

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
Факультет електроніки  
Кафедра фізичної та біомедичної електроніки

Ю.В.Вунтесмері

# **Проектування та конструювання мікроелектронної апаратури**

Методичні вказівки до курсового проектування  
для студентів спеціалізації  
7.05080102, 8.05080102 - Фізична та біомедична електроніка

Рекомендовано Вченою радою факультету електроніки НТУУ «КПІ»

Київ – 2012

Вунтесмері Ю.В. Проектування та конструювання мікроелектронної апаратури: методичні вказівки до курсового проектування для студентів спеціалізації 7.05080102, 8.05080102 - Фізична та біомедична електроніка / Ю.В.Вунтесмері. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – с.

*Гриф надано Вченою радою ФЕЛ НТУУ «КПІ»  
(протокол № 08/12 від 30 серпня 2012 р.)*

*Затверджено на засіданні  
кафедри фізичної та біомедичної електроніки  
(протокол № 1 від 28 серпня 2012 р.)*

Навчально-методичне видання  
ПРОЕКТУВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ МІКРОЕЛЕКТРОННОЇ  
АПАРАТУРИ.  
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ  
СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ  
09.0804 - ФІЗИЧНА ТА БІОМЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА

Укладачі:

*Вунтесмері Юрій Володимирович, к.т.н.,  
доцент кафедри фізичної та біомедичної електроніки*

Відповідальний  
редактор

*В. І. Тимофєєв, д. т. н., проф.*

Рецензент:

*О. В. Борисов, к. т. н., проф.*

За редакцією укладачів

## **ЗМІСТ**

<b>ЗМІСТ</b> .....	<b>3</b>
<b>ВСТУП</b> .....	<b>5</b>
<b>МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ МІКРОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ</b> .....	<b>6</b>
<b>ЕТАПИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ</b> .....	<b>12</b>
АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ УМОВ ТА ВИМОГ ЗАМОВНИКА.....	14
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. ПОШУК ПРОТОТИПІВ ТА АНАЛОГІВ.....	14
СИСТЕМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ. ..	15
ВИЗНАЧЕННЯ БЛОКУ ДЛЯ ДОКЛАДНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.....	15
ФОРМУЛЮВАННЯ ЧАСТКОВОГО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	16
ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМНОГО РІШЕННЯ ТА ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ БЛОКУ.....	16
РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА. ТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ БЛОКУ.....	17
МОДЕЛЮВАННЯ БЛОКУ. ПОСТАНОВКА МАШИННОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	19
ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО КОНСТРУКТИВНОГО ВИКОНАННЯ БЛОКУ, КОМПОНОВКИ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ.....	19
МАКЕТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАКЕТУ БЛОКУ.....	22
ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	22
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ</b> .....	<b>24</b>
СКЛАД ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	24
ВИМОГИ ДО РЕФЕРАТИВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	24
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	26
<i>Текст пояснювальної записки</i> .....	26
<i>Основні написи</i> .....	27
<i>Структурний поділ пояснювальної записки</i> .....	29
<i>Змістовний склад структурних елементів пояснювальної записки</i> ..	30
<i>Оформлення тексту пояснювальної записки</i> .....	31

<i>Нумерація сторінок та частин у пояснювальній записці</i> .....	32
ІЛЮСТРАЦІЇ .....	33
ГРАФІКИ .....	37
ТАБЛИЦІ .....	44
ПЕРЕЛІКИ .....	46
ФОРМУЛИ ТА РІВНЯННЯ .....	46
<i>Формули, на які є посилання</i> .....	47
<i>Формули, на які немає посилань</i> .....	48
ПОСИЛАННЯ .....	49
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ .....	49
Додатки .....	50
Правила написання одиниць, їх позначень і найменувань .....	51
<b>ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>57</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>59</b>
Додаток 1. Завдання до курсових проектів .....	59

## **ВСТУП**

Дані методичні рекомендації призначені для полегшення виконання студентами курсового проекту з курсу "Проектування та конструювання мікроелектронної апаратури". Метою курсового проекту є систематизація, закріплення та розширення теоретичних знань та практичних навичок при вирішенні конкретних технічних задач; розвиток навичок самостійної роботи з технічною літературою під час здійснення аналізу досліджуваного матеріалу та виконанні розрахунків; здобуття творчих навичок при самостійному вирішенні технічних (конструкторсько-технологічних) задач та освоєння основ патентного пошуку; підготовка до дипломного проектування студентів.

Важливим також є вміння студентів використовувати сучасну обчислювальну техніку як при виконанні розрахункової частини курсової роботи, так і при оформленні її графічного супроводження.

Під час курсового проектування студент має продемонструвати здатність використовувати теоретичні знання, накопичені в результаті вивчення всіх передуючих дисциплін для виконання завдання, і оволодіти в стислий термін новими розділами у межах вивчених дисциплін для проектування електронних пристроїв на сучасному науково-технічному рівні.

Курсовий проект з дисципліни "Проектування та конструювання мікроелектронної" апаратури є одним з підсумкових у підготовці фахівців ОКР "спеціаліст" та "магістр" спеціалізації "фізична та біомедична електроніка" і вимагає узагальнення знань та навичок, набутих студентами під час вивчення курсів "Аналогова схемотехніка", "Цифрова схемотехніка", "Теорія сигналів", "Електронні сенсори", "Мікрохвильова техніка" та інших.

# МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ МІКРОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ.

Процес проектування включає в себе визначення принципу роботи електронного ланцюга, пристрою або системи, обґрунтування та вибір виду сигналів, методів їх формування та обробки; конструювання; розробку технології виробництва, методів контролю та випробувань; закінчується виготовленням повної конструкторсько-технологічної документації.

У життєвому циклі виробу можна виділити два характерних періоди: (Рис.1.), перший – це час, протягом якого здійснюється розробка нової продукції, і другий – час, протягом якого нова продукція освоюється, виробляється і реалізується до повного припинення випуску і утилізації.

У перший період життєвого циклу виробу включається повний комплекс робіт із створення нової техніки :

1 - НДР. В процесі цієї стадії виникають і проходять всебічну перевірку нових ідей, що реалізуються іноді у вигляді відкриттів винаходів. Теоретичні передумови вирішення наукової проблеми перевіряються в ході дослідно-експериментальних робіт;

2 - ДКР. Це перехідна стадія від наукових досліджень до виробництва. На цій стадії ідеї, що виникають в процесі НДР, практично втілюються в технічну документацію і дослідні зразки;

3 - конструкторська підготовка виробництва (КПВ) : здійснюється проектування нової техніки, розробляються креслення і технічна документація;

4 - технологічна підготовка виробництва (ТПВ). Тут розробляються і перевіряються нові технологічні процеси, проектується і виготовляється технологічне оснащення для виробництва нової техніки;

5 - організаційна підготовка виробництва (ОПВ). На цій стадії вибираються методи і моделюються процеси переходу на випуск нової продукції, проводяться розрахунки потреби в матеріалах і комплектуючих виробках, визначаються календарно-планові нормативи (тривалість виробничого

циклу виготовлення нового виробу, розміри партій, період чергування партійвиробів та ін.);

б - відпрацювання в дослідному виробництві (ВДВ) нової конструкції виробу. Освоюється випуск дослідного зразка, проводиться налагодження нових технологічних процесів, перевірка і оцінка "життєздатності" нової продукції.



Рис. 1. Життєвий цикл міроелектронної апаратури.

У другий період життєвого циклу виробу включається сьома стадія - освоєння його в серійному виробництві (ОСВ). На цій стадії створюються умови для промислового виробництва нового виробу. Практика показує, що іноді і на цій стадії виникають конструкторські зміни і викликані ними або незалежні від них змінення в технологічних процесах. Тому на стадії освоєння виробництва виникає необхідність визначення раціональної міри відробітку технологічної документації, доцільного рівня оснащення виробництва спеціальними видами оснащення і обладнання.

Стадія освоєння є сполучною ланкою з фазою виробництва і реалізації виробу (ВіР).

Точне дотримання технологічного процесу - одна з найважливіших організаційних умов підвищення ефективності випуску нового виробу, включаючи високу якість продукції і високі техніко-економічні показники виробництва.

Завершуючим етапом життєвого циклу є експлуатація нової продукції (Е) – період, коли ця продукція використовується у відповідності з її призначенням

і приносить економічний ефект, до моменту утилізації (У). Підприємству вигідно було б продовжити другий період життєвого циклу виробу на максимальний термін, оскільки в цей час воно не несе додаткових витрат на розробку і впровадження нової продукції. Проте цей період має свою межу: нова продукція з моменту її появи забезпечує соціально-економічний ефект лише до певного часу, після якого вона морально старіє і її подальше виробництво і використання приносять збиток підприємству.

Якість конструкції МЕА, а також оптимальність процесу конструювання залежать не тільки від організації самого процесу, а і від методології його проведення. Зміна методів конструювання сучасної МЕА порівняно з апаратурою перших поколінь характеризується:

а) більш широким використанням системного підходу, що підвищило роль конструктора і технолога на усіх етапах проектування виробу;

б) зменшенням тривалості циклу і трудомісткості конструкторських робіт завдяки широкому використанню засобів автоматизованого конструкторського проектування;

в) більш широким використанням стандартизації та уніфікації.

До змінних в процесі конструювання факторів відносяться, наприклад, марки використаних матеріалів, форма та розміри елементів конструкції, взаємне розміщення компонентів та вузлів і т. ін. Обмеженнями є фактори, які не змінюються конструктором: ресурсні, системо- та схемотехнічні, конструкторські, технологічні, експлуатаційні.

До ресурсних належать матеріальні, тимчасові, кадрові та енергетичні обмеження. Системотехнічні обмеження: тип МЕА – аналогові або цифрові, наземні або бортові, з інформаційним або структурним резервуванням, або без нього, періодичного використання і под. Схемотехнічні обмеження: задаються електричною схемою і включають у себе: елементну базу, кількість та типи функціональних вузлів, вимоги до їх взаємного розташування і под. Конструкторські обмеження: вага та габарити; рекомендовані типи базових



несучих конструкцій; засоби реалізації електричних зв'язків, вимоги до зовнішнього вигляду та інше.

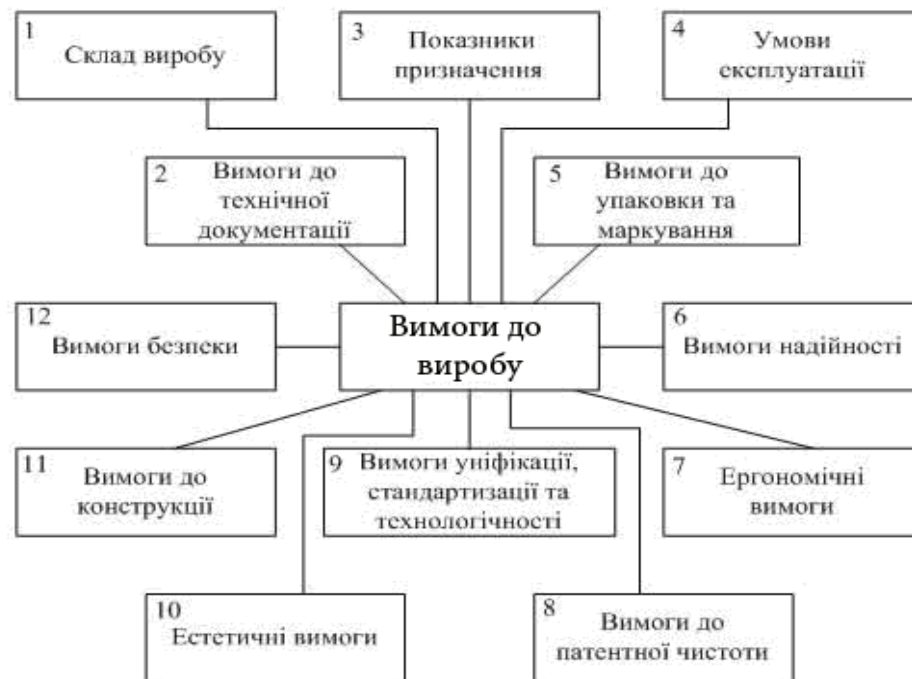


Рис. 2. Структура вимог до мікроелектронної апаратури.

Технологічні обмеження – тип виробництва, вид технологічних процесів, час запуску у виробництво і под. Експлуатаційні обмеження: рівень дестабілізуючих факторів – механічних, кліматичних, радіаційних, теплових і т. д. Система показників якості  $Z$  визначає придатність конструкції для використання її за тим чи іншим призначенням, яке регламентується технічним завданням на розроблення конструкції. Кожний показник залежить від характеру конструкції та обмежень.

Як зазначалося раніше, в основу проектування МЕА покладено принцип системного підходу, який при пошуку оптимального варіанта конструкції приладу полягає в тому, що відшуковується оптимальне рішення при одночасному врахуванні різних груп факторів і обмежень, які раніше мали місце на окремих етапах проектування. При цьому структура МЕА, її конструкція і технологія виробництва розглядаються з точки зору всієї системи.

Ефективність використання системного підходу залежить від виду МЕА. Цей підхід найефективніший при проектуванні цифрових пристроїв, які мають

регулярну структуру і дозволяє проводити моделювання при пошуку оптимальної конструкторської ієрархії з урахуванням різних обмежень. Для аналогових пристроїв системний підхід застосовувати значно важче, оскільки вони мають значно меншу регулярність структур внаслідок великої різноманітності виконуваних функцій. Пошук оптимального варіанта пов'язаний з визначенням екстремуму одного або декількох показників якості. Відрізняють локальний та глобальний екстремуми: при цьому слід знати, що локальних екстремумів може бути декілька, а глобальний – один. Досить часто виникає ситуація, при якій для того, щоб пристрій відповідав заданому показнику якості, достатньо знайти тільки один локальний екстремум. В цьому випадку маємо не оптимальне, а найбільш відповідне рішення і отримуємо скорочення строків прийняття рішення.

Робота конструктора має такі складові: творча – I (аналіз та синтез різних варіантів); технічна – II (розрахунки, розроблення КД); організаційна – III (керівництво виконавцями, перевірка та супроводження КД); виробнича – IV (супроводження виробу); корегувальна – V (внесення змін до КД). Аналіз варіантів конструкції можна виконати логіко-розрахунковим методом, евристичним методом і методом моделювання.

Евристичний метод – метод експертних оцінок – полягає в тому, що групі спеціалістів-експертів ставлять ряд запитань. Кожен з них, відповідно до своєї кваліфікації і рівня знань, дає відповіді на поставлені запитання, які потім усереднюються для кожного питання і таким чином отримується експертна оцінка. Метод моделювання характеризується тим, що аналіз проводять не на реальних об'єктах, а на їх моделях, в основному математичних, іноді – фізичних. В процесі конструювання використовується розумова діяльність та фізична праця конструктора. Розумова діяльність має місце на всіх етапах конструювання, але найбільшу вагу – в творчій частині роботи. Кожна нова конструкція використовує в своїй більшості компоненти вже існуючих конструкцій та нові компоненти.

На початкових етапах розроблення, коли необхідно синтезувати нові компоненти, найчастіше використовуються евристичні методи, які базуються на інтуїції конструктора і потребують перевірки. Такі методи дозволяють виконати розумову екстраполяцію за межами відомого.

Логіко-розрахункові методи базуються на використанні формалізованих процесів, повторне застосування яких дає порівнювані результати. В цьому випадку конструктор працює за певним алгоритмом.

Логіко-розрахунковий метод інтерполяції та екстраполяції базується на перенесенні динаміки та етапів, які мали місце у недалекому минулому, на сучасне та майбутнє. Цей метод застосовується у випадках, коли не очікується різних змін і не потрібен довгостроковий прогноз.

Логіко-розрахункові методи використовуються на завершальних етапах конструювання, коли завдання сформульоване і необхідно прискорити детальні та багаторазово повторювані операції проектування або вибрати оптимальний варіант. Використання логіко-розрахункових методів на початкових етапах проектування є не вигідним внаслідок низької гнучкості прийняття рішень в умовах нечіткості вихідних даних.

Етапи розумової діяльності людини поділяються на такі: а) підготовка, накопичення знань з даного питання, формулювання завдання (аналіз та початковий етап синтезу); б) концентрація зусиль – кропітка робота з метою синтезу нового рішення (генерація ідей та їх оцінювання); в) перерва – період відпочинку; г) відкриття – винахід нової ідеї або зміна вже відомої, яка веде до необхідного рішення; д) доведення роботи до кінця, оцінювання отриманих результатів. Таким чином, весь комплекс завдань, що вирішуються конструктором, поділяється на дві групи: а) генерація можливих варіантів конструкції; б) аналіз та оцінювання кожного варіанта конструкції з метою вибору найкращого.

Нові методи генерації ідей базуються на використанні унікальних можливостей людини та посиленні спеціалізації і концентрації зусиль

конструкторів. До них належать: діаграма ідей; матриця ідей; асоціація; інверсія; метод мозкової атаки; синектика.

Використання діаграми ідей ґрунтується на тому, що досить важко думати одночасно над кількома проблемами. Це дозволяє зобразити можливі варіанти конструкції МЕА у вигляді відповідної діаграми.

Матриця ідей – це засіб врахування різних варіантів конструкції шляхом їх упорядкованого перебору.

Метод асоціації базується на здатності конструктора так перетворювати отримані раніше знання, щоб їх можна було використовувати для нових умов.

Метод інверсії має на увазі розгляд завдання з протилежних позицій відносно загальноприйнятих, наприклад: порівняння параметрів конструкції починати не з нижнього значення, а з верхнього і под.

Метод мозкової атаки ґрунтується на можливості отримання нових ідей та рішень завдяки творчому співробітництву членів організованої групи. Найкращі результати дає група у складі 5 – 10 чоловік, яка працює не більше години. Для проведення такої атаки потрібні керівник, лідер та магнітофон. Керівник не має права робити критичні зауваження.

Метод синектики базується на збільшенні продуктивності розумової праці людини при використанні аналогій.

## **ЕТАПИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ.**

Виділяють такі основні етапи проектування нового мікроелектронного пристрою:

- системотехнічний - розробка виробу до рівня функціональних схем;
- схемотехнічний - розробка виробу до рівня принципів схем;
- конструкторський - розробка конструкторської документації.

Дотримання зазначених етапів проектування сприяє упорядкуванню процесу розробки, створює необхідні умови для контролю й корекції документації на різних стадіях проекту.

Системотехнічний етап проектування складається з аналізу декількох конкуруючих варіантів побудови пристрою, який розробляється, перевірки їхнього функціонування, обґрунтованого визначення вимог до вхідних вузлів і вибору оптимального рішення з кількох запропонованих за деяким критерієм. Якщо є лише один можливий варіант, один спосіб дії, одна структура системи, сама задача проектування зникає. Для того, щоб вона могла бути поставлена, необхідно, по-перше, мати або кілька можливих варіантів, або методи їх одержання та, по-друге, необхідно мати критерії переваги одного варіанта над іншим, тобто мати можливість порівнювати їх між собою. При виборі перевага віддається оптимальному варіанту. Таким чином, у постановці завдання проектування неявно виникає необхідність оптимізації.

Схемотехнічний етап проектування, або проектування на рівні принципів схем, починається з аналізу технічного завдання (ТЗ), розбиття на окремі вузли розроблювального виробу й завершується розробкою ТЗ на створення конструкторської та технологічної документації. Основне завдання етапу - розробка варіантів принципів схем вузлів виробу, які забезпечують задані вимоги до їхніх електричних характеристик. У процесі схемотехнічного проектування широко використовуються розрахунки за допомогою систем автоматизованого проектування (САПР), у результаті чого визначається найкращий з альтернативних варіантів. При цьому використовують бази даних, системи експертних оцінок, різні оптимізаційні процедури. Проте, досвід і кваліфікація інженера-проектувальника є визначальними в більшості випадків у схемотехнічному проектуванні.

Конструкторський етап проектування полягає в розробці топології друкованих плат, з'єднань, конструкції блоків, стійок, корпусу в цілому та передньої панелі керування. При розведенні друкованих плат використовують конструкторські САПР. При конструюванні необхідно враховувати обмеження, які виникають з тепловими режимами, паразитними та розподіленими параметрами конструктивних елементів схем.

Проектування не є послідовним переходом від одного етапу до іншого, більше низькому за рівнем. Фактично, після пророблення систем певного рівня складності доводиться повертатися назад, на більш високий рівень, і робити корекцію розрахунків. Таким чином, при проектуванні використовується метод послідовних наближень, коли рішення уточнюється на кожному наступному етапі. Саме такий процес і забезпечує перехід від "незнання" до "знання", у результаті якого створюється нова, відмінна від існуючої система.

## **Аналіз технічних умов та вимог замовника.**

Первинне завдання до проектування подається у вигляді вимог (формулювання проблеми) замовника, які мають бути вирішені за допомогою розроблюваного пристрою.

На цьому етапі необхідно формалізувати користувацькі вимоги, виділити функціональні, нефункціональні, критичні тощо.

Також необхідно визначити вид сигналів, які використовуються для передачі і перетворення інформації, сформулювати технічне завдання, а також виробити деяку ознаку - показник якості, що характеризує даний варіант, і правило, за яким системі із заданим значенням показника якості віддається перевага. Обраний критерій якості повинен чисельно характеризувати ступінь наближення до мети, сформульованої при постановці завдання, для досягнення якої створюється система.

## **Аналіз існуючих рішень. Пошук прототипів та аналогів.**

На цьому етапі проводиться класифікація формалізованого комплексу користувацьких вимог та визначення множини проблем, що мають аналогічні рішення.

Аналізується література з предметної області та визначаються рішення, які можуть слугувати прототипами розроблюваного. Аналізуються їх недоліки

та переваги, формується завдання відносно прототипу для задовільнення викладених вище вимог.

## **Системне проектування. Розробка структурної схеми пристрою.**

На цьому етапі проводиться аналіз декількох конкуруючих варіантів побудови пристрою, який розробляється, перевірки їхнього функціонування, обґрунтованого визначення вимог до вхідних вузлів і вибору оптимального рішення з кількох запропонованих за деяким критерієм. Якщо є лише один можливий варіант, один спосіб дії, одна структура системи, сама задача проектування зникає. Для того, щоб вона могла бути поставлена, необхідно, по-перше, мати або кілька можливих варіантів, або методи їх одержання та, по-друге, необхідно мати критерії переваги одного варіанта над іншим, тобто мати можливість порівнювати їх між собою. При виборі перевага віддається оптимальному варіанту. Таким чином, у постановці завдання проектування неявно виникає необхідність оптимізації.

Результатом даного етапу є структурна схема пристрою, що відображає його декомпозицію на блоки, викладені вимоги до кожного блоку окремо, у тому числі по вхідних і вихідних характеристиках, подана інформація про сигнали, щд передаються між блоками.

Якщо алгоритм роботи схеми є складним, то структурна схема має бути доповнена функціональною.

## **Визначення блоку для докладного проектування.**

Темою проекту є комплексний пристрій, повне проектування та макетування якого часто неможливе в рамках навчального процесу через часові та ресурсні обмеження. Тому для докладного проектування, моделювання та макетування може бути обраний один блок структурної схеми.

Блок повинен бути характерним щодо функціонального призначення схеми і достатньо невеликим, щоб бути змакетованим на наявних технічних ресурсах.

### **Формулювання часткового технічного завдання.**

Для обраного блоку формулюється окреме технічне завдання з урахуванням майбутньої побудови макету та виходячи з вимог, що їх висувають до даного сусідні блоки пристрою.

### **Обґрунтування схемного рішення та елементної бази блоку.**

Для виконання вимог технічного завдання, пропонованих до окремих каскадів і до проєктованого пристрою в цілому, можна використати вузли, побудовані по різних принципових схемах. Необхідно проаналізувати можливі варіанти принципових схем, оцінити їх потенційні можливості, визначити шляхи узгодження окремих каскадів. Заздалегідь неможливо дати точну рекомендацію, яку схему і з якими параметрами варто вибирати при заданих технічних умовах. Звичайно задані умови визначають тільки зовнішні характеристики пристрою, не зачіпаючи структури схеми та параметри її елементів, тому необхідно скласти кілька варіантів схем, після порівняння яких вибрати кращий варіант. Крім того, повинні бути враховані умови, що визначають вимоги до конструкції: максимально припустимі габаритні розміри, діапазон зміни температури, величина й характер зовнішніх полів, вібрації, параметри джерела харчування, надійність і т.д. З погляду технологічності, простоти конструкції, собівартості, можливості застосування готових функціональних вузлів; доцільно будувати пристрій з ідентичних каскадів.

Далі складають повну принципову схему пристрою, уточнюють типи інтегральних мікросхем і дискретних активних елементів, їхні режими і



параметри. Визначають наявність і місця включення допоміжних ланцюгів, ланцюгів регулювання та налагодження, ланцюгів зворотного зв'язку.

Варіанти принципів схем потрібно порівнювати по технічних, конструктивних та економічних показниках. Вибираючи варіанти принципів схем, варто оцінити можливість застосування типових схем радіоелектронної апаратури, функціональних модулів та інтегральних схем. Останній шлях значно зменшує вартість пристрою та сприяє поліпшенню його техніко-економічних показників. Застосування дискретних елементів повинно бути аргументовано.

У даному розділі курсового проекту містяться принципові схеми інтегральних мікросхем, що використовуються, характеристики транзисторів та інших компонентів.

Проектований пристрій повинен забезпечувати виконання заданих технічних умов з деяким запасом, тому що реальні елементи мають розкид параметрів, що при певному виборі показника виробу може вивести їх за поле допусків заданих технічних умов. Але варто враховувати, що зайвий запас за якісними показниками не є перевагою схеми, тому що він звичайно досягається або за рахунок ускладнення схеми, або за рахунок погіршення інших параметрів.

Рекомендується забезпечувати запас по всіх якісних показниках на 10...20 % у порівнянні із заданими технічними умовами.

## **Розрахункова частина. Технічне проектування блоку.**

Тут виконуються всі основні схемотехнічні розрахунки. Як правило, необхідно розрахувати всі елементи (резистори, конденсатори, котушки індуктивності, лінії затримки, трансформатори), обґрунтувати вибір транзисторів, діодів, мікросхем.

Електричний розрахунок каскадів варто починати з вихідного каскаду, оскільки вид навантаження, як правило, заданий, а за результатами розрахунку

можуть бути обчислені вхідні параметри, що визначають навантаження попереднього каскаду.

Розрахунок кожного каскаду являє собою окремий закінчений параграф, що повинен ґрунтуватися на заданих технічних умовах і результатах ескізного розрахунку функціональної схеми.

Для розрахунку використовуються методики, викладені в рекомендованій літературі. У тих випадках, коли такі методики відсутні, варто зробити аналіз схеми, одержати необхідні співвідношення для вторинних параметрів, а потім перетворити їх та одержати вирази для розрахунку компонентів.

У випадку застосування декількох ідентичних каскадів докладний розрахунок приводиться тільки для одного каскаду. Для інших каскадів даються результати розрахунку.

При розрахунках доводиться враховувати різні паразитні параметри (монтажні та міжелектродні ємності, індуктивності виводів, еквівалентні параметри кабелів, роз'ємів і т.п.), величини яких можуть бути визначені приблизно. Тому немає необхідності вести розрахунки з точністю, що перевищують точність вихідних даних. Надлишкове число значущих цифр у результатах обчислень може створити неналежне уявлення про точне значення отриманої величини.

Важливим питанням при електричному розрахунку є визначення технічних умов на окремі каскади і блоки. Для цього доцільно представити передбачувані часові діаграми роботи пристрою, виділити можливі основні джерела похибок і потім розподілити параметри, задані в технічному завданні на весь пристрій, між блоками. Наприклад, час затримки, коефіцієнт підсилення можна розподілити рівномірно між блоками, вхідний опір визначається першим каскадом, вихідний – останнім і т.д.

Результатом цього етапу є наступні креслення: схема електрична принципова та специфікація.

## **Моделювання блоку. Постановка машинного експерименту.**

На підставі розрахованих значень компонентів схеми, обраної елементної бази і конструктивних особливостей виготовлення здійснюється математичне моделювання роботи пристрою. При цьому визначаються карти робочих режимів і перевіряється, чи перебувають точки напруги і потужності в припустимих межах для кожного компонента або мікросхеми. Для цього, звичайно, використовуються програми САПР для схемотехнічного проектування. За допомогою цих програм обчислюються амплітудні та фазочастотні характеристики, часові діаграми, проводиться статистичний аналіз параметрів і допусків і т.і. Важливим питанням при цьому є правильний вибір моделей компонентів і врахування різних факторів, що впливають на роботу пристрою.

Для моделювання під час виконання курсового проекту рекомендована система SPICE, або її більш сучасні нащадки - Orcad, Workbench, Microcap та інші. незалежно від використаної системи САПР, обов'язковим до подання у пояснювальній записці є скрипт SPICE та моделі використаних компонент у його нотації.

## **Формулювання вимог до конструктивного виконання блоку, компоновки та електромагнітної сумісності.**

У цьому розділі проводять аналіз умов використання усього розроблюваного пристрою та обраного для докладного проектування блоку, наводять обґрунтування конструктивного виконання пристрою, технології виготовлення окремих модулів, систем сонтажу, корпусу та панелей керування.

Особливу увагу слід приділити питанням електромагнітної сумісності елементів у блоку та захисту системи від впливу зовнішнього середовища.

У конструкторсько-технологічній частині повинна бути виконана загальна конструктивна розробка і компонування пристрою та докладно

розроблена конструкція монтажно-складальної одиниці або функціонального вузла. Вона виконується на базі електричного розрахунку, з урахуванням особливостей пристрою і заданих технічних вимог. Орієнтовний обсяг цієї частини проекту 4...5 аркушів.

Конструкторсько-технологічна частина служить основним джерелом розробки креслень курсового проекту і повинна давати повні відомості про їхній зміст і об'єм. В цій частині остаточно уточнюються, вибираються і при необхідності розраховуються елементи, деталі, окремі вузли і їх розміщення; обираються матеріали і технологічні процеси, використовувані при виробництві пристрою.

При виборі та конструктивній розробці окремих вузлів і деталей необхідно прагнути до максимального використання стандартних і уніфікованих моделей вузлів, деталей (резисторів, конденсаторів, трансформаторів, котушок індуктивності, роз'ємів, елементів індикації, керування і т.д.)

Загальна конструкторська розробка і компоновання пристрою визначає розміщення деталей, органів керування, живлення, контролю, механічного і електричного захисту. Параметри багатьох деталей і вузлів при їхній установці в пристрій можуть значно змінюватися. Крім того, параметри окремих вузлів і ділянок схеми можуть змінюватися під впливом електромагнітних і електростатичних полів сусідніх вузлів, може виникнути небажаний (паразитний) зв'язок між струмопровідними лініями схеми.

У малогабаритних конструкціях необхідно особливо ретельно забезпечувати всі заходи боротьби з паразитними зв'язками. Тому від правильного і продуманого компоновання в значній мірі залежать експлуатаційні характеристики пристрою: надійність, зручність, простота експлуатації, ремонтоспроможність.

Конструкція та компоновання пристрою визначаються також місцем його установки, типами застосованих деталей, їх електричними й тепловими режимами, способами виконання монтажу та умовами захисту від зовнішніх

впливів. Тип деталей і габаритні розміри визначають із умов їхньої роботи в схемі (номінальні напруги конденсаторів, припустимі потужності розсіювання резисторів, оцінка необхідності застосування радіаторів для транзисторів та ін.), загального конструктивного рішення та вартості деталей.

Для забезпечення технологічності пристрою доцільно вибирати мінімальну кількість типів активних елементів, типорозмірів і номіналів деталей та елементів конструкції.

При визначенні компонування пристрою необхідно:

вибрати конструкцію корпусу пристрою, його несучої підставки (шасі) та передньої панелі (якщо така буде передбачена);

визначити орієнтовно його габаритні розміри;

зв'язати стикування розроблювальної конструкції з пристроєм, для якого проектується виріб;

визначити місця і спосіб електричних і механічних з'єднань;

розмістити основні вузли в об'ємі корпусу і на шасі.

При цьому за рахунок раціонального взаємного розміщення вузлів, деталей і струмонесучих провідників, застосування екранування та інших заходів передбачити захист від виникнення паразитних електричних і магнітних зв'язків і від зв'язків, що виникають по загальних ланцюгах живлення;

передбачити охолодження пристрою;

розмістити органи керування;

вибрати і обґрунтувати спосіб виконання електричного монтажу;

передбачити спеціальні заходи, спрямовані на задоволення заданих конструктивних параметрів (підвищення вібрації, вологість, перепад температур, тисків і т.п.);

при наявності в конструкції громіздких і важких деталей домагатися рівномірного розподілу центрів ваги по площі шасі або виділити каскади із громіздкими деталями (радіатори, потужні транзистори, трансформатори і т.п.) в окремі функціональні вузли й блоки.

Розробка конструкції функціонального вузла являє собою докладну розробку ескізу, робочого креслення і монтажної схеми. Рекомендуються монтажні схеми і конструкції функціональних вузлів виконати на базі друкованого монтажу.

## **Макетування та дослідження макету блоку.**

Початковий варіант схеми, отриманий теоретичним шляхом, має потребу в практичній перевірці, що проводять на макеті виробу. Виготовлення макета - один з найбільш трудомістких і тривалих етапів процесу проектування схеми. Для його створення необхідні електрорадіоелементи конструкцій, матеріали. Дуже часто для виготовлення макета доводиться розробляти ескізний варіант конструкції вузла, який проектується.

Макет блоку має бути виконаний таким чином, щоб полегшити його дослідження на обладнанні лабораторій кафедри.

Результатом дослідження макету мають бути експериментально отримані характеристики, які перевіряються на відповідність тим, що були отримані у результаті моделювання.

## **Оформлення пояснювальної записки.**

Пояснювальна записка являє собою текстовий конструкторський документ, оформлений відповідно до вимог ЄСКД та ДСТУ 3008-95 “Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення”. Орієнтовний загальний обсяг пояснювальної записки 20-30 сторінок.

Пояснювальна записка повинна містити:

титульний аркуш та заповнене і підписане керівником та студентом завдання на проект (див. Додаток В);

аналіз завдання на КП, огляд літератури по темі КП, опис принципів роботи пристроїв, уточнення технічного завдання;

аналіз варіантів виконання пристрою, обґрунтування критеріїв вибору одного з них;

вибір остаточного варіанту структурної схеми, ескізний розрахунок блоків;

опис принципу роботи схеми;

вибір та обґрунтування використання елементної бази, розрахунок вузлів принципової схеми;

докладний розрахунок номіналів елементів схеми;

докладний розрахунок необхідних параметрів пристрою в різних режимах, порівняння отриманого результату з заданими вимогами;

аналіз параметрів та похибок;

моделювання роботи пристрою за допомогою наявних програмних пакетів, порівняння результатів моделювання з заданими вимогами та з результатами аналітичних розрахунків;

зображення необхідних для пояснення роботи схеми осцилограм напруг та струмів;

довідкові дані про елементи схеми, які використовуються у КП (документацію на мікросхеми, транзистори та т.і. – обов'язково включити у додатки до пояснювальної записки);

загальні висновки по результатам проектування;

список використаних джерел (включаючи посилання в мережі Інтернет).

Креслення до курсового проекту виконуються окремо на аркушах паперу формату А4 – А3 та підшиваються разом з пояснювальною запискою. Курсовий проект повинен містити креслення схеми структурної та схеми електричної принципової, а також креслення плати друкованої. До кожного креслення обов'язково складаються специфікації з переліками елементів.

Пояснювальна записка до курсового проекту служить звітом про роботу в процесі проектування, тому на неї поширюються вимоги й правила оформлення, пропоновані до звітів про науково-дослідну роботу.

# РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.

## Склад пояснювальної записки

Пояснювальна записка до курсового проекту повинна містити такі структурні складові (у вказаній послідовності):

- **титульний аркуш** – готується на комп'ютері українською мовою;
- **завдання на курсовий проект**;
- **реферат українською мовою** (*для студентів-іноземців – російською мовою*);
- **реферат іноземною мовою**, яку вивчає студент в університеті (*для студентів-іноземців – англійською мовою*);
- **зміст**;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (*за необхідності*);
- **вступ**;
- **розділи КП**, які розкривають основний зміст роботи відповідно до переліку питань, поставлених у завданні. Кожний розділ може закінчуватися короткими висновками;
- загальні **висновки** по всьому курсовому проекту;
- **перелік посилань**;
- **додатки з кресленнями**.

Обов'язкові структурні частини ПЗ виділено жирним шрифтом.

## Вимоги до рефератів курсового проекту

Реферат – коротке та точне викладення змісту проекту, яке включає основні фактичні відомості та висновки, без додаткової інтерпретації або критичних зауважень автора реферату. Він виконується для того, щоб надати



інформацію про КП, надати можливість читачеві встановити основний зміст роботи, визначити для себе її цінність та вирішити, чи потрібно звертатися до повного тексту.

Реферат повинен бути лаконічним, мати чіткі та переконливі формулювання, в ньому повинна бути відсутня другорядна інформація.

Реферат КП повинен містити такі відомості (у вказаній послідовності):

- об’єкт та предмет дослідження або розроблення;
- мета проекту;
- по кожному розділу КП:
  - 1) методи дослідження та апаратура;
  - 2) короткий зміст;
  - 3) результати та їх новизна;
  - 4) основні конструктивні, технологічні й техніко-експлуатаційні характеристики та показники;
  - 5) ступінь впровадження результатів;
- взаємозв’язок КП з іншими роботами;
- галузь застосування;
- рекомендації щодо використання результатів роботи;
- економічна ефективність;
- значущість роботи та висновки;
- прогнозні припущення про розвиток об’єкту дослідження або розроблення;
- відомості про обсяг КП, кількість частин КП, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків, кількість джерел згідно з переліком посилань (усі відомості наводять, включаючи дані додатків);
- перелік ключових слів.

У випадку, коли по одному з цих пунктів інформація відсутня, у рефераті його не згадують. Реферати КП повинні мати обсяг не більше 1 сторінки. Зміст рефератів українською та іншими мовами повинен бути ідентичний.

## **Загальні вимоги до оформлення пояснювальної записки**

### **Текст пояснювальної записки**

Текст пояснювальної записки друкують на одному боці білого паперу формату А4. Весь текст ПЗ необхідно вирівнювати по ширині сторінки. Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту КП і дорівнювати 1,25 см. Відступи в тексті перед та після абзаців не робити.

Поля у ПЗ до курсового проекту повинні мати такі розміри: верхнє, лівє та нижнє – 20 мм, правє – 10 мм; відстань від тексту до рамки повинна становити 5 мм.

У всьому тексті, включаючи заголовки, використовують 14-й кегль, шрифт гарнітури Times New Roman та полуторний інтервал. Як виняток, у таблицях, написах на рисунках та під

рисунками, у додатках та в текстах комп'ютерних програм можна використовувати 12-й кегль та одинарний інтервал.

Під час виконання ПЗ необхідно дотримуватись рівномірної щільності, контрастності й чіткості зображення впродовж усього тексту. У ПЗ мають бути чіткі, нерозпливчасті лінії, літери, цифри та інші знаки. Всі лінії, літери, цифри і знаки повинні бути однаково чорними впродовж усього тексту. Окремі слова, формули, знаки, які вписують у надрукований текст, мають бути чорного кольору; щільність вписаного тексту має максимально наближуватись до щільності основного зображення.

Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого зображення машинописним способом або від руки. Виправлене повинно бути чорного кольору.

Прізвища, назви установ, організацій, фірм та інші власні назви у тексті наводять мовою оригіналу. Допускається транслітерувати власні назви і

наводити назви організацій у перекладі на мову ПЗ, додаючи (при першій згадці) оригінальну назву.

### Основні написи

Для курсових проектів текст ПЗ друкується з рамкою та основним написом (по ГОСТ 2.104-68) (рис. 4.1). Реферат українською мовою виконується на аркуші з великим основним написом, всі інші сторінки пояснювальної записки – з малим основним написом. Графи основного напису заповнюють українською мовою.

					(2)			
					(1)	Літ	Маса	Масшт
	Арк	№ докум	Підп	Дата		(4)	(5)	(6)
	Розроб					Аркуш(7)		Аркушів(8)
	Керівник					(9)		
	Конс-т							
	(10)	(11)	(12)	(13)	(3)			
	Зав каф							

Рисунок 4.1 – Вигляд рамки та нумерація граф основного напису

Якщо курсовий проект виконується з допомогою редактора Word, можна скористатися шаблонами рамок, які можна завантажити з сайту кафедри.

Графи основного напису заповнюються згідно вимог ГОСТ 2.104-68. В графах основного надпису (номер граф показано в дужках на рис. 4.1) вказують:

- в графі 1 – найменування виробу;
- в графі 2 – шифрове позначення документа;
- у графі 3 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на кресленні деталі);
- графу 4 не заповнюють;

у графі 5 – масу виробу по ГОСТ 2.109-73(87);

у графі 6 – масштаб проставляється у відповідності до ГОСТ 2.302-68(80) та ГОСТ 2.109-73(87));

у графі 7 – порядковий номер аркушу документу (на документах, що налічують один аркуш, графу не заповнюють);

у графі 8 – загальна кількість аркушів документа (графу заповнюють тільки на першому аркуші);

у графі 9 – ФЕЛ НТУУ;

у графі 10 – характер роботи, виконаної особою, яка підписує документ. (На кресленнях необхідні записи: «розробив», «консультант», «керівник», «зав. кафедрою»);

у графі 11 – прізвища осіб, що підписують документ;

у графі 12 – підписи осіб, прізвища яких зазначені у графі 11;

у графі 13 – дату підписання документа.

Всі складові частини курсового проекту (пояснювальна записка, креслення, схеми та ін.) повинні мати шифрові позначення, які наводяться у основному написі (в графі 2) на кожному аркуші, та складаються згідно вимог ГОСТ 2.202-80.

Шифрове позначення в дипломному проекті має таку структуру:

**AAAA.BB.CCCCCC.DDDEE**

*AAAA* – шифр кафедри;

*BB* – тип роботи;

*CCCCCC* – шифр залікової книжки студента-дипломника;

*DDD* – тризначний порядковий реєстраційний номер документа дипломного проекту (пояснювальна записка - 001, креслення - 002, 003, ... );

*EE* – код документа проекту, який визначається згідно ГОСТ 2.701-84.

Схеми в залежності від елементів, що входять до складу виробу, поділяються на наступні види, які позначаються літерами: електричні - Е,

гідравлічні - Г, вакуумні - В, пневматичні - П, кінематичні - К, оптичні - Л, газові - Х, автоматизації - А, комбіновані - С.

В залежності від основного призначення схеми поділяються на типи, які позначаються цифрами: структурні - 1, функціональні - 2, принципові (повні) - 3, з'єднань (монтажні) - 4, підключення - 5, загальні - 6, розміщення - 7, інші - 8, об'єднані - 0.

*Приклад:*

**ФБМЕ.КП.ДМ4169.001ПЗ** - пояснювальна записка (ПЗ) до курсового проекту (КП) студента групи ДМ-41 з номером залікової книжки 96 (ДМ4169) кафедри ФБМЕ.

**ФБМЕ.КП.ДМ4169.003К1** - схема кінематична (К) структурна (1) на третьому (003) кресленні у курсовому проекті студента групи ДМ-41 з номером залікової книжки 69 (ДМ4169) кафедри ФБМЕ.

**ФБМЕ.КП.ДМ4169.018ПЛ7** - перелік елементів (П) до оптичної (Л) схеми розташування (7), яка розміщена на вісімнадцятому (018) кресленні у курсовому проекті студента групи ДМ-41 з номером залікової книжки 69 (ДМ4169) кафедри ФБМЕ.

### **Структурний поділ пояснювальної записки**

Пояснювальну записку умовно поділяють на:

- вступну частину;
- основну частину;
- додатки.

Вступна частина повинна містити структурні елементи «титульний аркуш», «реферат», «abstract», «зміст». Вступна частина може містити також структурний елемент «перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів».

Основна частина повинна містити такі структурні елементи:

- вступ;
- суть пояснювальної записки;

- висновки;
- перелік посилань.

Суть ПЗ викладають, поділяючи матеріал на розділи. Розділи можуть поділятися на підрозділи і пункти. Пункти, якщо це необхідне, поділяють на підпункти.

### **Змістовний склад структурних елементів пояснювальної записки**

До структурного елементу «ЗМІСТ» включають: перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (повну назву); вступ; послідовно перелічені назви усіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) суті ПЗ; висновки; перелік посилань; назви додатків і номери сторінок, які містять початок матеріалу. У змісті можуть бути перелічені номери й назви ілюстрацій та таблиць з зазначенням сторінок, на яких вони вміщені.

Зміст складають, якщо ПЗ містить не менш, ніж два розділи, або один розділ і додаток за загальної кількості сторінок не менше десяти.

Усі прийняті у проекті малопоширені умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни пояснюють у переліку, який вміщують безпосередньо після змісту, починаючи з нової сторінки. Незалежно від цього за першої появи цих елементів у тексті наводять їх розшифровку.

Вступ та висновки не можна ділити на підрозділи, пункти або підпункти.

Перелік джерел, на які є посилання в основній частині ПЗ, наводять у кінці тексту, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту мають бути посилання.

Бібліографічні описи в переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті. Порядкові номери описів у переліку є посиланнями в тексті (номерні посилання), записаними у квадратних дужках. Бібліографічні посилання у переліку наводять відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи.

## **Оформлення тексту пояснювальної записки**

Структурні елементи «РЕФЕРАТ», «ABSTRACT», «ЗМІСТ», «ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ» не нумерують, а їх назви правлять за заголовки структурних елементів.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки.

Заголовки структурних елементів ПЗ і заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка (без врахування абзацного відступу) і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Пункти і підпункти можуть мати заголовки. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовку розділу не допускається.

Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має дорівнювати двом рядкам. Відстань між основами рядків заголовку, а також між двома заголовками приймають такою, як у тексті.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

У змісті номери та назви розділів, підрозділів, пунктів та підпунктів друкують таким самим шрифтом, як і в тексті пояснювальної записки, додержуючись полуторного інтервалу. Проміжок між назвою та номером сторінки заповнюється крапками.

## **Нумерація сторінок та частин у пояснювальній записці**

Сторінки ПЗ до курсового проекту слід нумерувати арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту ПЗ. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок. Номер сторінки на титульному аркуші не проставляють. Ілюстрації й таблиці, розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок ПЗ. При нумерації сторінок пояснювальної записки аркуш завдання враховується як одна сторінка (друга сторінка ПЗ).

У пояснювальній записці до КП номер сторінки проставляється у відповідній графі основного напису на кожному аркуші (крім завдання).

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти ПЗ слід нумерувати арабськими цифрами. Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах викладення суті роботи і позначатися арабськими цифрами з крапкою, наприклад, 1., 2., 3. і т. д.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою, наприклад, 1.1., 1.2. і т. д.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу або підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу і порядкового номера пункту, або з номера розділу,

порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремлених крапкою, з крапкою після номеру, наприклад, 1.1., 1.2., або 1.1.1., 1.1.2. і т. д.

Якщо текст поділяють тільки на пункти, їх слід нумерувати, за винятком додатків, порядковими номерами.

Номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу, порядкового номера пункту і порядкового номера підпункту, відокремлених крапкою, наприклад, 1.1.1.1., 1.1.1.2., 1.1.1.3. і т. д.



Якщо розділ, не маючи підрозділів, поділяється на пункти і далі — на підпункти, номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера пункту і порядкового номера підпункту, відокремлених крапкою, наприклад, 1.1.3., 3.2.11. і т. д.

Якщо розділ або підрозділ складається з одного пункту, або пункт складається з одного підпункту, його нумерують.

## Ілюстрації

В ПЗ рисунки – важливий елемент, який за значенням рівноцінний тексту і перевершує його за наочністю та інформативністю. Рисунки повинні відображувати результати, отримані в проекті, і, разом з цим, доповнювати текст новою інформацією. Слід пам'ятати, що в багатьох випадках тільки за допомогою рисунка можливо донести суть викладення. Тому вибору змісту і композиції рисунків слід надавати першорядного значення.

Рисунки конструкцій приладів, їх вузлів та деталей, на відміну від креслень, виконують без другорядних елементів та спрощеним зображенням. Найкраще сприймаються рисунки, при розгляданні яких немає потреби переводити погляд за поясненнями до основного чи підрисункового текстів. З огляду на це, найменування, характеристики, значення елементів принципівих схем бажано розміщувати на полі рисунка, використовувати загальноприйняті символи, значки і т. п.

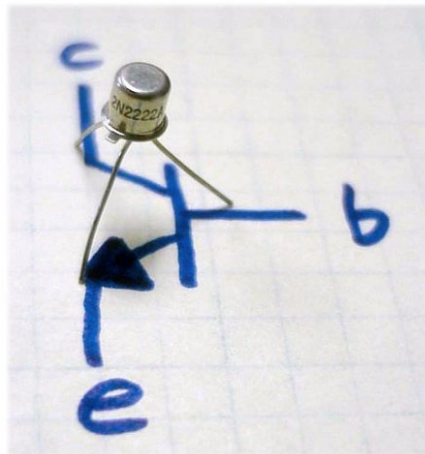
При зображенні схем, слід попередньо ретельно продумати композицію елементів відповідно до «логіки функціонування», що допомагає читачеві у сприйнятті рисунка.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розміщувати у ПЗ безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у тексті ПЗ.

Якщо ілюстрації створені не автором ПЗ, необхідно при поданні їх у роботі дотримуватись вимог чинного законодавства про авторські права. Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, розміщені у пояснювальній записці, мають відповідати вимогам стандартів «Единой системы конструкторской документации» та «Единой системы программной документации».

Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності під ілюстрацією до назви розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст) (рис. 4.2).

Ілюстрації необхідно розміщувати одну під одною. Сам рисунок, підрисунковий текст та назву ілюстрації необхідно розміщувати на сторінці з вирівнюванням по центру без врахування абзацного відступу. Перенесення підрисункового тексту або назви рисунка на наступну сторінку не допускається. Розташування тексту справа та зліва від ілюстрації не допускається.



Підрисунковий напис, який виконують 12-м шрифтом з одинарним інтервалом

Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд транзистора

Після назви ілюстрації перед подальшим текстом записки необхідно залишити один незаповнений рядок. У випадку, якщо на ілюстрації присутні буквені або цифрові позначення (нумерація графіків, кривих, інших елементів

зображення, аббревіатури, скорочення тощо), їх необхідно розшифрувати або в підрисунковому тексті, або у тексті пояснювальної записки. В останньому випадку після назви рисунка необхідно в дужках вказати "пояснення в тексті".

Ілюстрація позначається словом «Рисунок \_\_\_\_\_», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, наприклад, «Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд транзистора».

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках.

Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад, рисунок 3.2 — другий рисунок третього розділу. Якщо у ПЗ вміщено тільки одну ілюстрацію, її нумерують.

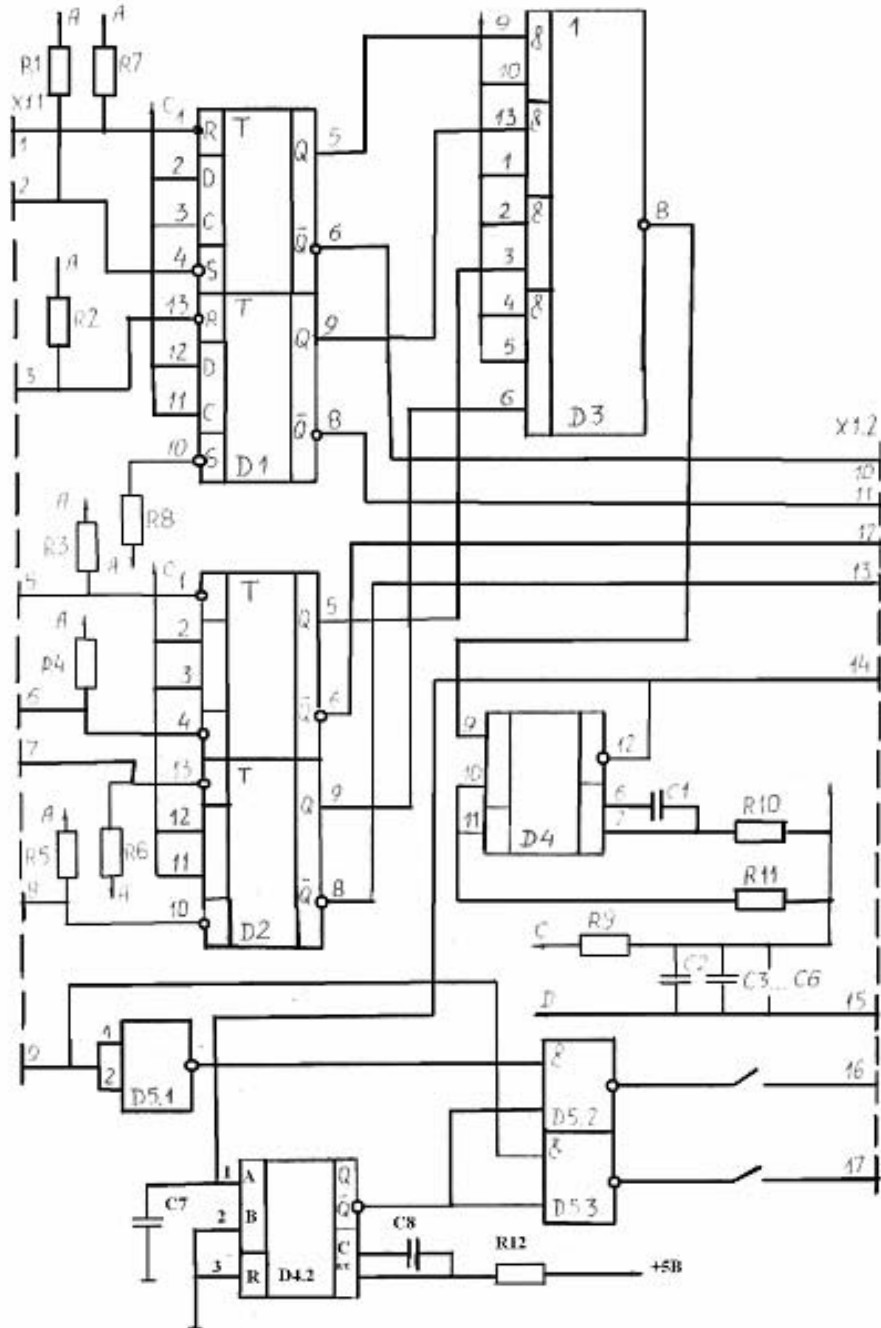


Рисунок 4.3

Якщо ілюстрація не вміщується на одній сторінці, можна переносити її на інші сторінки, вміщуючи назву ілюстрації на першій сторінці, пояснювальні дані — на кожній сторінці, і під ними позначають: «Рисунок \_\_\_\_, аркуш \_\_\_\_».

Ілюстрацію, яка не вміщується по ширині сторінки, розташовують разом з назвою на окремій сторінці вздовж більшого боку аркуша, так, щоб для її

перегляду та зручного прочитання назви аркуш з ілюстрацією потрібно було повертати за годинниковою стрілкою. В цьому випадку підрисунковий текст та назву необхідно розташувати вздовж більшого боку аркуша під ілюстрацією (рис. 4.4).

Ілюстрації у вступі та висновках до роботи необхідно нумерувати римськими цифрами наскрізною нумерацією в межах структурних елементів «ВСТУП» та «ВИСНОВКИ», наприклад, «Рисунок I», «Рисунок IV – Схема розміщення».

Ілюстрації, за необхідності, можуть бути перелічені в змісті з зазначенням їх номерів, назв і номерів сторінок, на яких вони вміщені.

## Графіки

Особливий вид рисунків – графіки, які відображають функціональні залежності і можуть передавати не тільки якісну, а й кількісну інформацію. Стандартом передбачені такі основні правила оформлення графіків.

**Вісі координат.** Значення величин, що пов'язані функціональною залежністю, яка зображується, слід відкладати на осях координат у вигляді шкал. Графіки для якісно-інформаційного зображення допускається виконувати без шкал значень величин (рис. 4.5). В такому випадку осі закінчують стрілками, які вказують напрямок зростання значень величин. Допускається застосовувати стрілки і у графіках зі шкалами – за межами шкал (рис. 4.6) або паралельно осям координат.

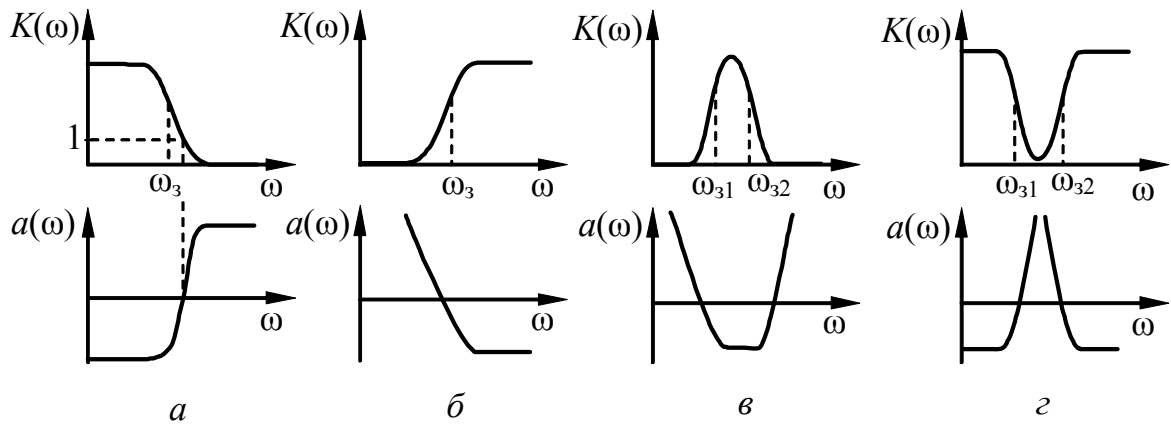


Рисунок 4.5 – Амплітудно-частотні та фазо-частотні характеристики фільтрів:

$a$  – ФНЧ;  $б$  – ФВЧ;  $в$  – СФ;  $г$  – ЗФ

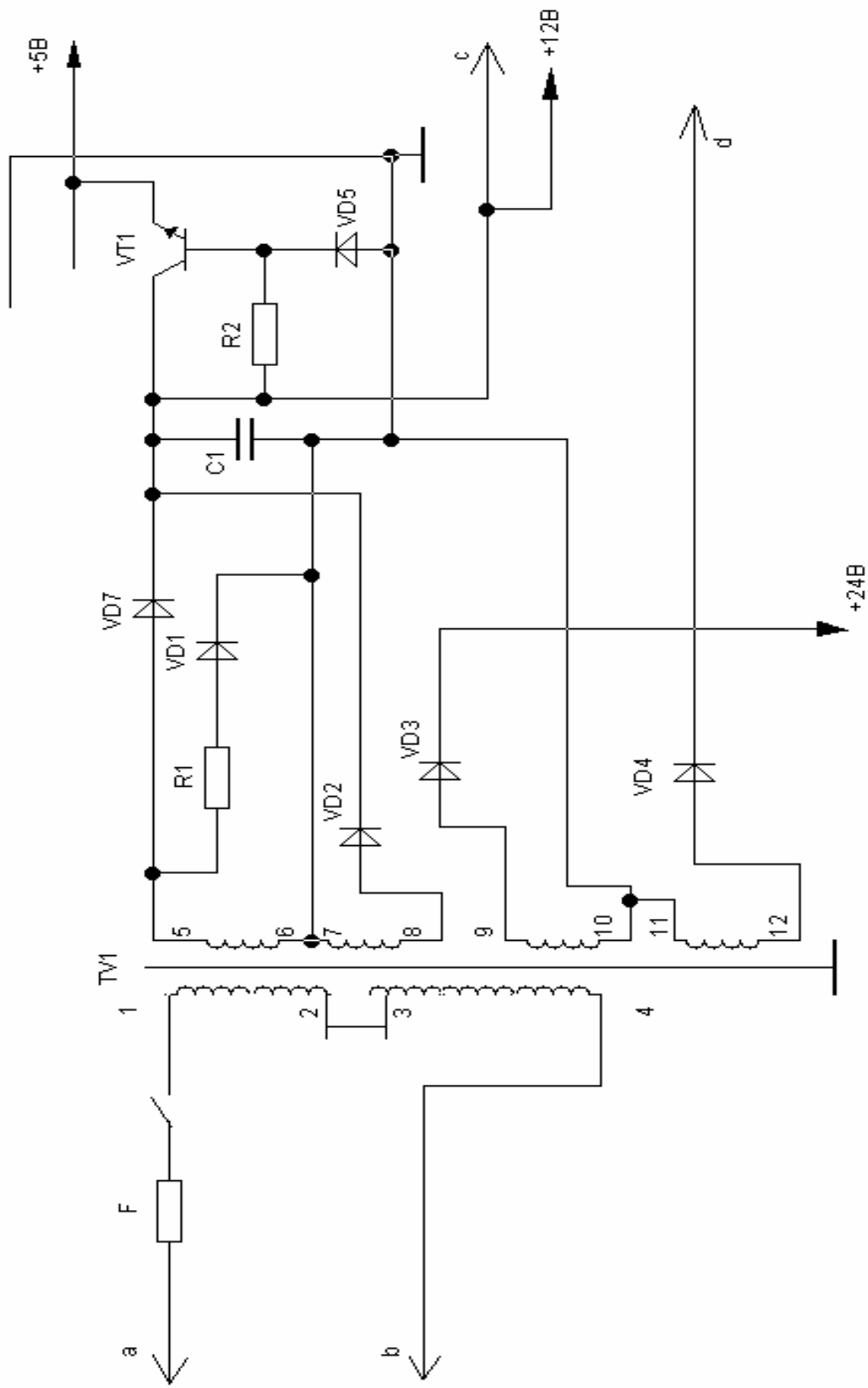


Рисунок 4.4 – Зразок виконання рисунку, який не вміщується по ширині аркуша

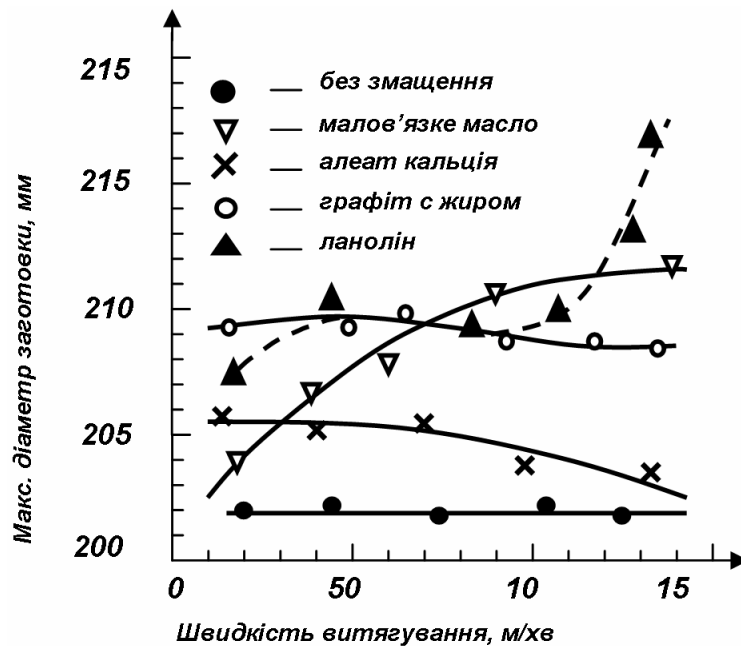


Рисунок 4.6 – Графік зі шкалами для зображення функціональної залежності

У прямокутній системі координат незалежну змінну, як правило, відкладають по горизонтальній осі (осі абсцис).

Додатні значення величин відкладають на осях, як правило, вправо та вгору від точки початку відліку. У полярній системі координат початок відліку кутів (кут  $0^\circ$ ) повинен знаходитися на горизонтальній або вертикальній осі (рис. 4.7). Додатній напрямку кутів повинен відповідати напрямку обертання проти годинникової стрілки. При виконанні графіків у просторовій системі трьох координат, їх зображують в аксонометричній проекції по ГОСТ 2.317-80.

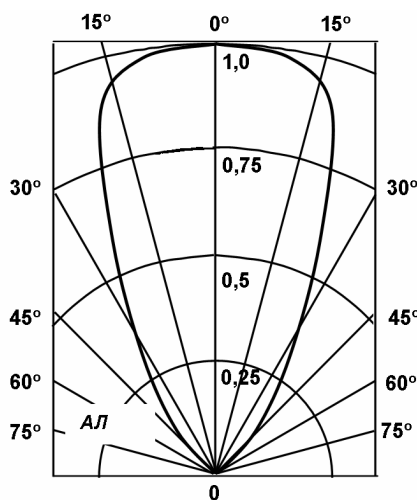




Рисунок 4.7 – Графік для зображення функціональних залежностей у полярній системі координат

**Масштаби, шкали та координатна сітка.** Значення змінних величин відкладають на осях координат у лінійному (рис. 4.6) або нелінійному (логарифмічному) масштабах відтворення. Графіки без шкал виконують тільки у лінійному масштабі відтворення.

Для побудови шкал слід застосовувати координатні осі або обмежуючі лінії координатної сітки. Координатні осі як шкали величин розділяють на інтервали одним із способів: координатною сіткою (рис. 4.7); подільними штрихами (рис. 4.6); сполученням координатної сітки і подільних штрихів (рис. 4.8).

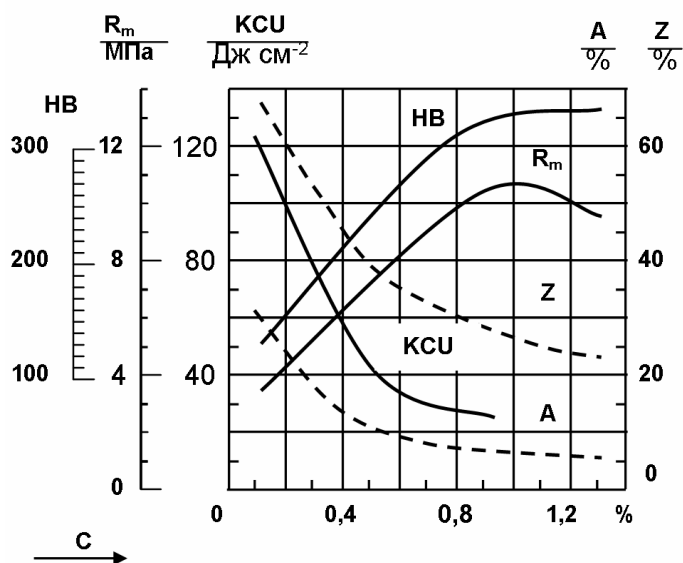


Рисунок 4.8 – Графік для зображення функціональних залежностей, які виконані з декількома шкалами

На графіках, які відображують декілька функцій різних змінних, а також на графіках, в яких одна і та сама змінна повинна бути відтворена одночасно у різних одиницях, допускається використовувати в якості шкал як координатні

осі, так і лінії координатної сітки, які обмежують поле графіку, або (та) прямі, які розташовані паралельно координатним осям (рис. 4.8).

Шкали, розташовані паралельно координатній осі, слід розділяти тільки подільними штрихами (рис. 4.8). Відстань між подільними штрихами або (і) лініями координатної сітки вибирають, враховуючи призначення графіку і зручність відліку з інтерполяцією. Поруч із подільними штрихами або лініями сітки, які відповідають початку і кінцю шкали, повинні бути вказані числа (значення величин). Нуль слід вказувати один раз у точці перетину шкал, якщо він є початком відліку. Подільні штрихи, відповідні кратним інтервалам, дозволяється подовжувати (рис. 4.6). Числа шкал слід розміщувати поза полем графіку і розташовувати горизонтально, вразі необхідності допускається наносити їх біля шкал всередині поля графіку (рис. 4.7). Багатозначні числа виражають як кратні  $10^n$  ( $n$  – ціле число) для даного діапазону шкали.

**Лінії і точки.** Графіки виконують стандартними лініями по ГОСТ 2.303-68(89). Вісі координат, вісі шкал, які обмежують поле графіку, виконують суцільними основними лініями. Лінії координатної сітки і подільні штрихи – суцільною тонкою лінією. Дозволяється виконувати лінії сітки, які відповідають кратним графічним інтервалам, суцільною лінією товщиною  $2s$ .

На графіку однієї функціональної залежності її зображення слід виконувати суцільною лінією товщиною  $2s$ . Дозволяється зображати функціональну залежність суцільною лінією меншої товщини (товстою чи тонкою) у випадках, коли потрібно забезпечити необхідну точність відліку.

При зображенні на одному графіку декількох залежностей допускається зображувати їх лініями різних типів, наприклад, суцільною та штриховою.

Якщо в певній області співпадають дві та більше ліній, слід креслити одну з них (див. рис. 4.6). Вразі збігу лінії функціональної залежності з віссю координат чи лінією сітки слід креслити лінію функціональної залежності. Характерні точки графіка, позначені числами, літерами, символами і т.п., допускається зображувати кружечком (див. рис. 4.5). На шкалах допускається наносити числові значення величин для характерних точок.

Точки графіку, отримані вимірюванням чи розрахунком, позначають графічно: кружечком, хрестиком тощо та роз'яснюють в пояснювальній частині графіку (текстовій чи графічній), що розміщується перед найменуванням рисунку чи на вільному місці поля графіку.

Перетин надписів та ліній не допускається. Якщо місця недостатньо, слід переривати лінію (крім графіків, виконаних на папері з надрукованою координатною сіткою).

**Позначення величин.** Змінні величини слід вказувати таким чином: символом, найменуванням, математичним виразом функціональної залежності. На графіку без шкал, позначення величин слід розміщувати біля стрілки, якою закінчується вісь. На графіку зі шкалами, позначення величин слід розміщувати біля середини шкали з її зовнішнього боку, а при поєднанні символу з позначенням одиниці фізичної величини у вигляді дробу – в кінці шкали після останнього числа.

У випадках, коли на одному графіку зображуються дві чи більше функціональних залежностей, біля ліній, що зображують залежності, допускається проставляти найменування та символи відповідних величин чи порядкові номери. Символи та номери повинні бути роз'яснені в пояснювальній записці.

У випадках, коли на графіку системою ліній зображується функціональна залежність трьох змінних, відповідні числові значення (параметри) змінної величини вказують біля окремих ліній системи на полі графіку чи поза полем графіку – там, де не нанесена шкала.

**Нанесення одиниць фізичних величин.** Одиниці фізичних величин слід наносити одним із таких способів:

- в кінці шкали між останнім та передостаннім числами шкали (якщо місця недостатньо, останнє число допускається не наносити);
- разом з найменуванням змінної величини після коми;

– в кінці шкали після останнього числа разом з позначенням змінної величини у вигляді дроби, в числівнику якого наносять позначення змінної величини, а в знаменнику – позначення її одиниці.

Одиниці кутів (градуси, хвилини, секунди) слід наносити один раз – біля останнього числа шкали. За необхідності, допускається їх наносити біля кожного числа шкали.

## Таблиці

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць.

Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, а також лінії зліва, справа і знизу, що обмежують таблицю, можна не проводити, якщо їх відсутність не ускладнює користування таблицею. Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті ПЗ.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком таблиць, що наводяться у додатках. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 4.1 – перша таблиця сьомого розділу. Якщо у ПЗ одна таблиця, її нумерують.

Таблиця 4.1 – Приклад розташування та оформлення таблиці, яка має довгу назву, що займає кілька рядків


Продовження таблиці 4.1

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва має бути стислою і відбивати зміст таблиці. До назви та після таблиці необхідно залишити по одному вільному рядку.

Якщо рядки або графи таблиці виходять за межі формату сторінки, таблицю поділяють на частини, розміщуючи одну частину під одною, або поруч, або переносячи частину таблиці на наступну сторінку, повторюючи в кожній частині таблиці її головку і боковик.

При поділі таблиці на частини необхідно її головку або боковик замінити відповідно номерами граф чи рядків, нумеруючи їх арабськими цифрами у першій частині таблиці.

Слово «Таблиця \_\_\_\_» з зазначенням номеру вказують один раз зліва над першою частиною таблиці з абзацного відступу, над іншими частинами пишуть: «Продовження таблиці \_\_\_\_» з зазначенням тільки номера таблиці.

Між текстом ПЗ та заголовком таблиці, а також після таблиці перед подальшим текстом необхідно залишити по одному порожньому рядку (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2


Заголовки граф таблиці починають з великої літери, а підзаголовки – з малої, якщо вони складають одне речення з заголовком. Підзаголовки, що мають самостійне значення, пишуть з великої літери. В кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф вказують в однині.

Якщо у одній і тій самій графі наводяться цілі числа і числа з десятковими частками, слід цілі числа без десяткових знаків після коми доповнювати відповідним числом нулів. Ставити лапки замість цифр, марок, символів, що повторюються, не допускається. Якщо дані в якомусь рядку не приводяться, то у графі ставлять прочерк.

Інші вимоги до виконання таблиць – відповідно до чинних стандартів на технічну документацію.

Таблиці, за необхідності, можуть бути перелічені у змісті з зазначенням їх номерів, назв (якщо вони є) та номерів сторінок, на яких вони розміщені.

## Переліки

Переліки, за потреби, можуть бути наведені всередині пунктів або підпунктів. Перед переліком ставлять двокрапку. Перед кожною позицією переліку слід ставити малу літеру української абетки з дужкою, або, не нумеруючи — дефіс (перший рівень деталізації).

Для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужкою (другий рівень деталізації).

*Приклад:*

а) форма і розмір клітин;

б) живий склад клітин:

1) частини клітин;

2) неживі включення протопластів;

в) утворення тканини.

Переліки першого рівня деталізації друкують малими літерами з абзацного відступу, другого рівня — з відступом відносно місця розташування переліків першого рівня.

## Формули та рівняння

## Формули, на які є посилання

Формули та рівняння, на які є посилання в тексті ПЗ, розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки без врахування абзацного відступу.

Вище і нижче кожної формули або рівняння потрібно залишити один вільний рядок.

Формули і рівняння у ПЗ (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу.

Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула першого розділу. Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в круглих дужках у крайньому правому положенні на рядку.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні.

Пояснення значення кожного символу та числового коефіцієнта слід давати з нового рядка з абзацу. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

*Приклад:*

«Розклад сигналу  $f(t)$  має на меті його представлення у вигляді функціонального ряду – зваженої скінченої або безкінечної суми деяких складових:

$$f(t) = \sum_n a_n \xi_n(t), \quad (0.1)$$

де  $a_n$  – коефіцієнт розкладу, який відповідає вкладу відповідної складової у сигнал;

$\xi_n(t)$  – елемент з деякого переповненого набору або базису функцій, який може бути ортогональним, напівортогональним або неортогональним.»

Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, повторюючи знак операції на початку наступного рядка. Коли переносять формули чи рівняння на знакові операції множення, застосовують знак «х».

Якщо у розділі ПЗ тільки одна формула чи рівняння, їх нумерують.

Формули, що йдуть одна за одною та не розділені текстом, відокремлюють комою.

*Приклад:*

Довільному гармонічному коливанню  $A_n \sin(nt + \varphi_n)$  відповідає пара членів тригонометричного ряду:

$$a_n \cos(nt) + b_n \sin(nt), \quad (0.2)$$

де

$$a_n = A_n \sin \varphi_n, \quad (0.3)$$

$$b_n = A_n \cos \varphi_n. \quad (0.4)$$

При написанні тексту пояснювальної записки під час розстановки розділових знаків з формулами необхідно поводитися як з частиною речення. Перед формулою, як правило, необхідно поставити двокрапку, після формули – кому або крапку.

### **Формули, на які немає посилань**

Такі формули можна не відокремлювати пустими рядками до та після формули, вони можуть розташовуватися в окремому рядку не посередині сторінки, або розміщуватися в тексті.

*Приклад:*

«Для дискретизації параметра зміщення материнського вейвлету по часовій вісі обирають значення, кратні деякому фіксованому кроку  $b_0$  ( $b_0 \in \mathbb{R}$ ,



$b_0 > 0$ ). Для довільних значень  $m \in \mathbb{Z}$  ширина функції  $a_0^{-\frac{m}{2}} \psi(a_0^{-m} t)$  у  $a_0^m$  разів більша, ніж ширина  $\psi(t)$ .»

## Посилання

Посилання в тексті ПЗ на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, «... у роботах [3 - 7] ...». Посилання на джерела в мережі Інтернет складаються у довільній формі (як правило, це URL та назва документу) та включаються в загальний перелік посилань. На джерела необхідно посилатися в порядку їх згадування в тексті ПЗ.

При посиланнях на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, додатки зазначають їх номери. При посиланнях слід писати: «... у розділі 4 ...», «... дивись 2.1 ...», «... за 3.3.4 ...», «... відповідно до 2.3.4.1 ...», «... на рис. 1.3 ...», або «... на рисунку 1.3 ...», «... у таблиці 3.2 ...», «... (див. 3.2) ...», «... за формулою (3.1) ..», «... у рівняннях (1.23) — (1.25) ...», «... у додатку Б ...».

## Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

Перелік повинен розташовуватись стовпцем. Ліворуч в алфавітному порядку наводять умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни, праворуч через тире – їх детальну розшифровку. Спочатку наводять скорочення українською мовою, за ними – російською, потім – іноземними (з перекладом на мову написання ПЗ).

У випадку, коли на кресленнях в роботі використано позначення схемних елементів, яке не відповідає вимогам ЄСКД, ці позначення необхідно включити до Переліку. Ліворуч наводиться використане

позначення, праворуч – відповідне позначення за вимогами ЄСКД, назва елемента, а також відповідність виводів.

## Додатки

Додатки слід оформлювати як продовження ПЗ на наступних сторінках, або у вигляді окремої частини, розташовуючи додатки в порядку появи посилань на них у тексті.

Якщо додатки оформлюють на наступних сторінках ПЗ, кожний такий додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований вгорі малими літерами з першої великої симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої повинно бути надруковано слово «Додаток \_\_\_» і велика літера, що позначає додаток, з крапкою в кінці.

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, Додаток А., Додаток Б. і т. д.

Один додаток позначається як Додаток А.

Додатки повинні мати спільну з рештою ПЗ наскрізну нумерацію сторінок.

За необхідності текст додатків може поділятися на розділи, підрозділи, пункти і підпункти, які слід нумерувати в межах кожного додатку відповідно до вимог 7.5. У цьому разі перед кожним номером ставлять позначення додатку (літеру) і крапку, наприклад, А.2. — другий розділ додатку А; Г.3.1. — підрозділ 3.1 додатку Г; Д.4.1.2. — пункт 4.1.2 додатку Д; Ж.1.3.3.4. — підпункт 1.3.3.4 додатку Ж.

Ілюстрації, таблиці, формули та рівняння, що є у тексті додатку, слід нумерувати в межах кожного додатку, наприклад, рисунок Г.3 — третій рисунок додатку Г; таблиця А.2 — друга таблиця додатку А; формула (А.1) — перша формула додатку А.

Якщо в додатку одна ілюстрація, одна таблиця, одна формула, одне рівняння, їх нумерують, наприклад, рисунок А.1, таблиця А.1, формула (В.1).

В посиланнях у тексті додатку на ілюстрації, таблиці, формули, рівняння рекомендується писати: «... на рисунку А.2 ...», «... на рисунку А.1 ...» — якщо рисунок єдиний у додатку А; «...в таблиці Б.3 ...», або «... в табл. Б.3 ...»; «... за формулою (В.1) ...», «...у рівнянні (Г.2) ...».

Джерела, що цитують тільки у додатках, повинні розглядатися незалежно від тих, які цитують в основній частині ПЗ, і повинні бути перелічені наприкінці кожного додатку в переліку посилань.

Форма цитування, правила складання переліку посилань і виносков повинні бути аналогічними прийнятим у основній частині ПЗ. Перед номером цитати і відповідним номером у переліку посилань ставлять позначення додатку.

Якщо у ПЗ як додаток використовується документ, що має самостійне значення і оформлюється згідно з вимогами до документу даного виду, його копію вміщують у ПЗ без змін в оригіналі. Перед копією документу вміщують аркуш, на якому посередині зверху друкують слово «ДОДАТОК \_\_\_» і велику літеру, що позначає додаток, з крапкою в кінці. На наступному рядку посередині друкують його назву (за наявності), праворуч у верхньому куті аркуша проставляють порядковий номер сторінки. Сторінки копії документу нумерують, продовжуючи наскрізну нумерацію сторінок ПЗ (не займаючи власної нумерації сторінок документа).

Всі креслення, виконані у КП, включаються разом зі специфікаціями до одного додатку, за правилами, наведеними в попередньому абзаці.

## **Правила написання одиниць, їх позначень і найменувань**

Пояснювальна записка повинна бути викладена простою мовою, зрозумілою фахівцям суміжних галузей. Необхідно уникати неоднозначного тлумачення формулювань, складних мовних сполучень, жаргонних виразів,

професійного сленгу. Терміни, найменування, позначення повинні бути однаковими протягом всього тексту. Одиниці фізичних величин, їх

найменування, позначення і правила застосування регламентовані ДСТУ 3651.0-97. Відповідно до нього є обов'язковим застосування Міжнародної системи одиниць (скорочення: міжнародне – SI; українське – СІ).

### **Правила написання десяткових кратних і часткових одиниць.**

Для зменшення ймовірності помилок при розрахунках десяткові кратні і часткові одиниці рекомендується підставляти тільки в кінцевий результат, а в процесі обчислень всі величини виражати тільки в одиницях СІ, замінюючи префікси степенями числа 10. Поряд з цим, при виконанні типових розрахунків часто виявляється більш раціональним підставляти в розрахункові формули значення величин в десяткових кратних і часткових одиницях.

Префікс чи його позначення слід писати разом з найменуванням одиниці, до якої він приєднується, чи його позначенням. Похідні одиниці, утворені як добуток чи відношення одиниць, повинні розглядатись як певне ціле, що не підлягає поділу на складові частини, і тому префікси повинні додаватися до них як до цілого, тобто до найменування першої одиниці, що входить до добутку чи відношення.

Правильно:	Неправильно:
кілопаскаль-секунда на метр	паскаль-кілосекунда на метр
(кПа · s/m; кПа · с/м )	( Па · ks/m; Па · кс/м)

Найменування кратних і часткових одиниць від одиниці, зведеної до степеня, слід утворювати шляхом приєднання префіксу до найменування вихідної одиниці, наприклад, для утворення найменування кратної чи часткової одиниці від одиниці площини – квадратного метра, що являє собою другий степінь одиниці довжини – метра, префікс слід приєднувати до найменування цієї останньої одиниці: квадратний кілометр, квадратний сантиметр тощо. Неправильно було б писати: кілоквадратний метр, сантиметр квадратний метр. При

такому (неправильному) розумінні позначення  $\text{см}^2$  відповідає одиниці «сантикватратний метр», тобто  $0,01 \text{ м}^2$ , в той час як насправді  $\text{см}^2$  означає квадратний сантиметр, тобто  $0,0001 \text{ м}^2$ .

Позначення кратних і часткових одиниць від одиниці, зведеної до степеня, слід утворювати додаванням відповідного показника степеня до позначення кратної чи часткової від цієї одиниці, причому показник означає зведення до степеня кратної чи часткової одиниці (разом із префіксом).

*Приклади:*

а)  $5 \text{ км}^2 = 5 (10^3 \text{ м})^2 = 5 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ ;

б)  $250 \text{ см}^3/\text{с} = 250 (10^{-2} \text{ м})^3 / (1 \text{ с}) = 250 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ ;

в)  $0,002 \text{ см}^{-1} = 0,002 (10^{-2} \text{ м})^{-1} = 0,002 \cdot 100 \text{ м}^{-1} = 0,2 \text{ м}^{-1}$ .

**Правила написання значень одиниць.** Для написання значень величин передбачається застосовувати позначення одиниць буквами чи спеціальними знаками (...<sup>°</sup>, ...<sup>`</sup>, ...<sup>``</sup>), причому встановлюється два види буквених позначень: міжнародні (з використанням букв латинської чи грецької абетки) та українські (з використанням букв української абетки). Застосування обох видів позначень в одному документі не допускається. У нормативно-технічній документації на засоби вимірювань, документації метрологічного забезпечення необхідно застосовувати міжнародні позначення одиниць.

Міжнародні і українські позначення відносних та логарифмічних одиниць такі: процент (%), проміле (‰), мільйонна частка (ppm), бел (В, Б), децибел (дВ, дБ), октава (окт), декада (дек), фон (фон).

Буквені означення одиниць виконують прямим шрифтом. В означеннях одиниць крапку, як знак скорочення не ставлять.

До визначень одиниць і їх найменувань не можна додавати букви (слова), що вказують на фізичну величину чи на об'єкт, наприклад, п.м. чи пм (погонний метр), укм (умовний квадратний метр), екм (еквівалентний квадратний метр), нм<sup>3</sup> чи Нм<sup>3</sup> (нормальний кубічний метр), % ваговий (ваговий

відсоток), % об'ємний (об'ємний відсоток). В усіх таких випадках визначальні слова слід приєднувати до найменування величини, а одиницю позначати згідно зі стандартом.

*Наприклад*, еквівалентна площа  $20 \text{ м}^2$ , об'єм газу (приведений до нормальних умов)  $100 \text{ м}^3$ , масова частка 15 %, об'ємна частка 4 % тощо. Вищезазначене відноситься і до міжнародних позначень одиниць. Позначення одиниць слід вживати після числових значень величин і розміщати в рядку з ними (без перенесення на наступний рядок). Між останньою цифрою числа та позначенням одиниці слід залишати проміжок, але перед позначеннями у вигляді знаку, піднятого над рядком, проміжок не ставлять.

Правильно:

100 kW; 100 кВт

80 %

20°

30'15''

Неправильно:

100kW; 100кВт

80%

20 °

30 ' 15 ''

Виключення: знак градуса Цельсія пишуть після пробілу, але разом з позначенням шкали Цельсія.

Правильно:

20 °C

Неправильно:

20° C

При наявності десяткового дробу в числовому значенні величини позначення одиниці слід розташовувати після усіх цифр.

Правильно:

423,06 m; 423,06 м

5,758° чи 5° 45,48',

чи 5° 45' 28,8''

Неправильно:

423 m, 0,6; 423 м,06

5°,758 чи 5° 45', 48,

чи 5° 45' 28'',8

При написанні значень величин із обмежувачими відхиленнями, числа та їх обмежуючі відхилення слід брати в дужки, а позначення одиниці писати після дужок або проставляти позначення одиниць після числа і після обмежуючого відхилення.

Правильно

$(100,0 \pm 0,1) \text{ kg}$

$60 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$

Неправильно

$100,0 \pm 0,1 \text{ kg}$

$60 \pm 1 \text{ g}$

Якщо у тексті наводять ряд (групу) числових значень однієї і тієї ж величини, то найменування одиниці величини вказують тільки після останньої цифри, *наприклад*: 25; 20; 30 кг;  $5 \times 10 \times 15$  мм. При необхідності вказати числовий інтервал величини, найменування одиниці пишуть тільки після останньої цифри, *наприклад*: «...від 0,5 до 1,5 мм».

Дозволяється застосовувати найменування одиниць у поясненнях позначень величин до формул.

Правильно

$v = 3,6 \text{ h/t}$

де  $v$  - швидкість, km/s;

$h$  - шлях, m;

$t$  - час, s.

Неправильно

$v = 3,6 \text{ h/t km/s,}$

де  $h$  - шлях, m;

$t$  - час, s.

У виразах з відношенням за знак ділення править тільки одна коса або горизонтальна риска. Допускається застосовувати позначення одиниць у вигляді добутку одиниць, зведених до степеня (додатні і від'ємні). Якщо для однієї з одиниць відношення застосовано позначення у вигляді від'ємного степеня (*наприклад*:  $\text{K}^{-1}$ ,  $\text{s}^{-1}$ ), застосовувати косу або горизонтальну риску не дозволяється. При застосуванні косої риски позначення одиниць у чисельнику і знаменнику слід розмішувати у рядок, добуток позначень слід заключати у дужки,

*наприклад*: m/s; m/s; W/(m·K); Вт/(м · К).

Математичні знаки слід застосовувати тільки у формулах. У тексті вони пишуться словами. Належить писати: « $U = 15 \text{ В}$ », але «напруга дорівнює 15 В». Виняток утворюють знаки плюс (+) і мінус (-) у супроводі цифр. Належить писати: «...температура змінюється від - 15 до +15 °С». Знаки №, %, і т.і. застосовують тільки у супроводі цифрових або літерних знаків; в інших випадках вони пишуться словами. Дозволяється написання знаків №, % не з

цифрами в заголовках таблиц. Наприклад: «№ nn», « в %». Числа з розмірністю належить писати тільки цифрами.

Правильно	Неправильно
Температура 13 °С	Температура тринадцять градусів
Об'єм 30 м <sup>3</sup>	Об'єм тридцять кубічних метрів

Перед числами з розмірністю прийменник (в) або знак тире (–) не ставлять.

Правильно	Неправильно
На частоті 70 МГц	На частоті в 70 МГц
Опір 50 Ом	Опір - 50 Ом

Числа до десяти, при відсутності розмірності у тексті, пишуться словами, понад десять – цифрами. Дріб завжди пишеться цифрами. Слід писати: «Позначимо на кривій чотири точки», «Збільшимо на 1/3».

При переліку частин речення не дозволяється обривати фразу перед пронумерованими переліками на ... або... «з», «на», «від», «як», «що» і т. д.

*Наприклад*

Неправильно	Правильно
Механізм складається з:	Будова механізму включає:
1) двигуна,	1) двигун,
2) редуктора і т. д.	2) редуктор і т. д.

**Правила написання найменувань одиниць.** При застосуванні одиниць фізичних величин слід керуватися такими правилами відмінювання та утворення найменувань похідних одиниць:

– В найменуваннях одиниць площини і об'єму застосовують прикметники «квадратний» і «кубічний», *наприклад* квадратний метр, кубічний метр. Ці ж прикметники застосовують у випадках, коли одиниця площини або об'єму входить у похідну одиницю іншої величини, *наприклад* кубічний метр у секунду (одиниця об'ємної витрати), кулон на квадратний метр (одиниця електричного зсуву). Якщо ж друга чи третя степінь довжини не являють собою



площину або об'єм, тоді в найменуванні одиниці замість слів «квадратний» або «кубічний» повинні застосовуватися вирази «у квадраті» або «у другому степені», «у кубі» або «у третьому степені». Наприклад, кілограм-метр у квадраті в секунду (одиниця моменту кількості руху); кілограм-метр у квадраті (одиниця динамічного моменту інерції).

– При відмінюванні найменувань похідних одиниць, утворених як добуток одиниць, змінюється тільки останнє найменування і відповідний до нього прийменник «квадратний» або «кубічний», *наприклад*: момент сили дорівнює п'яти ньютон-метрам, магнітний момент дорівнює трьом ампер-квадратним метрам.

– При відмінюванні найменувань одиниць, в яких є знаменник, змінюється тільки чисельник за правилом, встановленим для добутоків одиниць, *наприклад*: прискорення дорівнює п'яти метрам на секунду в квадраті; питома теплоємність дорівнює чотирьом десятим джоуля на кілограм-кельвін.

## **ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.**

1. Кауфман М., Сидман А. Практическое руководство по расчетам схем в электронике –М: Энергоатомиздат, 1993, 368 с.
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника М: Высшая школа, 1991 г. , 622 с
3. Щербаков В. И., Грездов Г. И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справ очник, Киев «Техника» 1983 213 с.
4. А. К. Поляков. Языки VHDL и Verilog в проектировании цифровой аппаратуры. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2003, 305 с.
5. А. Дж. Пейтон, В. Волш Аналоговая электроника на операционных усилителях М: БИНОМ, 1994, 352с.
6. Лихачев В. Д. Практические схемы на операционных усилителях М.: ДОСААФ, 1981, 80с.

7. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы. Пер. с англ. — М.: Мир, 1988.—583 с.
8. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. - Т. I, 2. - М.: Мир, 1963.
9. Полонников Д.Е. Операционные усилители: принципы построения, теория, схемотехника. - М.: Энергоатомиздат, 1963.
10. Сигорский В.П., Петренко А.И. Основы теории электронных схем. - К.: Тэхника, 1972.
11. Тули С. Справ. пособие по цифровой электронике: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1990.
12. Справочник по цифровой-схемотехнике / В.И. Зубчук, В.П. Сигорский, А.Н. Шкуро. - К.: Тэхника, 1990.
13. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы /Под ред. С.В. Якубовского. - М.: Радио и связь, 1964.
14. Интегральные микросхемы: Справочник /В.В. Тарабрин и др. -М.: Радио и связь, 1964.
15. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник / Под ред. Б.Я. Перельмана. - М.: Радио и связь, 1962.
16. Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике: Справочник / Под ред. И.П. Норенкова. - М.: Радио и связь, 1966.
17. Полупроводниковые приборы. Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / Под ред. Н.Н. Горюнова. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
18. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычев, А.Н. Иванова и др. -М.: Радио и связь, 1969.
19. ЕСКД. Справочное пособие. - М.: Издательство стандартов, 1986.
20. Автоматизация чертежно-конструкторских работ / Под ред. Э.Т. Романычевой. - М.: МИЭТ, 1967.
21. Горелик А.Г. Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. - Минск; Вышэйш. шк., 1960.

22. ГОСТ 2.108 – 68(73). ЕСКД. Спецификация.
23. ГОСТ 2.306 - 68(80). ЕСКД. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах.
24. ГОСТ 2.307 - 68(73). ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
25. ГОСТ 2.310 – 68(88). ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.
26. ГОСТ 2.316 – 68(89). ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей технических требований и таблиц.
27. ГОСТ 2.319 – 83в. ЕСКД. Правила выполнения диаграмм.
28. ГОСТ 2.701 – 84(91). ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
29. ГОСТ 2.702 – 75(91). ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
30. ГОСТ 2.703 – 68(81). ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем.
31. ГОСТ 2.704 – 76(81). ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
32. ГОСТ 2.710 – 81(89). ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
33. ГОСТ 2.721 – 74(91). ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
34. ГОСТ 2.770 – 68(82). ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики.
35. ГОСТ 8.417 - 81. ГСИ. Единицы физических величин.
36. Графическое изображение электрорадиосхем. Справочник / Усатенко С.Т. и др. – К.: Техника, 1986. – 120 с.

## **ДОДАТКИ**

### **Додаток 1. Завдання до курсових проектів.**

### **1. Вимірювач діючої напруги.**

Розробити пристрій, на вхід якого подається періодично змінна у часі напруга довільної форми а на виході формується напруга, пропорційна діючому значенню вхідної. Пристрій повинен мати гальванічну розв'язку по входу. Вихідна напруга повинна в подальшому бути дискретизована та оброблена у цифровому вигляді.

Умови:

Амплітудне значення вхідної напруги	0..380В
Частота вхідної напруги	20..100Гц
Опорна напруга АЦП	2.56В
Частота дискретизації АЦП	1кГц

### **2. Вимірювач змінного струму безконтактний.**

Розробити пристрій, що перетворює змінний струм у первинному ланцюгу у пропорційну сталу напругу на виході. Для первинного перетворювання використати електромагнітний перетворювач у вигляді пояса Роговського. Вихідна напруга має бути у подальшому дискретизована та оброблена у цифровому вигляді.

Умови:

Діапазони вимірюваного струму	0..30..100..300А
Частота вимірюваного струму	50Гц
Час встановлення вихідного сигналу, не більше	0.1с
Максимальне перевантаження за вхідним струмом	10кА
Опорна напруга АЦП	2.56В
Частота дискретизації АЦП	1кГц

### **3. Вимірювач потужності низькочастотний цифровий.**

Розробити пристрій, який під'єднується до трьохфазного електричного кола за допомогою вимірювальних трансформаторів і формує на виході цифрові значення активної та реактивної потужності, що споживається у колі. Результати вимірювання подати на індикаторі.

Умови:

Линійна напруга у вхідному ланцюгу	0..380В
Струм у вхідному ланцюгу	0..5А
Номінальна частота	45..60Гц
Клас точності	0.5

#### **4. Вимірювач іммітанса.**

Розробити пристрій, який вимірює активну та реактивну складові опору поданого навантаження. Рекомендований метод вольтметра-амперметра з детекцією фаз та цифровим поділювачем.

Умови:

Діапазон вимірювання R	0.01Ом..10МОм
Діапазон вимірювання L	1мкГн...1Гн
Діапазон вимірювання C	1пФ..2000мкФ
Частота вимірювання	1кГц
Індикація окремо активного та реактивного опору	

#### **5. Вимірювач хвильового опору двопровідних ліній.**

Розробити пристрій, що вимірює хвильовий опір двопровідної лінії передачі. Рекомендований метод автоматичного моста. Результат вимірювання подати на індикаторі.

Умови:

Діапазон вимірюваного опору	0..300Ом
Частота генератора	5..30МГц
Мінімальна довжина лінії	2м

## 6. Модель довгої лінії для випробування систем передачі.

Розробити пристрій, який моделює розподілені характеристики двопровідної лінії передачі у фізичному середовищі (еквівалент кабелю). Модель має бути розрахована на кабель з екраном. До налаштувань віднести: тип кабелю, діаметр жили, довжину.

Умови:

Типи кабелів	ТППЭп, FTP cat5e
Діаметри жил	0.4, 0.5, 0.64 мм
Діапазон довжин	100м..10км

## 7. Вимірювач частоти.

Розробити пристрій, який формує на виході напругу, пропорційну частоті вхідного сигналу. Вихідна напруга має бути у подальшому дискретизована та оброблена у цифровому вигляді.

Умови:

Частота вхідного сигналу	50..1500Гц
Форма вхідного сигналу	синус./прямокут.
Амплітуда вхідного сигналу	1.5..5В
Опорна напруга АЦП	2.56В
Частота дискретизації АЦП	1кГц

## 8. Аналізатор часових проміжків.

На вхід розроблюваного пристрою подають послідовність імпульсів із нестабільним періодом. На виходах повинні бути сформовані дві напруги - одна пропорційна середньому значенню, друга - девіації часових проміжків між вхідними імпульсами. Вихідна напруга має бути у подальшому дискретизована та оброблена у цифровому вигляді.

Умови:

Період вхідних імпульсів	1..100мкс
--------------------------	-----------

Амплітуда вхідних імпульсів	1.5..3В
Опорна напруга АЦП	2.56В
Частота дискретизації АЦП	1кГц

### 9. Фазовий модулятор.

Розробити пристрій для формування фазоманіпульованого сигналу.

Умови:

Тип модуляції	BPSK
Частота несучої	250кГц
Бітрейт	20kbps
Амплітуда цифрового сигналу	1В

### 10. Детектор фазоманіпульованого сигналу.

Розробити пристрій для детектування фазоманіпульованого сигналу.

Рекомендована схема - петля Костаса.

Умови:

Тип модуляції	BPSK
Частота несучої	250кГц
Бітрейт	20kbps
Амплітуда цифрового сигналу	1В

### 11. Визначник кольору.

Розробити пристрій, який взаємодіє із досліджуваним об'єктом за допомогою оптичних датчиків відбиття та формує на виході три сигнали, напруги яких пропорційні червоній, зеленій та синій складовим вимірюваного кольору. Вихідна напруга має бути у подальшому дискретизована та оброблена у цифровому вигляді.

Умови:

Діаметр детектованої площі	3..5мм
----------------------------	--------

Відстань вимірювача до об'єкту	10..100мм
Час вмірювання, не більше	1мс
Опорна напруга АЦП	2.56В
Частота дискретизації АЦП	1кГц

## 12. Дозиметр-радіометр електронний.

Розробити пристрій, що складається з аналогової частини, яка обслуговує сенсор іонізуючого випромінювання (трубка Гейгера) та цифрової, яка формує два цифрові сигнали - рівня радіації та дози, накопиченої за час вимірювання з періодом обрахунку 1с.

## 13. Вимірювач вологості сипучих речовин.

Розробити пристрій, призначений для неперервного контролю вологості сипучих речовин у потоці. Результати вимірювання подати цифровим інтерфейсом. Забезпечити температурну коррекцію вимірювача, тобто калібрування проводити для кожної вимірюваної величини в діапазоні температур.

Умови:

Діапазон значень вологості	4..80%
Діапазон температур	0..80°C
Дисперсія вимірюваного матеріалу, не більше	10мм
Швидкість потоку, не більше	1м/с

## 14. Монітор температури медичний.

Розробити пристрій, призначений для неперервного контролю температури тіла пацієнта двома накожними датчиками з подальшим усередненням. Результати вимірювання подавати у аналоговому вигляді з періодом обрахунку 3с. Вихідний сигнал в подальшому має бути дискретизований та оброблений у цифровому вигляді.

## 15. Термостат проточний із малою інерцією.



Розробити пристрій автоматичного регулювання тиску та температури води у змішувачі. На входи змішувача подаються два потоки води різних температур. Стабілізатор повинен забезпечити на виході змішувача заданий тиск та температуру води. Для регулювання тиску застосувати електричні редуктори.

Умови:

Робочий тиск води	1..6 атм
Температура води	0..70°C

#### **16. Термостат із великою інерцією.**

Розробити пристрій для автоматичного регулювання температури габаритного навантаження з великою теплоємністю. Прикладом може слугувати котел з водою об'ємом більше 100м<sup>3</sup>. Завданням пристрою є втримати температуру теплоносія у заданих межах.

Умови:

Маса теплоносія	100т
Потужність нагрівача	10000Вт
Коридор температур	70±5°C

Коефіцієнти теплопередачі та конвективного теплообміну взяти для випадку плаского нагрівача та води.

#### **17. Дозатор рідких речовин проточний.**

Розробити пристрій для автоматичного дозування рідких речовин у трубах за допомогою електрично керованого клапана та вихрового вимірювача потоку. Урахувати температурне розширення речовини (калібрувати пристрій необхідно у діапазоні температур).

Умови:

Тип сенсору вихрового вимірювача	п'єзоелектричний
Умовна пропускна здатність	0.1..40м <sup>3</sup> /год

**18. Дозатор сипучих речовин ваговий.**

Розробити пристрій для керування процесом навантаження кузовної техніки сипучими речовинами з бункеру. При дозуванні речовини має бути врахована вага та вологість речовини. Від вологості залежить кут природнього відкосу насипу. Керування клапаном бункера бінарне за допомогою реле. Для вимірювання ваги використовуються платформені автомобільні ваги.

Умови:

Максимальна вага насипу речовини 10т

Максимальний об'єм насипу 10м<sup>3</sup>

Співвідношення вологості речовини та куту природнього насипу взяти для піску щільністю 1800 кг/м<sup>3</sup>, щебня щільністю 1300 кг/м<sup>3</sup> та зерна щільністю 800 кг/м<sup>3</sup>.

**19. Випробувач кислотних акумуляторів.**

Розробити пристрій, для прямого вимірювання внутрішнього опору кислотних (автомобільних) акумуляторів з визначенням ступеня сульфідації пластин. Вимірювання проводити при розряді акумулятора імпульсним струмом. Результати вимірювання подати у цифровому вигляді.

Умови:

Робоча напруга акумулятора 12В

Ємність акумулятора 12..120А/год

Максимальний час вимірювання 5с

Вимірювана ступінь сульфідації >30%

## 20. Свіп-генератор.

Розробити генератор частоти, що качається, для вимірювання частотних характеристик. Верхня та нижня границі качання мають бути задані двома рівнями сталої напруги.

Умови:

Діапазон частот	0.2..30МГц
Вихідна потужність	1..10мВт
Період розгортки	50..100Гц

## 21. Підсилювач з автоматичним підлаштуванням підсилення.

Розробити мікрофонний підсилювач з глибоким АРП для підвищеної розбірливості мови оператора в умовах завод.

Умови:

Контрольований рівень вихідного сигналу	180..220мВ
Полоса підсилення на рівні -3дБ	300..6300Гц
Тип мікрофону	динамічний
Імпеданс мікрофону на частоті 1кГц	160..240 Ом

## 22. Селектор імпульсів.

Розробити пристрій для виділення з послідовності імпульсів амплітудою 30..70мВ і довжиною 10..100мс, імпульсів, довжиною менше заданої. Рівень порогової довжини змає задаватись сталою напругою. На вихід подавати нормовані імпульси.

Умови:

Діапазон регулювання порогової довжини	10..100мс
Мінімальна пауза між імпульсами	0.1мс
Амплітуда нормованого імпульсу	5В
Довжина нормованого імпульсу	10мкс

### 23. Синтезатор частот.

Розробити керований синтезатор частот з петлею ФАПЧ.

Умови:

Діапазон частот	135..145МГц
Шаг перелаштування частоти	1кГц..1МГц

### 24. Аналоговий параметричний еквалайзер.

Розробити аналоговий параметричний еквалайзер на 3 полоси частот з незалежним регулюванням центральної частоти, коефіцієнта підсилення та добротності по кожному каналу.

Умови:

Рівень сигналу по входу		0.5В
Вхідний опір		10кОм
Вихідний опір		1кОм
Нижня полоса:	частота зрізу	100Гц..1кГц
	підсилення	2..10
Середн полоса:	середня частота	1кГц
	підсилення	2..10
	добротність	2
Верхня полоса	частота зрізу	3.3..10кГц
	підсилення	2..10

### 25. Випробувач біполярних транзисторів

Розробити пристрій, призначений для перевірки працездатності біполярних транзисторів малої потужності та вимірювання  $h_{21э}$ . Пристрій повинен визначати структуру провідності транзистора, діагностувати розриви та замкнення у них.

Умови:

Діпазон вимірювання статичного коефіцієнта передачі	10..690
Максимальна напруга колектор-емітер	5В
Максимальний струм колектора	5мА