функциональных и режимных электрических характеристик;

включает в себя эквивалентные схемы радиоэлементов (резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов, микросхем и пр.);

учитывает паразитные проводимости, емкости, индуктивности, взаимные индуктивности и другие параметры, отражающие влияние конструкции на протекающие электрические процессы.

Модель тепловых процессов:

отражает тепловые процессы в конструкции, связанные с теплообменом под влиянием окружающей среды, тепловыделениями в радиоэлементах, действием систем охлаждения и термостатирования, что должно обеспечить получение с заданной точностью тепловых характеристик;

учитывает кондуктивные, конвективные и лучистые составляющие теплообмена в аппаратуре;

учитывает распределенность массы элементов конструкции и анизотропность тепловых свойств электрорадиоэлементов.

Модель механических процессов:

отражает механические процессы в конструкции, связанные с появлением механических деформаций и напряжений при механических воздействиях, что должно обеспечить получение с заданной точностью статических, частотных и временных механических характеристик;

учитывает распределенность массы несущих конструкций и анизотропность механических свойств ЭРЭ;

учитывает эффект внутреннего трения в материалах конструкции при деформациях;

учитывает жесткость крепления ЭРЭ к печатным платам, шасси и другим несущим конструкциям, а также крепления элементов конструкции друг с другом.

Модель надежности и качества:

отражает, с заданной точностью, характеристики надежности и качества аппаратуры, связанные с технологическими факторами, тепловыми и механическими воздействиями, процессами старения;

учитывает электрические, механические и тепловые режимы ЭРЭ;

учитывает электрические, механические и тепловые режимы элементов конструкции;

учитывает разбросы параметров ЭРЭ и элементов конструкции.

С учетом изложенного представим схему взаимодействия моделей в процессе автоматизированного проектирования. Блоками выделим исходную информацию для построения моделей физических процессов в виде электрической схемы, эскиза конструкции и сами модели. Стрелками покажем взаимодействие между моделями. Надписи на стрелках показывают информацию, которая получается в результате расчета по одной модели и требуется для построения другой (рис. 4).

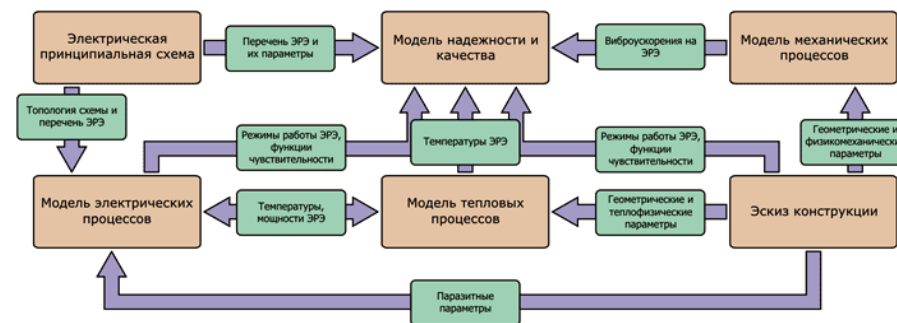


Рис. 4. Схема взаимодействия моделей

Например, модель электрических процессов строится на основе топологии схемы, перечня элементов, паразитных параметров, вносимых конструкцией, температур элементов РЭС. В результате моделирования электрических процессов, помимо функциональных характеристик схемы, получают мощности тепловыделений элементов, необходимые для построения модели тепловых процессов, режимы работы элементов РЭС и функции чувствительности, необходимые для построения модели надежности и качества.

Контрольные вопросы:

1. Что такое модель объекта или процесса?
2. Каковы цели и задачи моделирования?
3. Какие бывают виды моделей?
4. Как классифицируются системы сточки зрения сложности?
5. Чем отличаются вероятностные системы от детерминированных?
6. Какими динамическими характеристиками характеризуются системы?
7. Что такое кибернетическое моделирование?
8. Дайте определение модели с точки зрения теории управления.
9. Какие аналогии используются при построении моделей?
10. Каковы основные принципы управления сложными системами?
11. Каковы цели и задачи автоматизации проектирования технических систем?
12. Как классифицируются РЭС по степени их функциональной сложности?
13. Какие задачи приходится решать в процессе проектирования РЭС?
14. Что такое эвристический многовариантный анализ?
15. Какие существуют виды проектных задач?
16. Назовите основные этапы (алгоритм) проектирования РЭС.
17. Классифицируйте электрические модели РЭС.
18. Что отражает модель электрических процессов в РЭС?
19. Каковы особенности моделирования тепловых процессов в РЭС?
20. Что представляет собой модель механических процессов в РЭС?
21. Нарисуйте схему взаимодействия электрической, тепловой и механической моделей РЭС.

Литература:

1. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: МГУ, 1983 г.
2. Гусаров Ю.В. Управление: динамика неравновесности. 2003 г.
3. Гершун А.А., Горский М.В. Технологии сбалансированного управления. М. 2005 г.
4. Литвак Б.Г. Разработка управленческого решения., 2004 г.
5. Прохоров Г.В., Колбеев В.В, Желнов К.И., Леденев М.А. "Математический пакет Maple V Release 4: Руководство пользователя" - Калуга: Облиздат, 1998 - 200 с.
6. Говорухин В.Н., Цыбулин В.Г. Введение в Maple. Математический пакет для всех. – М.: Мир, 1997. – 208 с.
7. Дьяконов В.П. Справочник MathCAD PLUS 6.0 PRO – М.: “СК Пресс”, 1997. – 336 с.
8. Дембицкий Н.Л., Милькевич Т.Т., Назаров А.В. Учебное пособие "Методы и алгоритмы конструкторского синтеза РЭС на ЭВМ" М.,:МАИ, 1999.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Моделирование процессов и систем
 - 1.1. Понятие моделирования и типы моделей
 - 1.2. Моделирование самоуправляемых систем
 - 1.3. Динамические характеристики систем
 - 1.4. Кибернетическое моделирование
 - 1.5. Управление моделями сложных систем
2. Моделирование в процессе проектирования РЭС
 - 2.1. Цели и задачи автоматизации проектирования РЭС
 - 2.2. Электрические модели РЭС
 - 2.3. Определение основных параметров РЭС в процессе проектирования
 - 2.4. Моделирование проектных задач
 - 2.5. Алгоритм автоматизированного проектирования РЭС
 - 2.6. Моделирование в процессе автоматизированного проектирования РЭС
3. Контрольные вопросы
4. Литература

Учебное издание

Методические указания

МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В РЭС

Составитель: Зеленский Владимир Анатольевич

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королева
443086, Самара, Московское шоссе , 34