

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ТЕХНІЧНІ ТА МЕДИЧНІ СИСТЕМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Методичні вказівки
до виконання курсового проекту
для студентів спеціальностей
7.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю» та
8.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю»

*Рекомендовано вченою радою
приладобудівного факультету
(протокол № 3/16 від 28.03.2016 р.)*

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

Технічні та медичні системи неруйнівного контролю: Методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів спеціальностей 7.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю» та 8.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю» денної форми навчання [Текст] / Уклад.: Ю. В. Куц, С.М. Маєвський. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – ____ с.

Методичні вказівки призначено для студентів спеціальностей 7.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю» та 8.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю» денної форми навчання. У вказівках розкриваються принципи офіційного визнання відповідності навчальних видань та електронних освітніх ресурсів вимогам стандартів та основні вимоги до таких рукописів.

Навчальне електронне мережне видання

ТЕХНІЧНІ ТА МЕДИЧНІ СИСТЕМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Методичні вказівки

до виконання курсового проекту

для студентів спеціальностей 7.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю» та 8.05100305 «Прилади і системи неруйнівного контролю»

Укладачі: *Куц Юрій Васильович, д.т.н., професор*
Маєвський Станіслав Михайлович, д.т.н., професор

Відповідальний
редактор: *Лисенко Ю.Ю.*

Рецензент: *Єременко В.С., к.т.н., доцент*

За редакцією укладачів

	ЗМІСТ	стр.
ВСТУП		4
1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ		5
2. ПЕРЕЛІК ТИПОВИХ ТЕМ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ		7
3. СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ		8
4. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ		8
5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЗМІСТУ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ		10
6. ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЧАСТИКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ		11
7. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ		15
8. ВКАЗІВКИ ДО ПОРЯДКУ ЗАХИСТУ ПРОЕКТУ		15
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		16

ВСТУП

Курсовий проект є окремим кредитним модулем дисципліни та відноситься до самостійної творчої роботи студента. Метою виконання курсового проекту є закріплення, поглиблення та систематизування знань, одержаних студентами за період навчання, а також формування у студентів вміння проводити навчально-наукові дослідження, інженерні розрахунки, формування навичок творчої індивідуальної роботи, опанування загальними та спеціальними методами сучасних наукових досліджень.

Курсовий проект з дисципліни «Технічні та медичні системи неруйнівного контролю» спрямований на вирішення конкретних фахових задач у сфері проектування та розробки систем неруйнівного контролю з метою технічної та медичної діагностики. Під час виконання проекту майбутній фахівець має продемонструвати глибоке розуміння відомостей, отриманих на лекціях, інформації викладеної у підручниках, навчальних посібниках та публікаціях в технічних журналах, та провести критичний аргументований аналіз опрацьованого матеріалу.

Основним завданням даних методичних вказівок до виконання курсового проекту є своєчасне ознайомлення студентів з тематикою курсового проекту, переліком, змістом та об'ємом необхідних розділів, етапами роботи над проектом, правилами оформлення пояснювальної записки та графічної частини, умовами оцінювання готового проекту.

В даних методичних вказівках розглянуто методику проектування систем технічного та медичного неруйнівного контролю, яка буде корисна під час курсового та дипломного проектування студентам спеціальності «Прилади і системи неруйнівного контролю» та інших споріднених спеціальностей приладобудівного спрямування.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект з дисципліни «Технічні та медичні системи неруйнівного контролю» є завершальним етапом її вивчення та сприяє набуттю студентами навичок розрахунку типових перетворювачів, функціональних та електричних схем оброблення інформаційних сигналів.

Метою виконання курсового проекту з дисципліни «Технічні та медичні системи неруйнівного контролю» є надання студентам можливості перевірити набуті за весь період навчання знання та підготуватися до виконання дипломного проекту на здобуття кваліфікації спеціаліста чи виконати дослідницьку випускну роботу магістра інженерії за спеціальністю «Прилади і системи неруйнівного контролю».

Головні завдання курсового проекту у структурі підготовки фахівця:

- набути навички користування нормативною, довідковою, бібліографічною літературою;
- розвинути навички самостійної роботи з навчальною та науковою літературою за профілем дисципліни;
- закріпити знання щодо методів розрахунку й проектування первинних перетворювачів для неруйнівного контролю;
- набути знання принципів побудови структурних та функціональних схем систем неруйнівного контролю.

Виконання курсового проекту сприяє засвоєнню студентами методології проектування вимірювальних перетворювачів у сукупності з електронною системою на основі використання сучасних мікропроцесорів для програмного керування роботою системи, збору та оброблювання вимірювальної інформації, запису цієї інформації у координатах сканування об'єктів контролю (ОК).

Основні вимоги до даного курсового проекту полягають у наступному:

- використовуючи знання з математики, фізики, фізичних методів неруйнівного контролю (НК), теорії вимірювань та контролю, електротехніки та електроніки та конкретні знання з лекційного курсу дисципліни «Технічні та медичні системи неруйнівного контролю» студенти мають виконати розробку системи контролю на рівні її функціональної схеми з визначенням вхідних та вихідних параметрів кожного функціонального вузла виходячи з заданої оцінки вірогідності контролю, технічних умов контролю та особливостей ОК;

- важливим під час виконання даної роботи є не тільки показати глибоке розуміння студентом матеріалів отриманих на лекціях зі спеціальних дисциплін та підсумовуючої дисципліни «Технічні та медичні системи неруйнівного контролю», інформації викладеної у підручниках, навчальних посібниках та публікаціях в технічних журналах чи на інформаційних сайтах інтернету, але й критичне аргументоване аналізом точності вимірювань та вірогідності контролю відношення кожного автора проекту до опрацьованого матеріалу;
- позитивно оцінюватиметься намагання студента підкріпити свої розрахунки результатами експериментальних досліджень виконаних в лабораторіях кафедри, представленням отриманих результатів у доповідях на студентських наукових конференціях, публікаціях та патентах.

Завдання на курсовий проект видається протягом першого тижня викладання дисципліни.

Орієнтовний час закінчення роботи студента над курсовим проектом складає 12 тижнів з моменту видачі завдання, але не пізніше, ніж за два тижні до початку екзаменаційної сесії. Регулярна, покрокова постійна робота над проектом протягом відведеного терміну - необхідна умова високої якості його виконання.

Загальний контроль за видачею завдань, ходом курсового проектування здійснює керівник проекту, який складає графік консультацій і подає відомості про роботу студентів завідувачу кафедри. Явка студентів до керівника курсового проектування за графіком консультацій обов'язкова. Консультації проводяться в години, визначені графіком, але не рідше одного разу на тиждень.

Згідно положення про рейтингову систему оцінювання оцінка за курсовий проект має дві складові. Перша (стартова) характеризує роботу студента під час курсового проектування та її результат, якість пояснювальної записки та графічного матеріалу. Друга складова характеризує якість захисту студентом курсового проекту.

Проект оцінюється керівником та членами комісії, визначеними на засіданні кафедри. Узгоджену загальну оцінку виставляють у відомість і на титульний лист пояснювальної записки.

При оцінці проектів враховується якість виконання, оригінальність рішень, глибина доповіді та відповідей на запитання, своєчасність захисту готового проекту, намагання студента підкріпити свої розрахунки результатами експериментальних досліджень виконаних в лабораторіях кафедри, представленням отриманих результатів у доповідях на студентських наукових конференціях, публікаціях.

Курсові проекти, що не представлені в термін і не затверджені керівником курсового проектування, представляються до захисту тільки з дозволу завідувача кафедри.

2. ПЕРЛІК ТИПОВИХ ТЕМ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

1. Система вихрострумowego багатопараметрового контролю з автоматичною координатною реєстрацією інформації.
2. Система вихрострумowego неруйнівного контролю з імпульсним збудженням.
3. Система контролю вологості тканини у процесі її виробництва.
4. Скануючий високочастотний ультразвуковий дефектоскоп-мікроскоп для контролю якості виробів з конструкційної кераміки.
5. Ультразвуковий томограф на основі фазокерованої ґратки для контролю якості внутрішньої структури елементів силових конструкцій.
6. Система контролю деформації крила літака у процесі льотних випробувань.
7. Система магнітної дефектоскопії з автоматичною координатною реєстрацією інформації.
8. Ультразвукова система контролю степені втоми матеріалу силових конструкцій.
9. Ультразвукова система контролю якості зварювання труб великого діаметру.
10. Тепловізійна система контролю якості теплоізоляції споруд.
11. Система технічної діагностики стану рейкового шляху залізниці.
12. Система технічної діагностики автомобільного транспорту.
13. Скануючий високочастотний ультразвуковий дефектоскоп для контролю біологічних тканин.
14. Ультразвуковий доплерівський вимірювач кровотоку в судинах людини.
15. Ультразвуковий томограф на основі фазокерованої ґратки для контролю стану внутрішніх органів людини.
16. Металошукач для визначення місцеположення металічних включень в біологічних тканинах

3. СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект оформлюється у вигляді розрахунково – пояснювальної записки (20...30 сторінок тексту формату А4) та графічної частини (до трьох листів формату А1).

До складу записки входять: титульний лист; завдання на курсове проектування; анотація; зміст; огляд сучасних методів та засобів розв'язання поставленої задачі; розрахункова частина; опис роботи структурної та функціональної схем; розрахунок електричної схеми приладу; висновки до курсового проекту та список використаної літератури, додатки.

Розрахунково-пояснювальну записку та графічну частину проекту оформлюють у відповідності до вимог стандартів, ЄСКД та ДСТУ з врахуванням специфіки курсового проектування.

4. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Під час підготовки даного курсового проекту студент виконує функцію менеджера – виконавчого керівника проекту, в обов'язок якого входить здійснити розробку проекту на такому рівні, щоби подальша деталізація проекту мала би бути розпаралелена між підлеглими інженерами. Даний проект розробляється на функціональному рівні. Відправною точкою для розробки є задана допустима вірогідність контролю для обраних ОК та дефектів в них. Виходячи з заданої вірогідності контролю студент має визначити допустиму загальну похибку вимірювання інформативного параметру сигналу, за яким здійснюється контролю. В подальшому проект виконується за основним критерієм оптимізації розробки – критерієм допустимої точності вимірювання, не забуваючи про інші важливі критерії – споживану енергію, вартість розробки та готового продукту, ергономічність тощо.

Необхідність забезпечення заданої вірогідності контролю і, як наслідок, відповідної точності вимірювань змушує студента виконувати глибокий аналіз похибок вимірювання, прораховувати фактичну вірогідність контролю. При цьому, як правило, має місце ітераційний процес синтезу функціональної схеми системи, встановлення технічних вимог до периферійних систем таких, як блок живлення, вибраний мікроконтролер тощо. Кінцевим продуктом даного

курсого проекту має бути синтезована студентом функціональна схема системи з визначеними технічними вимогами до її кожного вузла за умови, що ці параметри схеми забезпечують задану якість контролю – оцінку вірогідності контролю.

Для виконання вимог про які згадано вище, студент має зробити всі необхідні розрахунки щодо вибору параметрів первинного вимірювального перетворювача з урахуванням взаємодії сигналів цього перетворювача з ОК.

Анотація повинна відображати основний зміст курсого проекту і містити:

- відомості про об'єм проекту, кількість ілюстрацій, та таблиць в пояснювальній записці, об'єм додатків та кількість використаних інформаційних джерел;
- перелік основних слів, характерних для змісту проекту;
- текст анотації, яка повинна відображати суть виконаної роботи, її мету, об'єкт, місце, методи і результати дослідження, короткі висновки відносно особливостей, ефективності та можливості застосування одержаних результатів.

Анотація до проекту виконується трьома мовами (українською, російською та іноземною, що вивчається студентом в університеті) по 650 знаків без урахування пробілів.

На початку текстової частини пояснювальної записки розміщують її зміст. Зміст записки поділяють на розділи, а кожен розділ на підрозділи. Розділи повинні мати порядкові номери, що позначаються арабськими цифрами з крапкою. Підрозділи повинні мати порядкові номери в межах кожного розділу. Номери підрозділів складаються з номеру розділу та підрозділу, розділених крапкою. В кінці номери підрозділу також повинні ставитися крапкою. Номер пункту повинен складатися з номеру розділу, підрозділу, та пункту, розділених крапками.

Найменування розділів та підрозділів повинні бути короткими, відповідати змісту та записуватися у вигляді заголовків прописними літерами. Переноси слів у заголовках не допускаються. Крапки в кінці заголовку не ставляться.

Аркуші пояснювальної записки нумеруються в наступному порядку: 1 – титульний лист, 2 – завдання на курсову роботу, 3 – анотація українською, 4 – анотація російською, 5 – анотація англійською, 6 та далі аркуші пояснювальної записки в порядку, який вказаний у змісті.

Всі ілюстрації, які розміщені в записці, нумеруються арабськими цифрами, наприклад: рис. 1, рис. 2, рис. 5 тощо. В тексті записки даються посилання на

ілюстрації по типу «рис. 2», при повторному згадуванні ілюстрації посилання дається зі скороченим словом «дивись», наприклад: «див. рис. 7».

За необхідності представлення даних у таблицях, самі таблиці необхідно подавати з назвою та нумерацією арабськими цифрами в межах усієї пояснювальної записки. Над правим верхнім кутом таблиці розміщується напис «Таблиця» з вказівкою порядкового номеру таблиці. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті пояснювальної записки. Якщо цифрові дані в графах таблиці мають різну розмірність, її вказують у заголовку кожної графи. Якщо параметри таблиці мають тільки одну розмірність (наприклад: міліметри), скорочене позначення одиниці виміру (мм) розміщується над таблицею.

На обкладинці пояснювальної таблиці повинні бути вказані: інститут, кафедра, тема курсового проекту, прізвище та ініціали студента, курс, група, прізвище та ініціали керівника курсового проекту та навчальний рік.

У висновках до курсового проекту підводяться підсумки з усіх висвітлених питань, визначаються шляхи і напрями вирішення проблемних аспектів теми. Рекомендації можуть бути розроблені студентом як самостійно на підставі практичного досвіду, так і через узагальнення пропозицій, що містяться у літературних джерелах. Обсяг висновків 1-2 сторінки.

5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЗМІСТУ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Вступ.

1. Аналітичний огляд матеріалів публікацій за темою даного проекту.
2. Обґрунтування закону розподілу параметру контролю, рівня відбраковки параметрів контролю, розрахунок допустимої похибки вимірювання параметру контролю.
3. Синтез конфігурації функціональної схеми системи на основі отриманих під час навчання теоретичних знань та рекомендацій отриманих з підручників, навчальних посібників та технічних публікацій.
4. Розрахунок параметрів первинного вимірювального перетворювача системи з урахуванням взаємодії його полів чи випромінювань з параметрами та характеристиками ОК. Визначення діапазону зміни параметрів вихідного сигналу вимірювального перетворювача (частоти, амплітудних значень напруги чи струму, спектрального складу, фазових зсувів, затримки поширення тощо) відповідно до діапазону можливих значень контрольованого параметру ОК.
5. Розрахунок параметрів електронного тракту (вимірювального каналу) системи (коефіцієнта підсилення, масштабного перетворення, детектування, фільтрація, вибір розрядності та швидкодії АЦП, перетворення сигналу в цифровий код тощо).

6. Розрахунок вірогідності контролю за отриманими даними розрахунків. У випадку невідповідності отриманої оцінки вірогідності контролю заданому значенню виконується аналіз необхідних змін конфігурації функціональної схеми та змін параметрів окремих функціональних вузлів з метою продовження ітерацій спрямованих на оптимізацію функціональної схеми системи за критерієм заданої вірогідності контролю.

7. Розробка алгоритму роботи мікроконтролера щодо керування всіма процесами в системі, записування, зчитування і зберігання цифрової інформації у пам'яті мікроконтролера, перетворення та відображення вихідної інформації.

6. ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Завдання: розробити проект вихрострумове дефектоскопу для виявлення поверхневих тріщин елементів фюзеляжу літака з дюралюмінієвих листів марки А1 товщиною 1,5 мм. Бракувальний рівень довжини виявлених дефектів – тріщин, становить 2 мм при ширині 0,1 мм та глибині не менше за 0,1 мм. Одночасно дефектоскоп повинен контролювати товщину нанесеної на поверхню листів фарби. Номінальна товщина фарби становить 0,1 мм.

Титульний лист повинен містити наступну інформацію:

- Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
- ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
- Курсовий проект на тему «Вихрострумове дефектоскоп»
- Виконав студент Гр.ПК ХХ - ПП (підпис)
- Дopusчено до захисту
- Керівник проекту – ПП
- Дата, підпис

Вступ: місце даного проекту в ієрархії відомих структур дефектоскопів. Особливості поставленого завдання, напрями їх вирішення.

Розділ 1. Аналіз методів та засобів виявлення та оцінювання параметрів поверхневих тріщин. Аналіз відомих технічних рішень подібних завдань. Конфігурації функціональних схем відомих дефектоскопів, аналіз їх недоліків. Роздільна здатність контролю та методи її підвищення.

Розділ 2. Розрахунок параметрів вимірювальних перетворювачів.

Для даної глибини проникнення електромагнітного поля в матеріал ОК $\delta=0,1$ мм та його провідність σ визначаємо необхідну частоту струму в котушці вимірювального перетворювача:

$$f = \frac{1}{\pi\sigma\mu_0\delta^2} \approx 0,5 \text{ мГц.}$$

Розраховуємо значення узагальненого параметра β вибираючи середній радіус котушки перетворювача $r = 2$ мм:

$$\beta = r\sqrt{\omega\sigma\mu_0} = 10.$$

Для номінального значення товщини непровідного покриття матеріалу ОК (номінального зазору між перетворювачем і ОК) за годографами оцінимо відносно значення внесеної напруги за рахунок поля вихрових струмів: реактивне значення відносної напруги становить приблизно 0.5, активне - 0.1.

За допомогою транспорту оцінюємо кутовий напрямок векторів впливу зміни зазору (товщини фарби) - α та впливу дефекту β .

Розділ 3. Синтез функціональної схеми системи та її розрахунок. Функціональну схему представлено на рис.1.

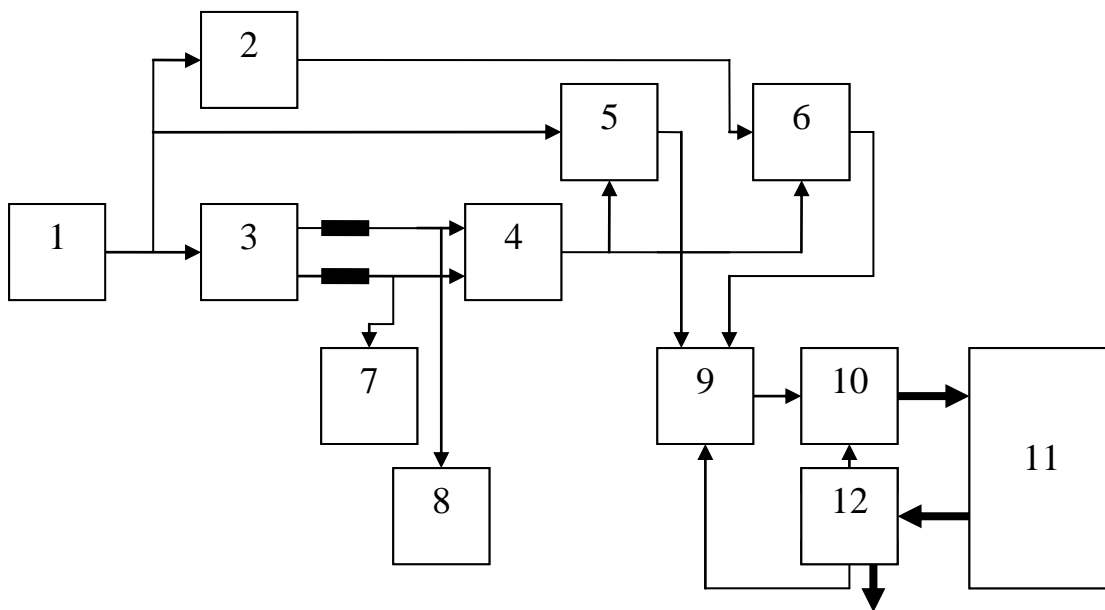


Рис.1. Функціональна (скорочена) схема системи двопараметрового вихрострумівового неруйнівного контролю:

- 1 – генератор; 2 – фазообертач (90°); 3 – фазорозщеплювач (0° і 180°);
- 4 – суматор; 5,6 – фазові детектори (подвійні балансні модулятори);
- 7, 8 – ідентичні вихрострумівові перетворювачі (7 взаємодіє з ОК, 8 – зі зразком матеріалу); 9 – комутатор; 10 – АЦП; 11 – мікроконтролер; 12 – дешифратор.

Залежність вихідних постійних напруг фазових детекторів 5 (U_5) та 6 (U_6) від можливих впливів зазору та дефекту має вигляд:

$$\begin{aligned} U_5 &= P_{заз} \cos \alpha + P_{деф.} \cos \beta, \\ U_6 &= P_{заз} \sin \alpha + P_{деф.} \sin \beta. \end{aligned} \quad (1)$$

Вирішуємо систему двох рівнянь з двома невідомими з метою роздільного визначення впливу зазору (відхилення значення товщини фарби від її номінального значення) та впливу реального дефекту в залежності від його розмірів

$$\begin{aligned} P_{заз.} &= \frac{U_5(\operatorname{tg} \alpha + \sin \beta - \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha)}{\cos \alpha(\sin \beta - \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha)} \\ P_{деф.} &= \frac{U_6 - U_5 \operatorname{tg} \alpha}{\sin \beta - \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha} \end{aligned} \quad (2)$$

Значення напруг U_5, U_6 кодуються АЦП. Підставляючи у формули (2) їх цифрове значення визначаємо відповідно впливи зміни товщини фарби і дефектів теж в цифровому виді.

Оброблення отриманої інформації (значень напруг на виходах фазових детекторів) має виконуватися згідно (2) за допомогою мікропроцесора (мікроконтролера).

Похибки визначення впливів вказаних факторів визначаються похибками формування і вимірювання вихідних напруг фазових детекторів. Ці похибки залежать від нестабільності параметрів схеми вимірювальних перетворень у прямому каналі, з однієї сторони, та нестабільності напруги задаючого генератору, з іншої сторони. Причиною виникнення усіх вказаних похибок є нестабільність напруги живлення електронної схеми вимірювальних перетворень.

Приймаємо вимоги до блока живлення – допустима зміна напруги живлення має бути не більшою за 0,1%.

Вибираємо розрядність АЦП таким чином, щоби похибка квантування була би меншою за 0,1%. За таких умов АЦП повинен мати не менше 8 двійкових розрядів.

Визначаємо сумарну похибку вимірювання параметрів вимірювальних величин розділяючи систематичні похибки та граничні оцінки випадкових похибок за виразом

$$\Delta_{сум} = \Delta_{сум.сист} \pm \Delta_{гран}. \quad (3)$$

Враховуючи рівномірний закону розподілу відхилень ймовірних значень дефектів структури визначаємо ймовірності помилок контролю першого та другого роду:

$$P_1 = \frac{1}{2r} (\Delta_{\text{сум.сист.}} + 0,5\Delta_{\text{гран.}}),$$

$$P_2 = \frac{1}{2r} (0,5\Delta_{\text{гран.}}).$$
(4)

Оцінка помилки контролю знаходимо, як їх суму:

$$P_{\text{ном.}} = P_1 + P_2 = \frac{1}{2r} (\Delta_{\text{сум.сист.}} + \Delta_{\text{гран.}}).$$
(5)

Вірогідність контролю R (reliability) в цьому випадку становить:

$$R = 1 - P_{\text{ном.}}$$
(6)

Відносну вірогідність контролю можемо розрахувати, як:

$$R_{\text{відн.}} = 1 - \frac{P_{\text{ном.}}}{P_{\text{норм.}}},$$
(7)

де $P_{\text{норм.}}$ – ймовірність норми на параметр контролю, яка визначається, як ймовірність значень параметрів контролю $0 \leq d \leq d_{\text{брак.}}$ ($P_{\text{норм.}} = \frac{1}{2r} d_{\text{брак.}}$), тут $d_{\text{брак.}}$ – рівень відбраковування дефектів.

З урахуванням (5) відносна вірогідність контролю становить:

$$R_{\text{відн.}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{сум.сист.}} + \Delta_{\text{гран.}}}{d_{\text{брак.}}}.$$
(8)

Доопрацювання функціональної схеми у частині вибору параметрів окремих вузлів проводимо до тих пір, поки вірогідність контролю не стане вище заданого значення.

7. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ

Графічна частина роботи виконується на 2-3 аркушах формату А1, у повній відповідності з діючими стандартами ЄСКД. Ця частина курсової роботи повинна в наочній формі характеризувати основні розробки та пропозиції виконавця. Типовими графічними матеріалами є: складальне креслення перетворювача та його деталювання, структурна та функціональна схеми, алгоритм роботи приладу.

8. ВКАЗІВКИ ДО ПОРЯДКУ ЗАХИСТУ ПРОЕКТУ

Порядок захисту курсового проекту визначається графіком виконання, як правило через 12 тижнів після отримання завдання, але не пізніше ніж за 2 тижні до початку екзаменаційної сесії. Для захисту курсовий проект має бути підписаний керівником, завідувачем кафедри та затверджений кафедрою.

Попередньо здійснюється:

- нормоконтроль проекту;
- виправлення помилок курсового проекту, що стосуються оформлення і його відповідності нормативно-технічним документам;
- перевірка проекту.

Будь-яке переписування матеріалів літературних джерел або електронних документів (електронних книг, сайтів) неприпустиме.

До захисту допускаються курсові проекти, що виконані в повному обсязі згідно із затвердженим індивідуальним завданням, перевірені керівником і підписані ним на титульному аркуші із зазначенням дати. Рекомендується підписувати проекти таким чином: «До захисту», «Дата», «Підпис керівника».

Захист курсового проекту проводиться публічно за встановленим графіком перед комісією, склад якої затверджується завідувачим кафедрою.

Після захисту проекту і визначення відповідної оцінки на титульному аркуші пояснювальної записки робиться запис: «Оцінка», «Дата», «Підписи членів комісії». Сама робота у складі пояснювальної записки та ілюстративно-графічних матеріалів передається на зберігання матеріально відповідальному кафедрі.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Неразрушающий контроль: в 5 т. / [сост. Герасимов В.Г., Покровский А.Д.; ред. Сухоруков В.В.]. – М.: Высшая школа, 1992 – Электромагнитный контроль. Т.3. – 1992. – 321с.
2. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи / Е. Полищук. – К.: Вища школа, 1981. – 296с.
3. Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. / [сост. Мужичкий В.Ф., Горкунов Э.С., Щербинин В.Е.; ред. Клюев В.В.]. – М.: Машиностроение, 2006. – (Магнитные методы контроля). Т.6: кн. 1 – 2006. – 832 с.: ил.
4. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов / Е.А.Коломбет. – М.: Радио и связь, 1991. – 376 с.
5. Титце У. Полупроводниковая схемотехника. 12е изд.: Т. 1 / У. Титце, К. Шенк. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.: ил.
6. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники / П.П.Орнатский. – К.:Вища школа, 1983. – 544 с.
7. Магнітний неруйнівний контроль: навчальний посібник / Куц Ю.В., Протасов А.Г., Цапенко В.К. та інш. – К: НТУУ "КПІ", 2012. – 139 с.
8. Бондаренко В.И. Аналоговые измерительные приборы: магнитные измерения: учебное пособие / Бондаренко В.И., Дякин В.И., Пискарьов В.И. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007 – 131 с.
9. Магнітний неруйнівний контроль: навчальний посібник / Куц Ю.В., Протасов А.Г., Цапенко В.К., Єременко В.С., Лисенко Ю.Ю. – К: НТУУ "КПІ", 2012. – 139 с.
10. Цапенко В. К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / В. К. Цапенко, Ю. В. Куц. – К: НТУУ «КПІ», 2009. – 431 с., рис. 187.
11. Медицинские приборы. Разработка и применение / [Калашник Д.А., Вабниц А.В., Ревенко С.В. и др.]; под. ред. И.В. Камышко. – М.: Медицинская книга, 2004. – 720с., ил.