



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И
КОМПЛЕКСОВ**

Направление подготовки	<u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u>
Профиль подготовки	<u>Электрооборудование и энергохозяйство горных и промышленных предприятий</u>
Уровень высшего образования	<u>бакалавриат</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>

Автор - разработчик: Цапалин Д. В.

Рассмотрено на заседании кафедры энергетики

Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Контрольная работа является составной частью самостоятельной работы бакалавров. Выполнение контрольных работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях, путем самостоятельной работы.

Методические рекомендации

Под проектированием понимают процесс, при котором исходная информация о проектируемом объекте преобразуется в комплекс конструкторско-технологических документов для его изготовления с помощью соответствующей технологии.

Исходная информация обычно заключена в техническом задании (ТЗ), содержащем помимо выполняемой функции объекта проектирования количественные требования к его функциональным параметрам.

Классификация объектов проектирования

Техническая система (ТС) - это совокупность технических устройств, предназначенных для преобразования энергии и информации, созданная с целью удовлетворения потребностей общества.

ТС можно разделить на подсистемы, предназначенные для выполнения отдельных функций, необходимых для работы системы в целом (выработка, передача, распределение эл. энергии, система автоматического управления и защиты).

ТС, в данном случае объекты проектирования классифицируются по следующим признакам.

а) По физическим принципам работы ТС делятся на механические, гидравлические, электрические, радиоэлектронные и т. д. в большинстве современных сложных ТС используются несколько физических принципов, что отражается и в их названии: электромеханические системы, оптоэлектронные и т. п.

б) По условиям эксплуатации ТС делятся на наземные, морские, космические и т. д.

в) По характеру основных физических процессов (и соответственно их математическому описанию) ТС делятся на непрерывные и дискретные.

Объекты проектирования можно разделить на изделия и процессы, а процессы в свою очередь, на технологические и вычислительные.

Основные принципы проектирования сложных объектов

1. декомпозиция и иерархичность описаний объектов:

2. многоэтапность и итерационность

3. типизация и унификация проектных решений и средств проектирования

Иерархические уровни описаний проектирования объектов

Разделение описаний по степени детализации отображаемых свойств и характеристик объекта лежит в основе блочного-иерархического подхода к проектированию и приводит к появлению иерархических уровней (уровней абстрагирования).

На уровне 1 (верхний уровень) сложный объект S рассматривается как система S состоящая из n взаимосвязанных и взаимодействующих элементов S_j .

Каждый из элементов S_j , в свою очередь так же рассматривается как система из n взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, уровень 2.

Элементами системы S_j являются объекты S_{ji} , $j = 1, 2, \dots, m_i$ (m_i количество элементов в описании системы S_j). Чем сложнее проектируемый объект, тем больше у него иерархических уровней.

Как правило выделение элементов S_{ji} происходит по функциональному признаку. Подобное разделение продолжается вплоть до получения на некотором уровне элементов, описание которых дальнейшему делению не подлежит. Такие элементы по отношению к объекту проектирования S , называются базовыми элементами.

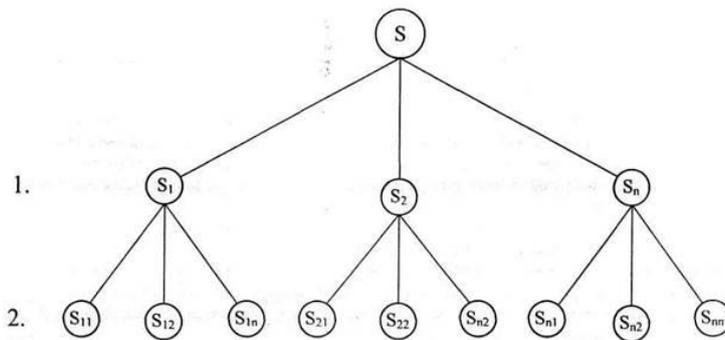


Рис. . Разделение объекта на иерархические уровни.

Таким образом принцип иерархичности - это структурирование представлений об объектах проектирования по степени детальности описания.

Примеры

1. Система электроснабжения (СЭС) - естественная иерархия: источник (эл. станция) - системная подстанция (ГПП) предприятия - распределительные устройства (РУ) – цеховые подстанции – распределительный пункт - потребители. К базовым элементам относят элементы принципиальных эл. схем (тр-ры, кабельные и воздушные линии, коммутационные аппараты). Из этих элементов образуются функциональные узлы: РУ, ТП, которые входят в состав более сложных структур. А уже из этих схем komponуются СЭС предприятия.

2. Электрический двигатель (ЭД):

Базовые единицы - винт, шпонка, вал...

Сборочные единицы - сердечники, обмотки, ротор, статор, корпус...

Агрегат - собственно (ЭД).

Комплексы - электродвигатель + технологический агрегат + система управления = станок, компрессорная или насосная станция.

Аспекты описаний проектируемых объектов

Декомпозиция описаний по характеру свойств отображаемого объекта позволяет выделить функциональный, конструкторский и технологический аспекты описаний.

Функциональный аспект - связан с отображением основных принципов функционирования, характера физических и информационных процессов, протекающих в объекте, и находит выражение в принципиальных, структурных, кинематических схемах и сопровождающих их документах.

Конструкционный аспект - связан с реализацией результатов функционального проектирования, т. е. с определением геометрических форм объектов и их взаимным расположением в пространстве.

Технологический аспект относится к реализации результатов конструкторского проектирования, т. е. связан с описанием методов и средств изготовления объектов.

Возможно более дифференцированное описание свойств объектов. Например, функциональный аспект можно разделить, по физическим основам описываемых явлений на аспекты электрический, механический, гидравлический, химический и т. д. При этом в описаниях электромеханической системы появляются описания электрической и механической подсистем.

Составные части процесса проектирования

Проектирование как процесс развивающейся во времени расчленяется на стадии, этапы, проектные процедуры и операции.

При проектировании сложных систем выделяют стадии:

1. предпроектных исследований, технического задания и технического предложения (стадии научно - исследовательских работ - НИР);

2. эскизного проекта (стадия опытно - конструкторских работ - ОКР);

3. технического проекта;
4. рабочего проекта;
5. испытаний и внедрения.

На стадии 1: на основании изучения потребностей общества в получении новых изделий, научно-технических достижений в данной и смежных отраслях промышленности и имеющихся ресурсов определяют назначение, основные принципы построения технического объекта и формируют техническое задание на его проектирование.

На стадии 2: проверяется корректность и реализуемость основных принципов и положений, определяется функционирование будущего объекта и создается его эскизный проект.

На стадии 3: выполняется всесторонняя проработка всех частей проекта, конкретизируются и детализируются технические решения.

На стадии 4: формируется вся необходимая документация для изготовления изделия.

На стадии 5: создается и испытывается опытный образец или пробная партия изделий. По результатам испытаний вносятся необходимые коррективы в проектную документацию, после чего осуществляется внедрение в производство на выбранном предприятии.

Этап проектирования

Это часть процесса проектирования, включающая в себя формирование всех требующихся описаний объекта, относящихся к одному или нескольким иерархическим уровням и аспектам.

Часто названия этапов совпадают с названиями соответствующих иерархических уровней и аспектов.

Пример. Проектирование СЭС:

1. Расчёт нагрузок
2. Выбор схемы электроснабжения.
3. Выбор напряжения распределительной сети (6, 10 КВ).
4. Расчёт токов КЗ. и выбор электрических аппаратов.

Составные части этапа проектирования называются проектными процедурами. Проектная процедура - часть этапа, выполнение которой заканчивается получением проектного решения.

Пример:

1. Расчёт нагрузок - определение центра электрических нагрузок (ЦЭН).
2. Выбор схемы электроснабжения - расчёт КУ для компенсации реактивной мощности.

Более мелкие составные части процесса проектирования, входящие в состав проектных процедур, называются проектными операциями. Пример:

1. Определение ЦЭН каждой цеха
2. Определение категоричности электроснабжения отдельных цехов

Т. о. понятия уровня и аспекта относятся к структурированию представлений о проектируемом объекте, а понятие этапа, проектной операции, процедуры - к структурированию процесса проектирования.

Нисходящее и восходящее проектирование

Если решение задач высоких иерархических уровней предшествует решению более низких иерархических уровней, то проектирование называется нисходящим. Если раньше выполняются этапы связанные с низшими иерархическими уровнями, проектирование называется восходящим.

Пример: Нисходящее:

проектирование ЭД - задаются базовые размеры двигателя и в процессе проектирования определяются размеры сердечников ротора статора, расчёт обмотки, форма и размер пазов

Восходящее:

проектирование СЭС - определяются нагрузки отдельных присоединений, схемы электроснабжения этих присоединений, затем схема электроснабжения питающей подстанции

В обоих случаях из-за отсутствия исчерпывающей исходной информации имеют место отклонения от потенциально возможных оптимальных технических результатов.

Т. к. в том и другом случае принимаемые проектные решения могут не оправдаться с точки зрения проектирования системы в целом, часто требуется повторное выполнение проектных процедур предыдущих этапов после выполнения проектных процедур последующих этапов.

Такие повторения обеспечивают последовательное приближение к оптимальным результатам и обуславливают итерационный характер проектирования.

Пример: Э. Д - выбранные форма и размеры пазов могут не обеспечить необходимого значения электромагнитного значения

Итерационность - это важнейший принцип проектирования. Итерации могут выполняться внутри одного этапа проектирования и между группами этапов.

Виды описания проектируемых объектов и классификация их параметров

Исходные описания проектируемых объектов часто представляют собой ТЗ на проектирование.

Содержание ТЗ:

1. Назначение объекта
2. Условия эксплуатации (t^0 окружающей среды, напряжение питания, нагрузка)
3. Требования к выходным параметрам, т. е. величинам, характеризующим свойства объекта, интересующие потребителя, эти требования выражены в виде условий работоспособности:

$$y_1 < T_1; \quad y_2 > T_2; \quad y_3 \leq T_3; \quad T_4 < y_4 < T_4^*$$

где y_i - i -й выходной параметр;

T_i - норма i -го выходного параметра.

Пример: расход топлива на на 100 км < 8л; потери в СЭС < 7 %; К. П.Д. электродвигателя > 80 %.

Окончательное описание проектируемого объекта представляет собой полный комплект схемной, конструкторской и технологической документации, оформленной и соответствующей с ЕСКД и предназначенной для использования в процессе изготовления и эксплуатации того объекта.

Математическое описание объекта. Важнейшее значение имеют математические модели (ММ) объектов проектирования, т. к. выполнение проектных процедур при автоматизированном проектировании основано на оперировании этими моделями.

ММ - используют для описания проектируемого объекта средства и язык математики. ММ технической системы - это система математических объектов (чисел, переменных, матриц множеств и т. п.) и отношений между ними, отражающих свойства технической системы, существенные с позиции инженера.

Среди свойств системы, отражаемых на определённом иерархическом уровне, в ММ, различают свойства системы, элементов системы и внешней среды, в которой должна функционировать техническая система.

Количественное выражение этих свойств осуществляется с помощью величин, которые называются параметрами.

Величины, характеризующие свойства системы, элементов системы и высшей среды называются соответственно выходными, внутренними и внешними параметрами.

Пример: ЭД

- потребляемая мощность, мощность на валу, скорость вращения ротора — выходные параметры,

- сопротивление обмоток, параметры сердечников - внутренние параметры,
 - момент сопротивления нагрузки, напряжение питающей сети - внешние параметры.
 Если обозначить количество выходных, внутренних и внешних параметров соответственно через m, n, b , а векторы этих параметров соответственно через :

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$$

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$Q = (q_1, q_2, \dots, q_b)$$

то имеет место функциональная зависимость:

$$Y = F(X, Q)_{(1)}$$

Наличие такой ММ системы позволяет легко оценивать выходные параметры по известным значениям векторов X и Q .

Как правило ММ в виде (1) удаётся получить только для очень простых объектов.

Типичной является ситуация, когда математические описания процессов в проектируемом объекте задаётся моделью в форме системы уравнений, в которой фигурирует вектор фазовых переменных V :

$$LV(Z) = f(Z)_{(2)}$$

где L - некоторый оператор;

Z - вектор независимых переменных, в общем случае включающий время и пространственные координаты,

$f(Z)$ - заданная функция независимых переменных. Фазовые переменные:

- токи и напряжения в электрических системах;
- силы и скорость в механических системах;
- давления и расходы в гидравлических.

Типовые проектные процедуры

Классификация типовых проектных процедур (задач)

Проектная процедура называется чиповой, если она предназначена для многократного применения при проектировании многих чипов объектов.

Создать проект объекта - означает выбрать структуру объекта, определить значения всех его параметров и представить результаты в установленной форме (чертежи, схемы, пояснительные записки, программы).



Синтез заключается в создании описания объекта, а анализ в определении свойств и исследовании работоспособности объекта по его описанию. Т. е., при синтезе создаются, а при анализе оцениваются проекты объектов.

Разработка (выбор) структуры объекта - проектная процедура, называемая структурным синтезом

Целью структурного синтеза является определение структуры объекта, т. е. перечня типов элементов, составляющих объект и способа связи элементов между собой в составе объекта.

Конструирование, разработка технологических процессов, оформление проектной документации - частные случаи структурного синтеза.

Параметрический синтез заключается в определении числовых значений параметров при заданной структуре и работоспособности на выходные параметры объекта.

Задачу параметрического синтеза называют параметрической оптимизацией (оптимизацией), если её решают как задачу математического программирования:

$$\text{extr } F(x), \quad x \in D_x,$$

где $F(x)$ - целевая функция;

x - вектор управляемых (проектируемых, варьируемых) параметров;

$D_x = \{x \mid f(x) < 0, \quad \psi(x) = 0\}$ - допустимая область;

$f(x)$ и $\psi(x)$ - функции ограничения.

Следующая после синтеза группа процедур - процедуры анализа.

Цель анализа - получение информации о характере функционирования и значения выходных параметров Y при заданной структуре объекта, сведениях о внешних параметрах Q и параметрах элементов X .

Если заданы фиксированные значения параметров X и Q , то имеет место процедура одновариантного анализа, которая сводится к однократному решению уравнений ММ и вычислению вектора Y .

В процедурах многовариантного анализа определяется влияние внешних параметров, разброса и неустойчивости параметров элементов на выходные параметры - статистический анализ. Анализ чувствительности - определение степени влияния изменений параметров элементов на изменения выходных параметров. Такой анализ требует многократного решения уравнений ММ объект.

Типичная последовательность проектных процедур.

Проектирование начинается с синтеза исходного варианта структуры системы.

Для оценки этого варианта создаётся модель:

ММ - при автоматизированном проектировании;

экспериментальная или стенд - при неавтоматизированном.

Рассмотрим один из этапов нисходящего проектирования.

На предыдущем этапе решались задачи k -го иерархического уровня и одним из результатов решения является формулировка ТЗ на проектирование систем $k+1$ -го рассматриваемого уровня.

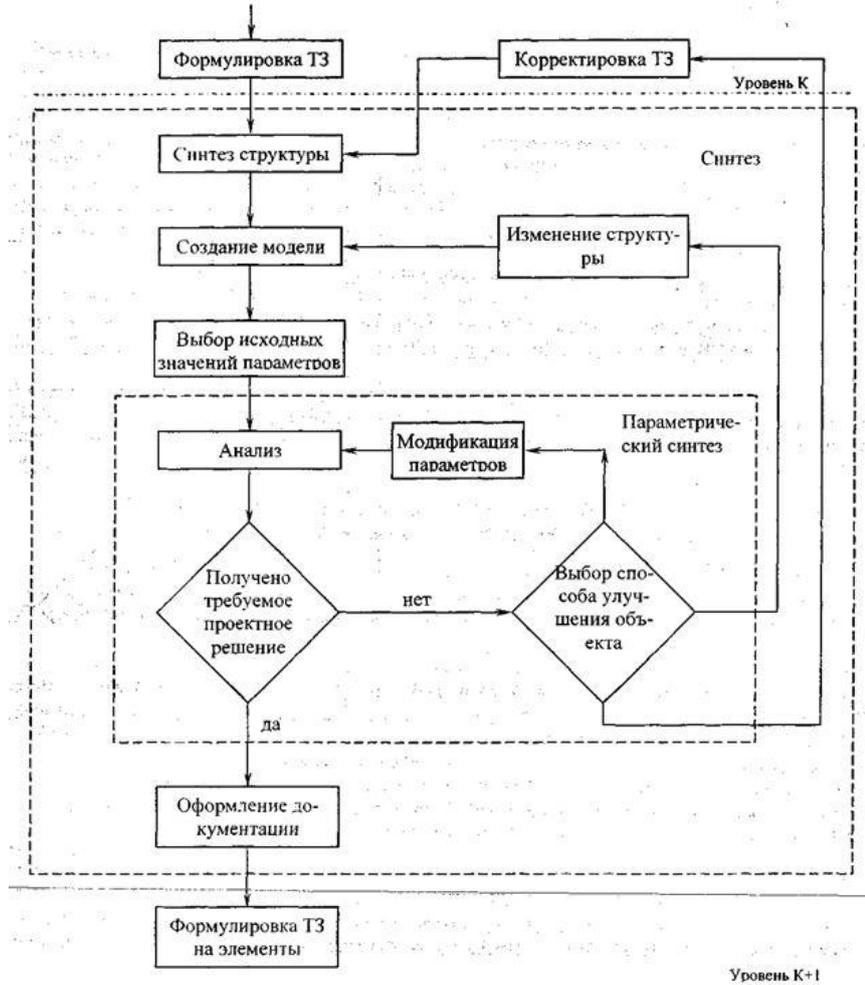
Выбираются исходные значения параметров элементов и выполняется анализ варианта, по результатам которого становится возможной его оценка. Оценка заключается в проверке условий работоспособности, сформулированных в ТЗ.

Если полученное проектное решение неудовлетворительно, то выбирается один из $3x$ возможных путей улучшения проекта:

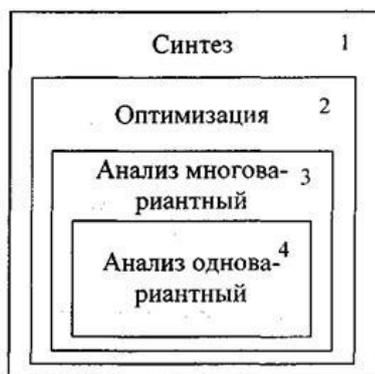
1. Самый простой - осуществить изменение числовых значений параметров элементов составляющих вектор X (параметрический синтез). Если модификации вектора X целенаправленны и подчинены стратегии поиска наилучшего значения некоторых показателей качества, то такая процедура называется - параметрическая оптимизация.

2. Модификация структуры - синтезируется новый вариант структуры и для него повторяются процедуры формирования модели и параметрического синтеза.

3. Корректировка ТЗ - может потребовать повторное выполнение ряда процедур к-го уровня - итерационный характер проектирования.



Взаимосвязь проектных процедур анализа и синтеза имеет характер вложенности. Процедуры анализа в процедуру параметрического синтеза (оптимизации) и процедуры оптимизации в процедуру синтеза, объединяющую синтез структурный и параметрический.



Вложенность означает:

1. анализ входит как составная часть в оптимизацию, а оптимизация в синтез;
2. однократное выполнение процедуры оптимизации требует многократного выполнения процедуры анализа, а однократное решение задачи синтеза - многократного решения задачи оптимизации.

Т. е. синтез проектного решения на очередном этапе проектирования может потребовать выполнение чрезмерно большого количества вариантов анализа.

Контрольная работа №1. Формулирование технического задания по исходным данным заказчика.

Задание:

1. Анализ исходных данных.
2. Проработка вариантов выполнения.
3. Формулирование технического задания.

Контрольная работа №2. Конструирование узлов и типовые конструкции ЭТУ.

Задание:

1. Определить конструктивные параметры элементов ЭТУ.
2. Разработать нормативную документацию.
3. Разработать схему ЭТУ.

Контрольная работа №3. Расчет тепловых режимов элементов ЭТУ. Определение потерь мощности в элементах ЭТУ.

Задание:

1. Рассчитать тепловые режимы элементов ЭТУ.
2. Определить потери мощности в элементах ЭТУ.

Контрольная работа №4. Определение вида электромагнитных помех при коммутациях и изменении режима работы электротехнического устройства.

Задание:

1. Определение вида электромагнитных помех при коммутации ЭТУ.
2. Определение вида электромагнитных помех при изменении режима работы ЭТУ.

Критерии оценки контрольных работ:

«удовлетворительно» - выполнены необходимые пункты задания, использована предложенная инструкция.

«хорошо» - выполнены необходимые пункты задания, сделан вывод, использована предложенная инструкция и дополнительная литература.

«отлично» - правильно выполнены все задания, сделан вывод и представлен полный развернутый отчет.