

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРЕДМЕТУ

1.1. Основні положення та методи проектування

1.1.1. Визначення методи й завдання проектування

Проектування – творчий процес конкретного рішення техніко-економічного завдання зі створення виробу, що відповідає заданому комплексу технічних вимог при мінімальних витратах. Процес проектування припускає різні види творчої діяльності (аналіз, вибір, синтез, моделювання, оптимізацію, розрахунок) і зводиться до вирішення завдання з незамкненими умовами. У загальному випадку проектування є ітераційним процесом (комбінація ітераційних процесів).

Аналіз полягає у розбивці об'єкта на елементарні самостійні частини з наступним дослідженням кожної з них.

Вибір технічного рішення окремих частин (елементів) пристрою (системи) проводиться за результатами аналізу й на підставі рекомендацій, одержаних з дослідних даних та конструкторських довідників.

Синтез полягає у творчому поєднанні окремих частин у єдине ціле за умови, що отримана комбінація виконує функції за призначенням і є оригінальною.

Моделювання – процес побудування та дослідження математичних, віртуальних або фізичних моделей об'єкта, що проектується, з метою попереднього визначення можливості його функціонування згідно з вимогами технічного завдання, забезпечення необхідних характеристик та оптимізації параметрів і структури для досягнення бажаного результату.

Оптимізація – процес одержання найкращого результату проектування при вирішенні завдання за визначеними критеріями. Критеріями оптимізації проектованого виробу можуть бути мінімальна вартість, маса, максимальна надійність, технологічність, екологічність, мінімальні експлуатаційні витрати, довговічність. Якщо оптимізація виконується за кількома критеріями одночасно, то обумовлюються пріоритети критеріїв.

Розрахунок – вирішення завдання з замкненими умовами.

Завдання з замкненими умовами – завдання, для вирішення якого визначені всі необхідні вихідні дані. Вирішення такого завдання зводиться тільки до розрахунку, за результатами якого отримують тільки одне правильне рішення. Наприклад, при рішенні задачі для електричних (електронних) пристроїв за вихідні дані обираються схемне рішення та параметри елементів схеми (опори, ємності, індуктивності, джерела живлення та вхідних сигналів), а визначенню підлягають режими електричних кіл (струми, структурні та вихідні сигнали).

Завдання з незамкненими умовами – завдання для вирішення якого визначені не всі необхідні вихідні дані. При вирішенні такого завдання здійснюються операції аналізу, вибору, синтезу та розрахунку. Завдання з незамкненими умовами може мати безліч рішень, з яких обирається найбільш придатне за обраними критеріями.

Іноді, щоб замкнути умови (довизначити вихідні дані) при вирішенні завдання на першому кроці ітераційного процесу проектування, приймають логічні *припущення* та використовують *емпіричні дані* (коефіцієнти, співвідношення, інженерні формули), які дозволяють позбавитися зайвих невідомих. Вирішення такого завдання прийнято розглядати як *попередній розрахунок* пристрою (системи). Метою попереднього розрахунку є визначення основних конструктивних та електромеханічних параметрів (характеристик) пристрою.

Після остаточного синтезу і деталізації конструкції (схеми) пристрою виконується *перевірочний розрахунок*. На цьому кроці рекомендовані значення наперед невідомих параметрів уточнюються, а змінні в розрахункових формулах набувають певного значення.

Залежно від постановки вирішуються прямі, зворотні, напівзворотні задачі або задачі загального вигляду. Визначимо ці поняття стосовно електричних пристроїв та систем.

Вирішення *прямої задачі* полягає у визначенні вихідних параметрів пристрою (потужності на виході, струму в навантаженні, форми сигналу) при відомій структурі (конструкції, схеми) пристрою.

Вирішення *зворотної задачі* полягає в створенні структури пристрою, який повинен забезпечувати задані вихідні параметри, режими або алгоритми функціонування.

Якщо за вихідні дані обираються і вихідні сигнали, і структурні параметри вирішується *напівзворотна* задача. Наприклад, задано вихідний сигнал, який слід отримати в навантаженні, напруга жив-

лення та елементна база, на якій будується схема пристрою. Треба синтезувати схему пристрою та визначити параметри її пасивних елементів.

Рішення *задачі в загальному вигляді* – символічне надання залежностей між параметрами об'єкта проектування, об'єднаних у систему рівнянь. За відомі та невідомі у виразах можуть обиратися будь-які параметри. Рішенням задачі в загальному вигляді є отримання математичної моделі пристрою чи системи.

З метою спрощення розрахунків і забезпечення можливості застосування чисельних методів при проектуванні допускається апроксимація функціональних залежностей при певних припущеннях.

1.1.2. Обмеження при проектуванні та вимоги до пристроїв, що проектуються

Завданням інженерного проектування є розробка нового об'єкта (системи, елемента, процесу), виконувана проектувальником при певних обмеженнях. Обмеження, які пов'язані з умовами експлуатації пристрою, обумовлюються замовником. Додаткові обмеження диктуються обраним методом проектування, рівнем технології й організації виробництва (рис. 1.1.1).

Стосовно виробів, проєктованих для автомобільного транспорту, відповідно до перерахованих обмежень можна виділити такі: виріб наземного застосування; підлягає впливу кліматичних умов, вібрацій, агресивних середовищ; працює в номінальному режимі; експлуатується не фахівцем; піддається періодичному технічному обслуговуванню.

До пристроїв, що проектуються, висуваються такі вимоги.

Функціонально-технічні вимоги полягають в забезпеченні високої роздільної здатності й точності перетворення; лінійності статичної характеристики й необхідної потужності на виході; мінімальної інструментальної помилки та інерційності (якщо не обговорене протилежне); відсутності внутрішніх шумів; стійкості до нагріву у робочому режимі; електричної міцності ізоляційних частин і проміжків; механічної міцності і зносостійкості деталей у межах заданого терміну служби; простоти конструкції, компактності, високих питомих характеристик.



Рис. 1.1.1. Обмеження, які враховуються при проектуванні

Експлуатаційні вимоги дозволяють врахувати характер зовнішніх впливів і режимів роботи (часових, навантажувальних) у процесі експлуатації виробу; забезпечують простоту й зручність налаштування, регулювання й ремонту; мале споживання енергії; високу надійність.

Соціальні вимоги пов'язані з безпекою у виробництві, монтажі й експлуатації продукції; забезпечують естетичність й ергономічність виробу.

Економічні вимоги спрямовані на досягнення низької собівартості продукції та низьких експлуатаційних витрат.

Виробничо-технологічні вимоги забезпечують технологічність конструкції та враховують виробничі можливості.

Вимоги до транспортування й зберігання враховують характер транспортування та забезпечують можливість тривалого терміну зберігання продукції.

1.1.3. Алгоритм й етапи процесу проектування

Алгоритм процесу проектування являє собою послідовність подій, спрямованих на отримання логічного завершення розробки. Процес проектування ітераційний та виконується методом послідовних наближень до бажаного результату (рис. 1.1.2).

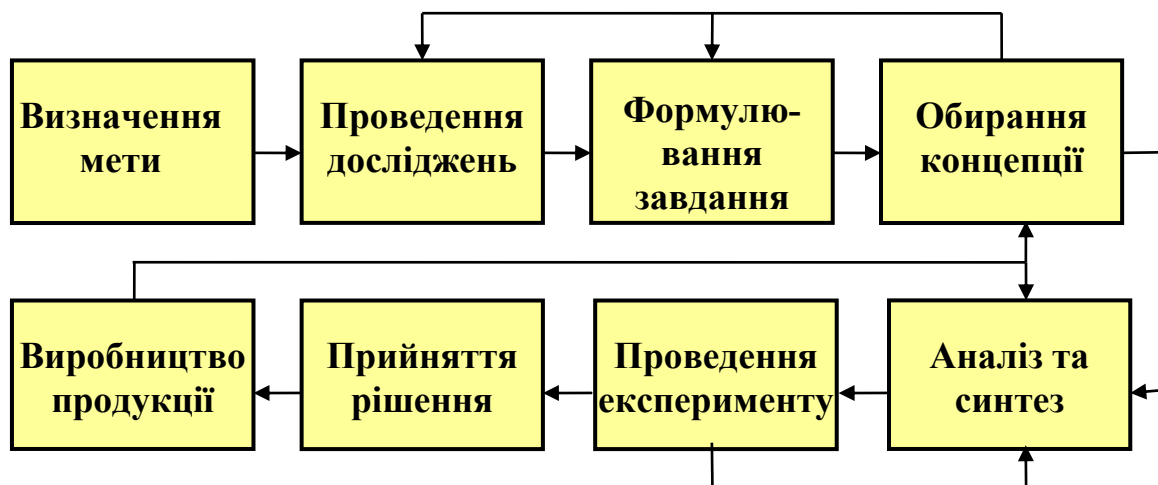


Рис. 1.1.2. Структурні зв'язки процесу проектування

Визначення мети в загальних виразах формулюється що саме повинен зробити розробник, щоб задовольнити потребу замовника і є загальним описом кінцевого вигляду виробу. По-іншому, формулювання мети зводиться до постановки завдання.

Дослідження передбачає збирання та обробку інформації у цій галузі з питань проектування та виробництва аналогів продукції. Джерелами інформації при цьому є теоретичні та прикладні технічні журнали, реферативні журнали, звіти з наукових досліджень, мі-

крофільми, довідкова література, журнали винаходів, сайти Інтернету. Обробка інформації полягає в порівнянні конкурентних варіантів виробу або його складових. Якщо об'єктом проектування обирається принципово нове технічне рішення (винохід), проводять *патентні дослідження*. За результатами патентних досліджень визначають патентну чистоту та патентну спроможність технічного рішення. *Патентна чистота* – властивість об'єкту техніки, яка дозволяє вільне використання його в даній країні без порушення охоронних документів виключного права, які діють на її території. *Патентна спроможність* – придатність технічного рішення бути признаним як об'єкт правової охорони, що відповідає вимогам, які висуваються до винаходу або промислового зразка.

Формулювання технічного завдання полягає в складанні розробником основних вимог до виробу, що проектується, задоволення яких забезпечує досягнення поставленої мети.

Формування ідеї та обрання концепції виконується на основі результатів наукових досліджень. На цьому кроці уточнюється формулювання завдання та складаються можливі варіанти функціональних блок-схем, які відображують альтернативні рішення.

Аналіз та синтез пристрою здійснюється після попереднього вибору концепції, яка визначає можливий шлях до досягнення мети. На цьому кроці виконується перевірка прийнятого рішення на відповідність фізичним законам. За результатами аналізу характеристик окремих складових синтезується пристрій (система) в цілому. Далі аналізуються характеристики синтезованого пристрою. Прогресивним методом аналізу є віртуальне моделювання за допомогою обчислювальної техніки з використанням прикладних програм. Якщо результати аналізу виявляються незадовільними, розробник обирає нову концепцію.

Експеримент являє собою сукупність операцій, впливів та спостережень, спрямованих на одержання інформації про об'єкт при дослідницьких випробуваннях. Якщо для аналізу недостатньо даних проводять експеримент на фізичному рівні. Результати експерименту доповнюють та уточнюють результати аналізу.

Прийняття рішення полягає в детальній розробці обраної концепції. Рішення надається у вигляді технічного звіту та графічного матеріалу, які містять опис та принцип дії пристрою, функціональні та принципові схеми й креслення. У звіті дається оцінка ос-

новних технічних показників пристрою, наводяться відомості про технологію виробництва і умови експлуатації виробу, складається перелік комплектуючих виробів та стандартних деталей.

Виробництво – етап процесу проектування на якому розробник враховує обмеження, що обумовлені рівнем технології і організації виробництва, здійснює авторський нагляд за постановкою продукції на виробництво.

Процес розробки виробу поділяють на етапи попереднього, ескізного та технічного проектування. Вихідні дані на проектування встановлюються технічним завданням, в якому обов'язково повинна міститися інформація про призначення виробу, техніко-економічні показники якості, умови експлуатації, умови виробництва, термін проектування.

Попереднє проектування спрямовано на розробку принципів побудування пристрою за означеними умовами, винайдення доцільних методів моделювання, пошук можливих реалізацій, оцінку показників надійності обраної структури пристрою. Результатом попереднього проектування є уточнене технічне завдання, пропозиції щодо технічних рішень або аванпроект.

Аванпроект – вид вихідної технічної документації, яка містить обґрунтування розробки продукції і її показників, вихідні вимоги і пропозиції щодо розробки, виробництва і експлуатації продукції. Аванпроект складається з пояснювальної записки, необхідних креслень, схем, розрахунків, проекту технічного завдання. Затвердження аванпроекту замовником або споживачем та розробником є необхідною умовою для початку розробки продукції.

Ескізне проектування здійснюється на базі аванпроекту та уточненого технічного завдання і передбачає подальшу конкретизацію схеми (конструкції) пристрою. Ескізне проектування завершується захистом ескізного проекту. Метою захисту є узгодження проекту з замовником (схвалення обраних концепцій) та узгодження уточненого технічного завдання на розробку виробу.

Ескізний проект – вид проектної конструкторської документації на виріб, яка містить принципові конструктивні рішення, дає загальне уявлення про конструкцію і принцип дії виробу, а також дані, що визначають його відповідність призначенню.

На етапі *технічного проектування* деталізується структура пристрою, розробляються окремі вузли, елементи та не уніфіковані

деталі, здійснюється остаточний розрахунок надійності, оцінюється можливість використання уніфікованих елементів, оговорюються умови контролю та випробувань, обираються покриття та марки матеріалів. Визначаються техніко-економічні показники. Розробляється технологія виготовлення з урахуванням виробничих можливостей (технологічні карти, креслення на технологічне оснащення). Результатом технічного проектування є технічний проект.

Технічний проект – вид проектної конструкторської документації на виріб, яка містить кінцеве технічне рішення, що дає повне уявлення про конструкцію виробу, що розробляється і доповнена даними, які необхідні та достатні для розробки робочої конструкторської документації.

Конструкторська документація – сукупність конструкторських документів, що містять, в залежності від їх призначення, дані, необхідні для розробки, виготовлення, контролю, прийомки, поставки, експлуатації і ремонту виробу. При розробці електричних пристроїв перелік таких документів складає:

- електричні схеми (структурні, функціональні, принципів, з'єднань, монтажні, підключень, розташування, загальні);
- графічні документи (креслення загального вигляду, габаритні креслення, збиральні креслення, креслення окремих вузлів та деталей, специфікації та переліки елементів);
- текстові документи (загальні технічні умови на виріб, технічні умови на окремі блоки, елементи та вузли, що входять до складу виробу, інструкції з монтажу, настройки та експлуатації, технічні описи на виріб та окремі його складові, технічні формуляри, паспорти).

1.1.4. Термінологія в технічних документах

Підсумком технічного проектування є розробка повного комплексу технічної документації, що оговорюється держстандартами на етапі постановки продукції на виробництво [5].

Технічна документація – сукупність документів, що необхідна та достатня для безпосереднього використання на кожній стадії життєвого циклу продукції (технологічна, робоча конструкторська, виробнича документація).

Життєвий цикл продукції – сукупність взаємопов’язаних процесів створення та послідовної зміни стану продукції від формування вихідних вимог до неї до закінчення її експлуатації або споживання.

Технічне завдання – вихідний документ для розробки продукції та технічної документації на неї. Дія технічного завдання розповсюджується на стадіях розробки (ствердження акту приймання дослідного зразка, доробки технічної документації за результатами приймальних випробувань). Далі як основний документ на продукцію розглядаються технічні умови, технічний опис або стандарт.

Технічні умови – нормативно-технічний документ, який встановлює комплекс вимог до конкретних типів, марок, артикулів продукції.

Технічний опис – технічний документ на товари народного споживання, складений як доповнення до стандарту у виді загальних технічних умов і який використовується разом з цим стандартом як нормативно технічний документ на конкретну продукцію. Технічний опис містить тільки вимоги до продукції, які конкретизують окремі положення стандарту на який в ньому посилаються.

В технічних документах використовуються терміни, які мають нормативні визначення – продукція, виріб, зразок, модель, макет.

Продукція – об’єкти промислового виробництва, які призначені для використання у сферах виробництва, експлуатації або споживання. В залежності від обсягу випуску планується виробництво масової, серійної, одиничної або разової продукції.

Виріб – одиниця промислової продукції, кількість якої може рахуватись у штуках або екземплярах. *Специфікований виріб* складається з декількох складових частин, *не специфікований* – не має складових частин.

Деталь – виріб, який виготовляється з матеріалу однієї марки без застосування збиральних операцій. *Збиральна одиниця* – виріб, складові частини якого підлягають з’єднанню між собою на підприємстві-виробнику збиральними операціями.

Комплект – декілька виробів спільного функціонального призначення, як правило, допоміжного характеру, не з’єднаних на підприємстві-виробнику збиральними операціями.

Комплекс – декілька специфікованих виробів взаємопов'язаних за призначенням, не з'єднаних на підприємстві-виробнику збиральними операціями.

Комплектуючі вироби – вироби підприємства-постачальника, що застосовуються як складові частини (деталі, збиральні одиниці) виробу, яке випускається підприємством-виробником.

Покупні вироби – комплектуючі вироби, які одержує підприємство в готовому виді та вироблені за технічною документацією підприємства-постачальника.

Модифікований виріб – різновид базового виробу, створений з метою поширення або спеціалізації сфери його використання.

Модернізований виріб – удосконалений різновид базового виробу, створений з метою поліпшення окремих характеристик за рахунок застосування нових складових частин.

Стандартний виріб – виріб, виготовлений відповідно до державного або галузевого стандарту, які цілком і однозначно визначають його конструкцію, показники якості, методи контролю, правила приймання і постачання.

Уніфікований виріб – виріб, який застосовується в конструкторській документації декількох виробів.

Модель виробу – виріб який відтворює або імітує конкретні якості визначеного виробу, виготовлений для перевірки принципу його дії та характеристик.

Макет виробу – спрощене відтворення в певному масштабі виробу або його складової, за допомогою якого досліджуються окремі характеристики виробу та оцінюється правильність прийнятих технічних рішень.

Експериментальний зразок – зразок продукції, що має основні ознаки продукції, яка передбачена для розробки, виготовляється з метою перевірки пропонуваніх рішень та уточнення окремих характеристик, які використовуються при розробці цієї продукції. Експериментальний зразок виготовляється в процесі проведення науково-дослідницьких робіт, виконується в натуральну величину і являє закінчений у функціональному відношенні виріб, який придатний для дослідницьких випробувань.

Дослідний зразок – зразок продукції, виготовлений у відповідності з новою робочою документацією для перевірки шляхом ви-

пробувань відповідності його заданим технічним умовам з метою прийняття рішення про можливість постановки на виробництво та використання за призначенням.

Головний зразок – перший екземпляр виробу одиничного або дрібносерійного виробництва, який виготовлено за новою розробленою документацією, для використання замовником з метою відпрацювання конструкції і технічної документації, щодо виробництва та експлуатації інших виробів даної партії або серії.

Авторський зразок – зразок продукції, виготовлений автором для його демонстрації.

В процесі розробки продукції та постановки її на виробництво поетапно проводяться дослідницькі, доводочні, попередні, приймальні, кваліфікаційні та типові випробування дослідного зразка.

Доробка дослідного зразка проводиться за результатами попередніх або приймальних випробувань з метою усунення виявлених недоліків. Доробка продукції на підставі рекламацийних спостережень виконується шляхом її удосконалення та модернізації під авторським наглядом розробника.

Удосконалення продукції – поліпшення якості продукції, шляхом внесення змін в діючу технічну документацію зі збереженням значень основних показників.

Модернізація виробу – розробка виробу, яка проводиться з метою заміни виробу, що випускається на виріб з окремими поліпшеннями основними показниками якості, шляхом часткової зміни його конструкції.

Авторський нагляд – сукупність заходів, які проводяться розробником в конкретних умовах виробництва (експлуатації) продукції або технологічного процесу, що їм розроблено, по забезпеченню відповідності їх встановленим вимогам та своєчасному усуненню виявлених недоліків продукції і технологічного процесу (експлуатації).

1.1.5. Використання комп'ютерних технологій при проектуванні електричних пристроїв

Останнім часом великого значення набули методи математичного моделювання електронних пристроїв на комп'ютері.

Комп'ютерне моделювання електронних пристроїв має ряд переваг перед експериментальним дослідженням та дозволяє:

- передбачити поведінку пристрою у штатних та позаштатних ситуаціях (відмова окремих елементів, коливання напруги живлення);
- спостерігати форму сигналів у різних місцях електронного пристрою при впливі на нього корисних сигналів і перешкод;
- навчання майбутніх фахівців у галузі проектування електронних пристроїв;
- знизити вартість експериментальних досліджень;
- оптимізувати параметри окремих елементів пристрою за заздалегідь обраним критерієм;
- масштабувати реальний час електричних процесів;
- застосувати спеціальні програми і моделі електронних елементів;
- ідентифікувати параметри моделей.

Математичні моделі електронних елементів і пристроїв можна розділити на групи: лінійні й нелінійні, статичні й динамічні, із зосередженими й розподіленими параметрами, аналогові, цифрові (дискретні) і аналого-цифрові.

Статичні моделі звичайно використовують при розрахунку й моделюванні режимів за постійним струмом або напругою, а динамічні моделі знаходять застосування при аналізі перехідних або частотних характеристик електронних пристроїв. У моделях із зосередженими параметрами використовуються звичайні диференціальні рівняння, а в моделях з розподіленими параметрами – рівняння в частинних похідних.

При моделюванні електронних пристроїв на етапі аналізу та синтезу використовуються різновиди програм:

- універсальні програми для математичних розрахунків (MathCAD, MathLAB) та математичного моделювання (SIMULINK);
- універсальні програми для моделювання електронних пристроїв (P-CAD, Micro-CAP V, P-SPICE A/D, APLAC);
- спеціалізовані програми, що використовуються при моделюванні певного класу схем (Sistem View).

Програма P-CAD дозволяє створювати бібліотеки елементів та схеми електричні принципів; виконувати розміщення конструктивних елементів та трасування провідників друкованої плати.

Програма Micro-CAP V (Microcomputer Circuit Analysis Program V) має розширену бібліотеку елементів (аналогові й цифрові мікросхеми, біполярні й польові транзистори, діоди, трансформатори й дроселі, лінії передачі сигналів, кварцові резонатори й датчики) та потужний графічний редактор електричних схем з ієрархічною структурою. Програма дозволяє: моделювати динамічні процеси в електронних пристроях за функціональними схемами; розраховувати параметри математичних моделей елементів за довідковими або експериментальними даними; оптимізувати електронні схеми шляхом варіації параметрів елементів. Результати моделювання в програмі можуть надаватися у вигляді графіків або таблиць.

У процесі роботи із програмою Micro-CAP V спочатку створюється принципова схема електронного пристрою, у яку включаються електронні елементи, їхні з'єднання, умовні позначки й параметри або типи. Далі виконується моделювання створеної схеми за обраним режимом:

- розрахунок режимів за постійним струмом (DC-Analysis);
- розрахунок частотних характеристик або аналіз за змінним струмом (AC-Analysis);
- розрахунок перехідних характеристик (Transient Analysis).

Всі компоненти, використані при створенні принципової електричної схеми, можуть мати математичні моделі двох типів:

- моделі стандартних елементів (резисторів, конденсаторів, транзисторів), які не можуть бути змінені користувачем програми, але в яких можна змінити значення окремих параметрів;
- макромоделі, що складаються користувачем із стандартних елементів на власний розсуд.

Програма P-SPICE додатково має графічний процесор і програми редагування вхідних сигналів, параметричної оптимізації електронних пристроїв та автоматичного трасування друкованих плат з урахуванням паразитних ефектів.

Для проведення віртуальних експериментів використовуються програми, які замінюють вимірювальну установку та дозволяють проводити дослідження макета електронної схеми (Electronics Workbench, Proteus, Multisim). На екрані монітора при цьому зображуються вимірювальні прилади, які максимально наближені до дійсності.

При розробках радіоелектронних пристроїв доцільно використовувати програми наскрізного проектування OrCAD, Protel, Nexar. Такі комплексні системи призначені для проектування високошвидкісних електронних пристроїв на базі друкованих плат. В єдиному проекті містяться підпроект програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС) та підпроект друкованих плат. Цілісність програми дозволяє відслідковувати зміни в частинах проекту й синхронізувати їх на етапі створення принципової схеми.

На етапі проведення досліджень та вишукувань використовуються програми XFDTD, Wireless InSite, FEKO, Fidelity, що вирішують тривимірні задачі поширення електромагнітних хвиль та структур електромагнітної сумісності.

На етапі підготовки виробництва використовуються програми CAM350, Genesis, WSCAD, КРЕДО, ефективний сервіс яких дозволяє в короткий термін створювати документацію для об'ємних виробництв, уникаючи при цьому багатьох помилок, неминучих при ручному креслярському проектуванні. При тривимірному моделюванні геометричних об'єктів виконується оформлення конструкторської документації, складаються програми для числових пристроїв технологічного обладнання й створюється архів конструкторсько-технологічної документації.

Для вирішення задач певного класу розроблені спеціалізовані програми. Система Omega PLUS призначена для аналізу цілісності проекту (оцінки впливу конструктивних особливостей друкованих плат на електричні характеристики монтажу) і моделювання електромагнітної сумісності. Система Electronics Labcenter призначена для проектування багатошарових друкованих плат аналогових, цифрових й аналого-цифрових пристроїв. Система візуалізації й контролю кабельних з'єднань Harness Studio інтегрує електричні і механічні дані САD-систем в один інтерфейс, пропонує засоби обробки даних геометрії систем кабелів.

Для проведення теплового аналізу електронного устаткування використовується програмне забезпечення ВЕТАSoft, ТРиАНА призначені для моделювання стаціонарних і нестаціонарних теплових процесів, що протікають у конструкціях радіоелектронних засобів.

Спеціалізована програма АСОНІКА призначена для розрахунку показників надійності радіоелектронної апаратури і виробів різних класів.

1.1.6. Види та зміст навчальних проектів

Розрізняють виробничі та навчальні проекти. Зміст виробничих проектів розглянуто в попередніх питаннях. Навчальні проекти залежно від мети, змісту і обсягу поділяють на курсові та дипломні.

Курсові проекти затверджуються навчальними планами (програмами за навчальною дисципліною). Метою курсового проектування є закріплення теоретичних знань, придбання навиків самостійної роботи з технічною літературою і засобами обчислювальної техніки, оволодіння технікою розрахунків принципів та конструктивних схем, елементами конструювання і прийомами макетування окремих елементів пристрою, що проектується.

Дипломне проектування є заключним етапом навчання студентів і має таку мету:

- систематизацію, закріплення і поглиблення теоретичних знань, вмінь і практичних навичок зі спеціальності і творче застосування їх при вирішенні конкретних наукових, технічних, економічних завдань;

- розвиток навичок самостійної інженерної і наукової роботи і набуття власного науково-виробничого досвіду;

- виявлення рівня підготовленості фахівця до самостійної роботи в умовах сучасного виробництва різних форм власності;

- скорочення періоду адаптації до професійної діяльності.

На сьогодні як кваліфікаційні роботи випускниками вищих навчальних засобів захищаються дипломні проекти, проекти з дослідницьким ухилом, кваліфікаційні дипломні роботи.

Дипломний проект – самостійно завершена інженерна розробка науково-технічних, економічних та організаційних рішень зі створення виробництва і експлуатації електричних пристроїв, систем та комплексів транспортних засобів.

Дипломний проект з дослідницьким ухилом додатково містить матеріали, пов'язані з теоретичним або експериментальними дослідженнями, які необхідні для прийняття проектного рішення.

Кваліфікаційна дипломна робота – закінчене науково-технічне рішення одного з етапів галузевої проблеми або конкретної задачі, які мають самостійне теоретичне, практичне або навчально-методичне значення.

Теми дипломних проектів залежно від обсягу завдань можуть бути *індивідуальними* або *комплексними* (об'єднаними загальною проблемою), для вирішення яких залучається декілька студентів. Якщо для вирішення проблеми потрібна кваліфікація різних спеціальностей призначається *комплексна між кафедральна* тема проекту.

Дипломні проекти складаються з пояснювальної записки та графічного матеріалу. Якщо при захисті проекту застосовуються комп'ютерні демонстраційні засоби (мультимедіа), графічний матеріал додатково надається у вигляді презентації.

Пояснювальна записка – текстовий документ, який містить титульний аркуш, завдання на проектування, зміст записки, реферат, змістовну частину, висновки та рекомендації, перелік літератури, додатки.

Змістовна частина складається зі вступу, оглядової частини, дослідної частини, розділу схемо-технічної розробки та розробки програмних продуктів, конструкторської частини, розділів з надійності, питань охорони праці, техніко-економічного аналізу проектного рішення.

У вступі надається стисла характеристика сучасного стану наукової (технічної) проблеми, якій присвячено проект, відзначається актуальність теми проекту та новизна розробки.

В оглядовій частині аналізуються технічні рішення аналогів продукції та обирається концепція побудування нового пристрою (системи) згідно з завданням на проектування. Можливий перелік назв аркушів графічного матеріалу за розділами: класифікація пристроїв, технічні рішення аналогів продукції, етапи розвитку виробництва, метод дослідження, постановка завдання, вибір проектного рішення.

У дослідній частині проекту (для проектів з дослідницьким ухилом) наводяться методика та результати досліджень за якими обирається проектне рішення (методика проведення досліджень, основні залежності та припущення, результати досліджень, вибір проектного рішення).

У розділі схемо-технічна розробка та розробка програмних продуктів розглядаються питання, пов'язані з розробкою схеми пристрою або системи. В разі розробки мікропроцесорних систем додатково вирішуються питання, пов'язані з побудуванням алгоритмів функціонування системи та створенням програмних продуктів

для мікропроцесора (схема функціональна, режими та вигляд сигналів, архітектура мікросхеми, характеристики та параметри елементів, схема електрична принципова, результати розрахунків параметрів елементів схеми, результати машинного моделювання, схема електричних підключень елементів системи, алгоритми функціонування, програмне забезпечення).

У конструкторській частині проекту викладається матеріал про розробку конструкції, технологію виготовлення та прив'язку пристрою (системи) до об'єкта управління (результати трасування плат друкованого монтажу, креслення загального вигляду пристрою, конструктивна та електрична прив'язка пристрою до борту транспортного засобу, технологія виготовлення пристрою).

У розділі з надійності визначається ймовірність безвідмовної роботи пристрою (системи), що проектується, на підставі аналізу елементної структури об'єкта дослідження або оцінюється ймовірність технічних станів несправної системи (результати розрахунку показників надійності, елементна структура пристрою (системи), графік періодичного обслуговування, розподіл ймовірностей технічних станів об'єкта діагностування).

У матеріалах розділу охорони праці і довкілля наводиться: обґрунтування засобу виробництва з позиції безпеки праці, охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів; характеристика сировини та експлуатаційних матеріалів з урахуванням токсичності та пожежної безпеки; умови виробництва, експлуатації, транспортування і зберігання продукції; перелік засобів захисту працюючих та профілактичних заходів.

Техніко-економічний аналіз включає: загальну техніко-економічну оцінку проектного рішення; розрахунок витрат на виготовлення (комплектуючі, матеріали, витрати електроенергії, заробітна платня, відрахування), проектної собівартості, прибутку, рентабельності і терміну окупності вкладень; порівняння проектних показників з показниками аналогу; визначення річного економічного ефекту від впровадження проектного рішення (результати розрахунку собівартості пристрою, визначення прибутку від впровадження проектного рішення, бізнес-план розвитку підприємства).

Графічний матеріал оформлюється у вигляді креслень, плакатів, фотомонтажу або у вигляді презентації.

Презентація – матеріал у вигляді комп'ютерних файлів, який використовується при захисті дипломного проекту із застосуванням комп'ютерних демонстраційних засобів. У файлах презентації містяться: назва та мета дипломного проекту; характеристика предмету та об'єкта дослідження; завдання, які вирішуються в межах проекту; графічний матеріал для захисту; висновки за результатами проектування. Презентація роздрукована на форматних аркушах, оформлюється як додаток до пояснювальної записки.