

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ
за ДИСЦИПЛІНАМИ

«ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ»,
«ТЕОРІЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ»
(для студентів напрямків підготовки 6.051003 «Приладобудування»
6.050802 «Електронні пристрої та системи»,)

РОЗГЛЯНУТО
на засіданні кафедри
електронної техніки
протокол № __ від _____ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні навчально-
видавничої ради
ДВНЗ «ДонНТУ»
протокол № __ від _____ р.

ДОНЕЦЬК – 2010

УДК 621.391.1: 681.32 : 681.33(07)

Методичні вказівки до курсових проектів за курсами «Електронні системи», «Теорія вимірювальних приладів і систем» (для студентів напрямків підготовки 6.051003 «Приладобудування», 6.050802 «Електронні пристрої та системи» / А.А. Зорі, М.Г. Хламов, В.П. Тарасюк – Донецьк: ДонНТУ, 2010. – 24 с.

У дійсних методичних указівках приведені завдання до курсових проектів, а також методичні вказівки до їх виконання.

Укладачі:

Зорі А.А.

Хламов М. Г.

Тарасюк В.П.

1 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Виконати аналіз показників точності функціонування вимірювальної системи на рис. 1 по виділеному вимірювальному каналі. Настроювання і функціонування вимірювальної системи здійснити методом її імітаційного моделювання.

Вихідними даними для курсового проекту є:

- структурна схема електронної системи, рис.1;
- чисельні значення параметрів сигналів, зведені в табл. 1 (довжина кабельної лінії зв'язку; опір лінії зв'язку; тип і параметри уніфікованого сигналу, яким дані передаються по лінії зв'язку; діапазон вхідних сигналів аналогоцифрового перетворювача; час, протягом якого мультиплексор аналогових сигналів обслуговує вимірювальний канал (ключ каналу замкнути, сигнал вимірювального каналу передається через мультиплексор); час включення ключа каналу мультиплексора; час затримки запису аналогових сигналів у пристрій вибрання-збереження);

- файл з імітаційною моделлю реалізації змін у часі фізико-хімічного параметра об'єкта контролю; реалізація представлена у виді тимчасового ряду процесу з малим кроком Δt ($\Delta t \ll \tau_0$, де τ_0 – період кореляції процесу), довжина реалізації, використовуваної при моделюванні, повинна містити 10 000 крапок тобто довжина реалізації процесу $T = 10\,000 \cdot \Delta t$;

- файл з імітаційною моделлю первинного вимірювального перетворювача;

- файл із не набудованою імітаційною моделлю електронної системи.

Аналіз показників точності функціонування вимірювальної системи повинен включати:

- методом поелементного порівняння результату виміру і значеннями фізико-хімічного параметра об'єкта контролю визначити погрішність вимірів, її середнє значення, середньоквадратичне відхилення, максимальне значення (при довірчій імовірності $\alpha = 0.95$);

- порівняти максимальне значення похибки електронної системи з максимальною величиною похибки процесу квантування;

- установити залежності параметрів похибки електронної системи від числа розрядів вихідного коду АЦП, забезпечити зміну числа розрядів АЦП від 8 до 12.

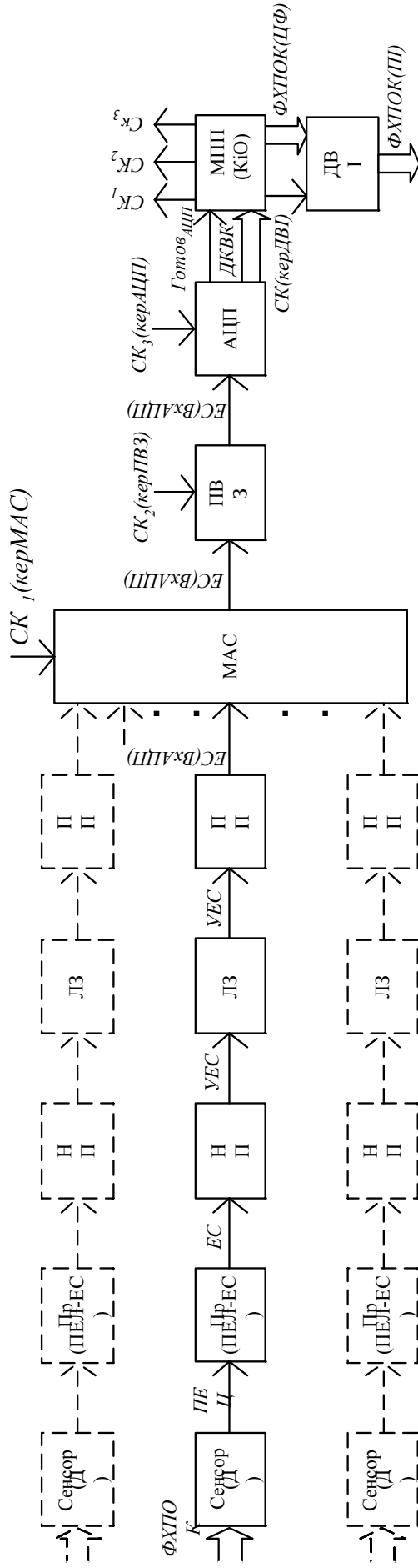


Рисунок -1. Узагальнена структурна схема електронної системи контролю. На схемі позначені пристрої: Д - датчик; Пр (ПЕЛ-ЕС) - перетворювач параметр електричного ланцюга - електричний сигнал; Нпр - перетворювач, що нормує, ЛЗ - коротка лінія зв'язку; ПП - підсилювач, що погодить; МАС - мультиплексор аналогових сигналів; ПВ3 - пристрій вибрання-збереження; АЦП - аналого-цифровий перетворювач; МПП(КіО) - мікропроцесорний пристрій (керування і обробки); ДВ1 - дисплей відображення інформації; сигнали: ФХПОК - фізико-хімічний параметр об'єкта контролю; ПЕЛ - параметр електричного ланцюга; ДКВК - двійковий код входу АЦП; УЕС - уніфікований електричний сигнал; ЕС (Вх АЦП) - електричний сигнал входу АЦП; ДКВК - двійковий код вимірювального каналу; ФХПОК(ЦФ) - фізико-хімічний параметр об'єкта контролю (цифрова форма); ФХПОК(П) - фізико-хімічний параметр об'єкта контролю (перцевитна інформація); СК 1, СК2, СК3, СК4 - сигнали керування відповідно МАС, ПВХ, АЦП, ДВ1.

Таблиця 1 Дані параметрів ланцюгів електронної системи

№ п/п	$U/I_{\text{ЛЗуныф}}, U/m$	$L_{\text{ЛЗ}}, m$	$R_{\text{ЛС}}, \text{Ом}$	$U_{\text{вхАЦП}}, U$	$\Delta\tau_{\text{МА}}, c$	$\tau_{\text{вклМАС}}$	$\tau_{\text{збПВЗ}}$	$\tau_{\text{перетАЦП}}$
1	0 ... 1	200	36.4	0 ... 10	4	3	1	1
2								1
3	0.1...0.1	50	9.1	0 ... 5	4 Δt	2 Δt	1 Δt	1
4	0 ... 5	100	18.2	0 ... 2	5t	2 Δt	1 Δt	1
5	-1 ... +1	50	9.1	0 ... 5	5t	3 Δt	1 Δt	1
6	-5 ... +5	250	45,5	0 ... 2	5t	3 Δt	1 Δt	1
7	4 ... 20	100	18.2	0 ... 10	5t	1 Δt	1 Δt	1
8	0 ... 1	200	36.4	0 ... 5	4	1	1	1
9	-1 ... +1	200	36,4	0 ... 5	4 Δt	3 Δt	1 Δt	1
10	0 ... 10	100	18.2	0 ... 2	5t	2 Δt	1 Δt	1
11								1
12	4 ... 20	200	36.4	0 ... 5	4 Δt	3 Δt	1 Δt	1
13	0 ... 10	100	18.2	0 ... 2	4 Δt	3 Δt	1 Δt	1
14	-0.1 0.1	50	9.1	0 ... 10	5	1	1	
15	4 ... 20	100	18.2	0 ... 5	5t	1 Δt	1 Δt	
16	-1 ... +1	200	36.4	0 ... 2	5t	2 Δt	1 Δt	
17								
18	0 ... 10	100	18.2	0 ... 2	5t	2 Δt	1 Δt	
19	-1 ... +1	200	36.4	0 ... 2	5t	2 Δt	1 Δt	
20								

1	0 ... 1	200	36.4	0 ... 5	4	3		1
2	-1...+0.1	50	9.1	0 ... 1	4	2		1
3	-1 ... +1	50	9.1	0 ... 4	5	3		1
4	0 ... 1	200	36.4	0 ... 2	4	1		1
5	-1 ... +1	200	36,4	0 ... 2	4	3		1
6	0 ... 5	50	9.1	0 ... 10	5	2		1
7	4 ... 20	200	36.4	0 ... 5	4	3		1
8	0 ... 10	100	18.2	0 ... 2	4	3		1
9	-5 ... +5	250	45,5	0 ... 5	4	1		1
10	-0.1 ... 0.1	50	9.1	0 ... 2	5	1		1
11	4 ... 20	100	18.2	0 ... 4	5	1		1
12	0 ... 1	250	45,5	0 ... 4	5	2		1
13	4 ... 20	250	45,5	0 ... 10	4	1		1
14	-1 ... +1	200	36,4	0 ... 5	4	3		1
15	0 ... 5	50	9.1	0 ... 2	5	2		1
16	4 ... 20	200	36.4	0 ... 1	4	3		1
17	-0.1 ... 0.1	50	9.1	0 ... 10	5	1		1

2 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

2.1 Настроювання електронної системи

Настроювання електронної системи, що містить вимірювальний канал, містить три етапи:

- 1) ідентифікація контрольованого параметра об'єкта контролю, визначення значень його стохастичних моментів і функцій, постановка вимог до електронної системи;
- 2) настроювання електронних пристроїв з залученням поставлених до неї вимог;
- 3) настроювання алгоритмів керування функціонуванням електронною системою й обробки результатів вимірів.

2.1.1 Ідентифікація процесу

(контрольованого параметра об'єкта контролю)

При ідентифікації процесу встановлюються:

- до якого класу процесів відноситься розглянутий (детерміновані, випадкові безперервні або дискретні, стаціонарні або нестаціонарні та ін.);
- визначаються оцінки середнього, дисперсії, ексцесу та асиметрії, а також кореляційна функція, функція спектральної щільності потужності, функція щільності імовірностей; за отриманими оцінками і функціям визначаються діапазон зміни контрольованого параметра (ширина довірчого інтервалу зміни контрольованого параметра), ширина спектра зміни контрольованого параметра.

Розділ ідентифікації закінчується постановкою вимог до електронної системи. До складу вимог включаються: вимоги відповідності діапазону зміни вхідного фізико-хімічного параметра (контрольованого параметра об'єкта контролю) діапазонам зміни всіх уніфікованих сигналів; вимоги до смуги частот пропускання електронної системи; вимоги до частоти опитування або періодові опитування вимірювального каналу. При формуванні останнього з відзначених вимог варто виходити з передумови про статистичне використання результатів виміру: обчисленні статистичних моментів і функцій процесу і подальшому їхньому аналізу. Цим визначається вибір критерію добору відліків. Їм виявляється ймовірностно-зональний критерій, при якому відліки повинні бути не коре-

льовані, тобто крок дискретизації повинний вибиратися не менш періоду кореляції процесу. Оскільки використовувана реалізація процесу представлена у виді тимчасового ряду з кроком Δt , то всі тимчасові інтервали при моделюванні обчислюються теж в числі інтервалів Δt . При виборі періоду опитування вимірювального каналу, його варто теж виразити в числі інтервалів Δt . Результат варто округлити у більшу сторону до величин 10, 20, 25, 40, 50, але округлене значення не повинне перевищувати розрахункового більш ніж у два рази.

2.1.2 Формування налагоджувального сигналу електронних пристроїв

У процесі настроювання вимірювальної системи в лабораторних умовах як джерела сигналів (зміни фізико-хімічних параметрів у часі) використовуються зразкові об'єкти, здатні з високим ступенем точності підтримувати в часі значення фізико-хімічних параметрів. До них відносяться зразкові розчини з високо точними значеннями концентрації контрольованих параметрів, установки гідравлічного тиску, що забезпечує будь-яке значення тиску у всьом робочому діапазоні і підтримують його з високою стабільністю, аеро і гідродинамічні стенди, що формують рідинні потоки з заданими параметрами, термостатичні установки, що підтримують з високим ступенем точності температуру в робочій зоні та які забезпечують її перестроювання в діапазоні від мінімальних до максимальних значень і т. п. Настроювальному сигналові відповідає графік послідовної установки і стабільної підтримки трьох значень контрольованого параметра: середнього значення, граничних максимального і мінімального. Перехід з одного рівня на іншій на реальній установці вимагає визначеного часу, що для процесу настроювання вимірювальної системи не представляє інтересу. Тому при моделюванні покладається, що переключення з одного рівня контрольованого параметра на іншій здійснюється миттєво. Тривалість настроювального сигналу приймається рівної тривалості інформаційного сигналу. Тривалість сходинок може бути прийнята довільною. На рис. 2 і 3 приведен приклад програми, що формує трьохрівневий настроювальний сигнал і графік цього сигналу.

$k := 1..10000$ $PM := 6.36$ $P_{cp} := 3.63$ $P_m := 0.89$

```

P :=
  for k ∈ 1..2000
    Pk ← Pcp
  for k ∈ 2001..5000
    Pk ← PM
  for k ∈ 5001..8000
    Pk ← Pm
  for k ∈ 8001..10000
    Pk ← Pcp
P

```

$\Delta t := 0.05$ $t_k := k \cdot \Delta t$

Рис. 2 – Приклад програми формування настроювального сигналу

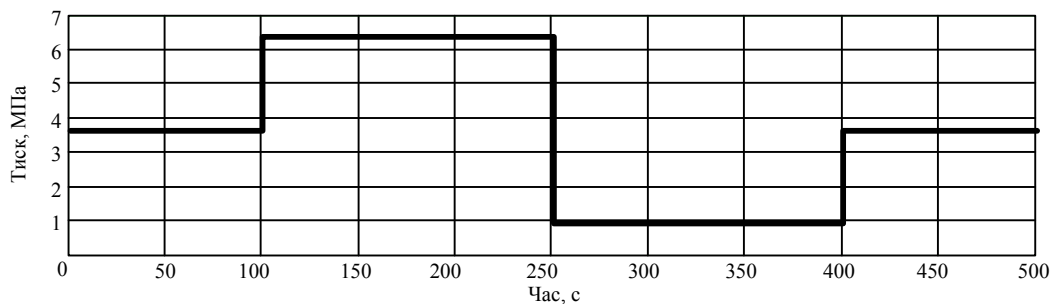


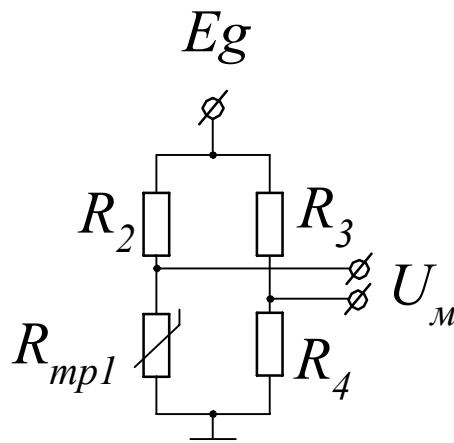
Рис. 3 – Графік настроювального сигналу

Програма формування настроювального сигналу входить до складу програми моделювання настроювання електронної системи.

2.1.3 Настроювання первинного вимірювального перетворювача

Модель вимірювального первинного перетворювача побудована по двохланкової схемі: першою ланкою моделюється статична передатна характеристика, а другою – інерційні властивості перетворювача. Нормування статичної характеристики забезпечується завданням трьох параметрів контрольованого фізико-хімічного процесу: мінімального, середнього і максимального значень. Ці ж значення присутні в настроювальному трьохрівневому сигналі, а програмний модуль формування настроювального сигналу у своєму початку в явному виді містить ці параметри. Тому, на початку програмного модуля моделювання статичної передатної характеристики первинного вимірювального перетворювача, не обов'язково вказувати три значення контрольованого параметра.

Первинні вимірювальні перетворювачі, що містять вимірювальний міст вимагають настроювання цього вузла. Настроювання здійснюється при середнім значенні контрольованого параметра. При цьому вимірювальний міст повинний бути симетричним і збалансованим. Якщо вихідною величиною параметричного датчика є активний опір R , то всі плечі вимірювального моста при середнім значенні контрольованого параметра повинні мати опір рівний вихідному опорів датчика. Приклад настроювання вимірювального моста, що містить терморезистор, наведений на рис. 4. Тут статична характеристика перетворювача описана степеневим поліномом, по якому встановлюється значення вихідного опору терморезистора при середнім значенні температури. Балансування моста і його симетрування забезпечуються вибором значень опорів пліч мосту.



$$R_{трТср} := \sum_{i=0}^7 [A_{T_i} \cdot (T_{ср})^i] \quad R_{трТср} = 1.509 \text{ kOm}$$

$$R_{1тр} := R_{трТср} \quad R_2 := R_{трТср} \quad R_3 := R_{трТср} \quad R_4 := R_{трТср}$$

Рис. 4 – Приклад настроювання вимірювального моста, що містить терморезистор.

Особливість настроювання ПВП тиску з вимірювальним мостом, усі плечі якого містять тензорезистори, полягає в тім, що при середнім значенні параметра (тиску) міст виявляється розбалансованим. Це обумовлено тим, що при середнім значенні параметра група тензорезисторів, що отримують деформацію розтягання і включених в одну діагональ моста, мають робочу крапку на передатній характеристиці в положенні A . При тім же значенні вимірюваного параметра група тензорезисторів, що отримують деформацію стиску і включених у

протилежну діагональ моста, мають робочу крапку на передатній характеристиці в положенні *B* (див. рис. 5). Для забезпечення режиму балансу моста при середнім значенні тиску, у плечі моста з меншим опором включаються додаткові компенсуючі резистори. (див. рис. 6).

У параметричних ПВП з перетворювачами фізико-хімічних параметрів (ФХП) у зміну індуктивності або ємності наступне перетворення в електричний сигнал може бути виконане теж з використанням індуктивного або ємнісного вимірювального моста, на який подають перемінна напруга живлення $1...10\text{кГц}$.

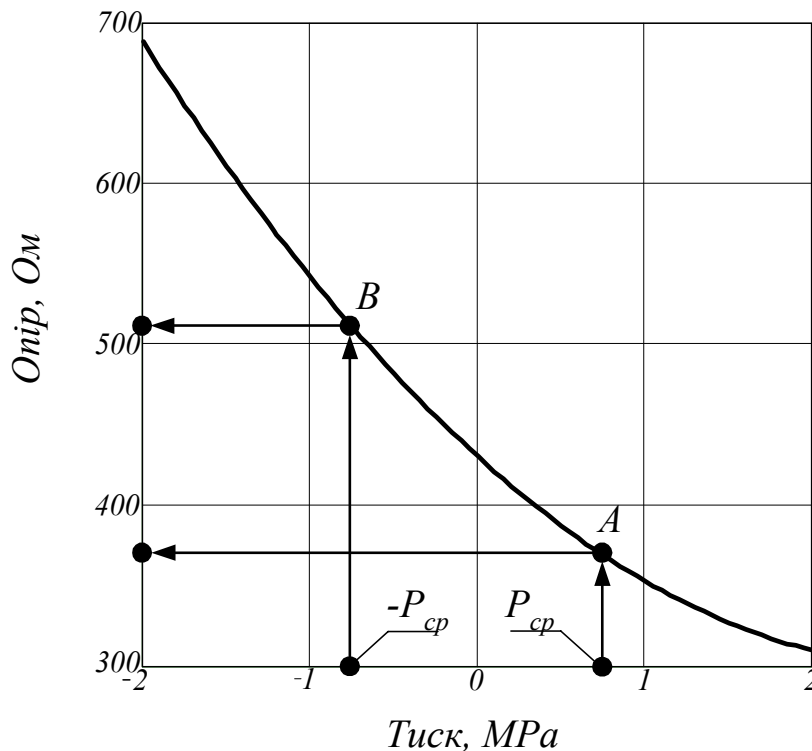


Рис. 5 – Положення робочих точок на передатній характеристиці тензометричного перетворювача тиску при середнім значенні параметра: А -групи тензорезисторів, що отримують деформацію розтягання; В – групи тензорезисторів, що отримують деформацію стиску.

При перетинанні точки балансування моста вихідний сигнал симетричного моста стрибком змінює фазу коливання на 180^0 . Це вимагає введення в пристрій обробки вимірювального сигналу фазо-чуттєвого детектора. Несиметричний вимірювальний міст, у якого зміна реактивного параметра (L або C) не викликає зміни фази вихідного коливання, має вихідний сигнал у виді амплітудно-модульованого. У цьому випадку пристрій обробки вимірювального сигналу має більш просту структуру, але чутливість вимірювального моста нижче.

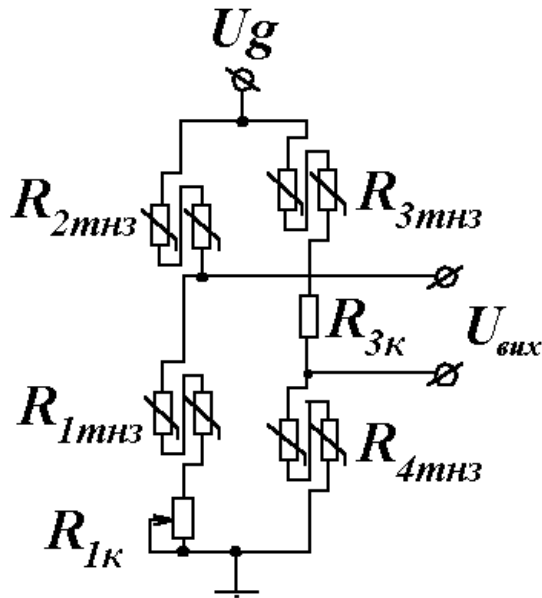


Рис. 6 – Приклад побудови тензорезисторного вимірювального моста з компенсуючими резисторами $R_{1к}$ і $R_{3к}$

Настроювання первинного вимірювального перетворювача закінчується визначенням у статичному режимі максимального і мінімального значень параметрів електричного вихідного сигналу перетворення:

$$\Phi ХП \rightarrow \{R, L, C\} \rightarrow \{ \text{електричний сигнал} \}$$

Для вимірювального моста постійного струму або попереднього підсилювача фотоструму це максимальне і мінімальне значення вихідних напруг. Для моста перемінного струму це максимальне і мінімальне значення амплітуди вихідної напруги моста.

Настроювання інших варіантів ПВП впливають з опису цих перетворювачів (див. файл завдання «ПВП») і уточнюється в ході індивідуальних консультацій.

2.1.4 Визначення показників точності настроювання параметрів нормуючого перетворювача і погоджуючого підсилювача

Настроюванні параметри віднесемо до двох груп: вхідні і вихідні параметри нормуючого перетворювача. Максимальне значення похибки настроювання параметрів не повинна перевищувати половини одиниці молодшого розряду АЦП, приведеного до діапазону зміни параметра, що настроюється, і

округлене до найближчого меншого кратного 1, 2, 5, що буде відповідати: для параметрів вхідних ланцюгів нормуючого перетворювача, наприклад

$$\Delta\Delta U_{вх} = \frac{|U_{вх ПМ} - U_{вх НПМ}|}{2 \cdot 2^{kk}} \quad \Delta\Delta U_{вх} = 0.000282241$$

після округлення будемо мати $\Delta\Delta U_{вх} = 0.2 \text{ мВ}$; з розрахованим показником точності повинні визначатися напруги зсуву; для параметрів вихідного ланцюга нормуючого перетворювача, наприклад,

$$\Delta\Delta U_{вих} = \frac{|U_{вих ПМ} - U_{вих НПМ}|}{2 \cdot 2^{kk}} \quad \Delta\Delta U_{вих} = 0.004882813$$

після округлення будемо мати $\Delta\Delta U_{вих} = 2 \text{ мВ}$ із розрахованим показником точності повинні визначатися значення вихідного параметра (напруги або струму).

2.1.5. Налаштування нормуючого перетворювача

Нормуючий перетворювач, реалізований за схемою диференціального вимірювального підсилювача на рис. 7. Нормуючий перетворювач має три основних регульованих параметри: коефіцієнт передачі і дві напруги зсуву. Кожний з параметрів має два рівні регулювання: широкодіапазонне перестроювання параметра – регулювання «Грубо»; вузькодіапазонне підстроювання параметра – регулювання «Точно». Налаштуванням коефіцієнта передачі забезпечуються уніфіковані параметри вихідного сигналу нормуючого перетворювача. За допомогою першого вузла зсуву усувається систематичний зсув вихідного сигналу, викликаний напругами зсуву операційних підсилювачів, що входять у схему нормуючого перетворювача. Вважається, що систематичний зсув у процесі моделювання не змінюється. Другим вузлом зсуву забезпечується збіг параметрів вихідного сигналу перетворювача з параметрами уніфікованого сигналу. Причому нижньому рівневі уніфікованого сигналу повинний відповідати мінімум контрольованого параметра (нижня границя довірчого інтервалу діапазону зміни контрольованого параметра), а верхньому рівневі уніфікованого сигналу - максимум контрольованого параметра (верхня границя довірчого інтервалу діапазону зміни контрольованого параметра)

Налаштування нормуючого перетворювача, може бути виконана по різних методиках. У тому числі, наприклад, по наступній.

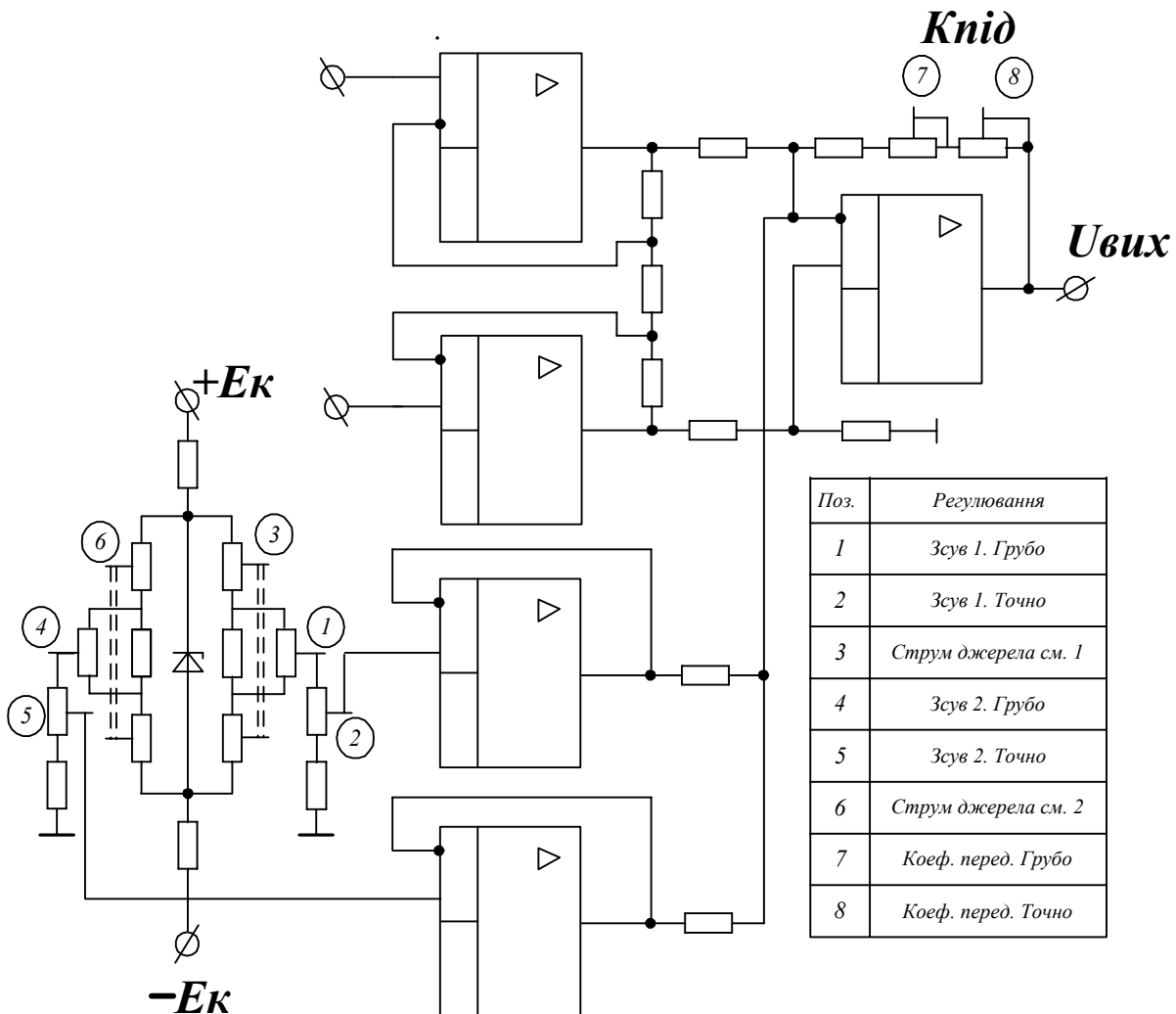


Рис. 7 – Схемне рішення нормуючого перетворювача, використовуване при моделюванні

Методика настроювання нормуючого перетворювача, (масштабних перетворювачів, погоджувачів підсилювачів).

Визначення показника точності настроювання параметрів нормуючого перетворювача виконуються відповідно до п. 2.1.4.

1. Початкові установлення.

Відключити нормуючий перетворювач від джерела сигналів і його входні затиски замкнути. Усі регулювання (першого і другого вузлів зсуву і коефіцієнта передачі) установити у вихідний стан. Моделювання відзначених дій виконується операторами:

$$U_{вхНП_k} := E_{м_k} \blacksquare \quad - \text{джерело сигналу відключене від входу НП};$$

$$\begin{array}{ll}
 U_{\text{вхНПк}} := 0 & \text{– вхід НП закорочен;} \\
 n_{1\text{смНПгрубо}} = 0 ; & n_{1\text{смНПточно}} = 0 ; \\
 n_{2\text{смНПгрубо}} = 0 ; & n_{2\text{смНПточно}} = 0 ; \\
 n_{\text{КНПгрубо}} = 0 ; & n_{\text{КНПточно}} = 0.
 \end{array}$$

2. Обидва джерела зсувів установити в нуль.

Маніпулюючи регулюванням встановлення зсувів домогтися максимально близьких до нуля значень напруг зсуву вихідного сигналу нормуючого перетворювача - $U_{\text{см}1}$ і $U_{\text{см}2}$.

3. Настроювання коефіцієнта передачі.

До входу нормуючого перетворювача підключити джерело сигналу.

Визначитися зі знаком коефіцієнта передачі нормуючого перетворювача. Якщо вихідний сигнал джерела є протифазним настроювальному сигналові: максимумі настроювального сигналу відповідає мінімум сигналу джерела, – то знак коефіцієнта передачі повинний бути «-1», якщо вони збігаються, то – «1».

Маніпулюючи настроюваннями коефіцієнта передачі домогтися різниці між максимальним і мінімальним значенням вихідного сигналу нормуючого перетворювача рівним значенню ширини діапазону заданого уніфікованого сигналу з установленою точністю.

4. Компенсація систематичного зсуву.

Відключити джерело сигналу. Вхід нормуючого перетворювача закоротити.

Вихідний сигнал нормуючого перетворювача містить тільки систематичний зсув. Вимірити величину систематичного зсуву.

Маніпулюючи органами настроювання першого вузла зсуву, домогтися з установленою точністю компенсації систематичного зсуву вихідного сигналу.

5. Настроювання уніфікованих параметрів вихідного сигналу.

До входу нормуючого перетворювача підключити джерело сигналу.

Маніпулюючи органами настроювання другого вузла зсуву, домогтися з установленою точністю збігу максимального значення вихідного сигналу нормуючого перетворювача з верхньою границею необхідного уніфікованого діапазону сигналів. Вимірити значення мінімуму сигналу. Воно повинно збігатися з установленою точністю з нижньою границею уніфікованого діапазону. Невиконання останнього вимагає точного підстроювання або другого зсуву, або коефіцієнта передачі, або обох цих параметрів.

Результати настроювання як проміжні, так і остаточні повинні бути зведені в таблицю, що приводиться в розділі настроювання електронної системи пояснювальної записки курсової роботи. Приклад таблиці приведений нижче.

Таблиця 2 – Послідовність і результати настроювання нормуючого перетворювача

$U_{\text{вхНП}}, \text{У}$	$U_{\text{вхсм1}}, \text{У}$	$U_{\text{вхсм2}}, \text{У}$	$U_{\text{вихНП}}, \text{У}$	Примітки
$\Delta U_{\text{вхНП}}$ 0.2 мВ			$\Delta U_{\text{вихНП}}$ 2 мВ	1
0	-0.2156	-0.5834	5.8943	2
0	0.0001	0.0002	65.8 мВ	3
$\Delta U_{\text{вхНП}}$ 0.5781	0.0001	0.0002	$\Delta U_{\text{вихНП}}$ 9.9998	4
0	-0.0031	0.0002	-0.0002	5
-0.2770	-0.0031	-0.301	9.9997	6
0.301	-0.0031	-0.301	-0.0001	6

$$U_{\text{вихНПм}} = 9.9997$$

$$U_{\text{вихНПм}} = -0.0001$$

У ході подальшої роботи настроювання нормуючого перетворювача не змінюються.

2.1.6 Моделювання процесів настроювання ланки лінії зв'язку

Настроювання моделі безінерційної короткої лінії зв'язку без перешкод вимагає введення значення опору лінії зв'язку $R_{ЛЗ}$ із таблиці даних згідно варіанта завдання. Опір лінії зв'язку використовується для визначення коефіцієнта передачі лінії зв'язку при відомих погоджених по напрузі вихідному опорі джерела сигналів і навантаження:

$$k_{ЛЗ} = \frac{R_H}{R_H + R_{ЛЗ} + R_D}$$

Установлюються максимальне і мінімальне значення вихідного сигналу лінії зв'язку.

2.1.7 Моделювання настроювання погоджувального підсилювача

Погоджувальний підсилювач виконує перетворення уніфікованого сигналу у формат вхідних сигналів АЦП. Особливо строго повинні відповідати діапазони зміни вихідного сигналу цього підсилювача й АЦП щоб уникнути збільшення похибки засобу виміру через ефект «зашкалення».

Настроювання погоджувального підсилювача виконується по тій же методиці, що і нормуючого перетворювача і включає: визначення показників точності настроювання вхідних і вихідних параметрів погоджувального підсилювача, компенсацію систематичного зсуву підсилювача, настроювання коефіцієнта передачі і забезпечення необхідних границь діапазону вихідних сигналів, погоджених з діапазоном вхідних сигналів АЦП.

Особливо строгій відповідності повинні відповідати діапазони зміни вихідних сигналів масштабних перетворювачів і АЦП, щоб уникнути збільшення похибки засобу виміру через ефект «зашкалення».

2.1.8 Моделювання процесів настроювання мультиплексора аналогових сигналів, пристрою вибрання-збереження

Настроювання мультиплексора аналогових сигналів МАС і пристрою виворення-збереження зводиться до призначення значень параметрів: періоду опитування каналу Δk , тривалості стану відкритого ключа каналу МАС – $\Delta \tau$, часу включення МАС – $\Delta \tau_{\text{вклМАС}}$, тривалості часу запису даних в аналоговій формі в ПВЗ – $\Delta \tau_{\text{занПВЗ}}$, Контроль за правильністю функціонування цих пристроїв здійснюється по їхніх вихідних сигналах і параметрам (див. рис.8). Усі відзначені величини задаються у формі цілих десяткових чисел і відповідають кратності цих інтервалів періоду Δt . Значення параметра Δk визначається як описане в п. 2.1.1.

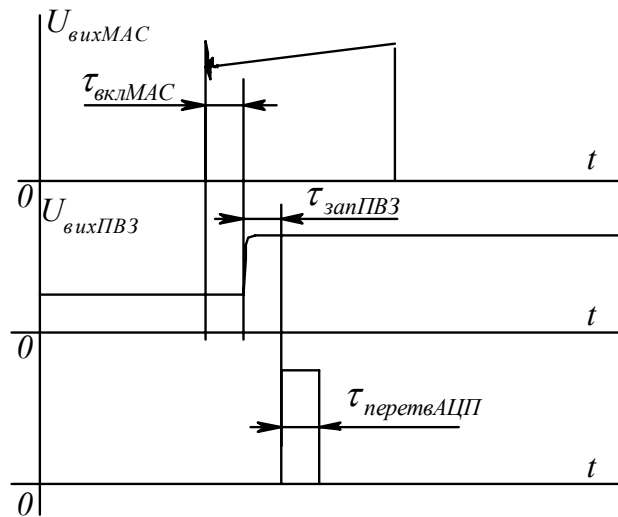


Рис. 8 – Взаємне положення в часі вихідних сигналів МАС і ПВЗ, а також інтервалу часу перетворення АЦП

2.1.9 Моделювання процесів настроювання аналого-цифрового перетворювача.

Моделювання функціонування АЦП здійснюється відповідно до методу поразрядного зважування. На етапі настроювання електронної системи покласти число двійкових розрядів вихідного коду АЦП рівним 10. Діапазон вхідних сигналів АЦП заданий у вихідних даних. Настроювання АЦП зводиться до визначення і задання вагових напруг усіх розрядів. Вагові напруги задаються у виді одномірного вектора з числом позицій рівним числу двійкових розрядів вихідного коду АЦП. Старшому розрядові відповідає нульова позиція, молодшому – дев'ята. Вагова напруга старшого розряду приймається рівною половині діапазону вхідних сигналів АЦП. Другого розряду – $\frac{1}{4}$ діапазону (удвічі менше вагової напруги першого розряду). Кожного наступного розряду вдвічі менше вагової напруги попереднього розряду. Взаємна точність узгодження значень вагових напруг (особливо старших розрядів) не повинна перевищувати половини вагової напруги молодшого розряду. Рекомендується призначати вагові напруги з точністю до 0.1 мВ .

2.1.10 Моделювання настроювання алгоритму масштабування (перебування номінальної характеристики перетворення)

Моделювання настроювання алгоритму **масштабування** імітується шляхом подачі на вхід моделі багаторівневого (12–24 рівнів) каліброваного сигналу

(рис.9) і виключення усіх видів шумів. Кожному рівневі каліброваного сигналу, як і настроювального (див. п. 2.1.2), відповідає значення еталона ФХП. Набір еталонів формується тими ж методами і засобами. Залишається в силі зауваження з приводу переключення еталонів. Тривалість каліброваного сигналу приймається рівної тривалості інформаційного сигналу. Формуються два масиви: значень каліброваних рівнів і їхні двійкові еквіваленти вихідного коду АЦП (рис.10), що являє собою експериментальну представлену набором точок градувальну характеристику $T_{em}(KOD2)$. Оскільки при цифровій обробці даних вибір системи числення, у якій виконується ця обробка, не має принципового значення, то здійснюється перетворення цілих двійкових чисел $KOD2$, якими є вихідні кодові комбінації АЦП, у десяткові числа $KOD10$.

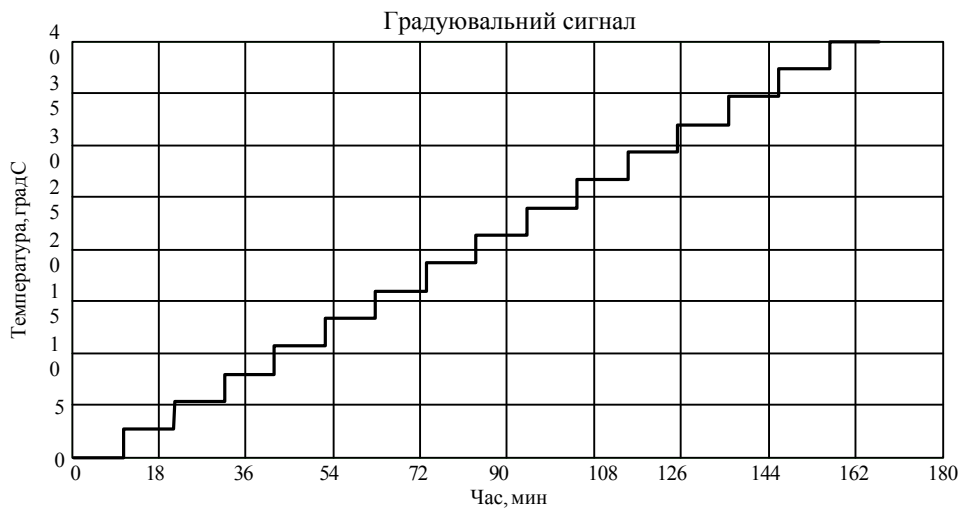


Рис. 9 – Багаторівневий градувальний сигнал

Методом найменших середніх квадратів градувальна характеристика $T_{em}(KOD10)$ апроксимується статичним поліномом $TMOD(KOD10)$ (рис.11), що представляє номінальну характеристику перетворення електронної системи по розглянутому каналі (див рис.12). Проводяться дослідження з вибору ступеня апроксимуючого полінома. Градувальна характеристика $TMOD(KOD10)$

	0		0		0		0				
ТэТ =	0	0.000	KOD2G =	0	0000000000	ТМOD =	0	0.007	ε =	0	-0.007
	1	2.667		1	0000101010		1	2.646		1	0.021
	2	5.333		2	0001011100		2	5.349		2	-0.016
	3	8.000		3	0010010100		3	8.005		3	-0.005
	4	10.667		4	0011010010		4	10.656		4	0.01
	5	13.333		5	0100010110		5	13.342		5	-0.009
	6	16.000		6	0101011101		6	15.982		6	0.018
	7	18.667		7	0110101001		7	18.676		7	-0.009
	8	21.333		8	0111110111		8	21.345		8	-0.011
	9	24.000		9	1001000110		9	23.997		9	0.003
	10	26.667		10	1010010101		10	26.649		10	0.018
	11	29.333		11	1011100100		11	29.344		11	-0.01
	12	32.000		12	1100110000		12	32.007		12	-0.007
	13	34.667		13	1101111001		13	34.658		13	0.008
	14	37.333		14	1110111111		14	37.336		14	-0.002
	15	40.000		15	1111111111		15	39.993		15	0.007

Рис. 10 – Значення ФХП набору еталонів (T_{em}), їм відповідний набір двійкових кодових комбінацій АЦП ($KOD2G$), їм відповідні значення градуювальної характеристики ($ТМOD$) і значення похибок градуювальної характеристики в точках градуювальних рівнів (ϵ)

$$A := \begin{pmatrix} 0.258304145061232 \\ 0.056825389053131 \\ -0.000040862250359 \\ 2.29845131605464 \times 10^{-8} \end{pmatrix} \quad ТМOD_i := \sum_{k=0}^m A_k \cdot (KOD10_i)^k$$

Рис. 11 – Градуювальна характеристика, описана степеневим поліномом $ТМOD(KOD10)$

повинна відрізняється від експериментальної $T_{em}(KOD10)$ у крапках, що належать градуювальним рівням на величину не більш половини максимальної похибки процесу квантування ФХП. У розглянутому випадку ця величина визначається як

$$\Delta TМOD = \frac{ТМ - Тm}{2 \cdot 2^{10}}$$

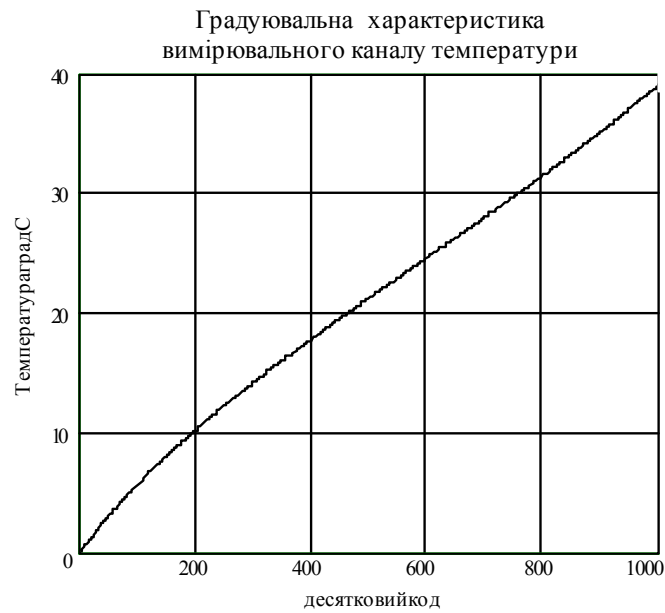


Рис. 12 – Номінальна характеристика перетворення електронної системи

Порівнянням відновлених алгоритмом значень градувальних рівнів з їх вихідними еталонними значеннями виявляються показники точності статичної характеристики перетворення моделі електронної системи, що визначаються як:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i ;$$

$$\tilde{\sigma}_{\varepsilon}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2 ;$$

$$\varepsilon_{max} = \left| \bar{\varepsilon} \pm \tilde{\sigma}_{\varepsilon} \cdot t_{\alpha} \right|_{max} ; ;$$

тут t_{α} – коефіцієнт Ст'юдента при $N-1$ ступенях волі і рівні значимості α (довірчої імовірності).

Для розглянутого приклада показники точності прийняли наступні значення:

Припустиме значення максимальної похибки апроксимації градувальної характеристики, ΔT_{MOD} , град З	0,02
Абсолютне значення максимальної похибки ε_{max} , град З	0.02
Средньо - квадратичне відхилення похибки, $\tilde{\sigma}_{\varepsilon}$ град З	0.012
Середнє значення похибки, $\bar{\varepsilon}$ град З	0.0004

Градууювальник поліном на рис.11 далі використовується як масштабуючий при дослідженнях функціонування електронної системи. Використовуючи цей поліном здійснюється перетворення десяткових еквівалентів *KOD10* у цифровий результат виміру ФХП *TMOD*.

Для забезпечення досліджень залежності похибки вимірів від числа розрядів АЦП у розділі моделювання настроювання алгоритму масштабування варто установити значення коефіцієнтів степеневого полінома при різних значеннях числа розрядів АЦП: 8, 9, 11, 12 (значення коефіцієнтів при 10 розрядному АЦП повинні бути визначені раніше). При цьому ступінь полінома й інших настроювань залишаються тими ж, що і були встановлені при 10 розрядному АЦП.

2.2 Дослідження процесів функціонування імітаційної моделі електронної системи

Підключивши до моделі, що настроєна, електронної системи сигнал зміни фізико-хімічного параметра, виконати дослідження залежностей параметрів приведеної похибки результату виміру від числа двійкових розрядів АЦП. Число розрядів АЦП повинне змінюватися з кроком рівним 1 у діапазоні [8,12].. Похибку виміру установити методом звірення результатів виміру зі значеннями фізико-хімічного параметра, заданого вихідною реалізацією. Приведення похибки виконати до діапазону зміни фізико-хімічного параметра. Максимальне значення похибки визначити максимальною по модулю границею довірчого інтервалу перебування похибки при її нормальному розподілі і довірчій імовірності $\alpha = 0.95$. Побудувати графіки залежностей максимальної, середнього значення і середньоквадратичного відхилення похибки від числа розрядів АЦП. У процесі функціонування електронної системи можуть мати помста явища «зашкалення», супроводжувані появою аномальних за значенням похибок, що зв'язано з виходом контрольованого ФХП із діапазону контролю, наприклад, температури T з діапазону $[T_{min}, T_{max}]$. При обробці результатів вимірів (обчисленні параметрів погрішностей) аномальні похибки повинні бути виключені.

3 ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Структура й оформлення пояснювальної записки по курсового проекту повинні відповідати ДСТ-95 України. Пояснювальна записка повинна містити: завдання на курсового проекту, реферат роботи, зміст, орієнтований вид якого може включати:

Вступ

1 Результати попередніх досліджень

2 Моделювання процесу налаштування вузлів електронної системи

2.1 Формування налаштовувального сигналу

2.2 Налаштування первинного вимірювального перетворювача

2.3 Моделювання налаштування нормуючого перетворювача

2.4 Моделювання процесів налаштування ланки лінії зв'язку

2.5 Моделювання налаштування погоджувального підсилювача

2.6 Моделювання процесів налаштування мультиплексора аналогових сигналів, пристрою вибрання-збереження і аналого-цифрового перетворювача

2.7 Налаштування аналого-цифрового перетворювача

3 Моделювання процесів налаштування алгоритмів обробки даних контролю.

Градування електронної системи

4 Моделювання процесу функціонування електронної системи.

Висновок

Список використаних літературних джерел

Додатки

Основний зміст курсового проекту складають чотири файли, виконаних у пакеті Mathcad: програма ідентифікації об'єкта контролю; програма моделювання налаштування пристроїв електронної системи; програма моделювання градування електронної системи; програма моделювання функціонування електронної системи. З цих програм у пояснювальну записку виносяться фрагменти програм, результати моделювання, графіки, якими ілюструються розділи записки. Обсяг пояснювальної записки 30 – 35 сторінок надрукованих на принтері. Програми оформляються у виді додатка до пояснювальної записки, наприклад, у такий спосіб:

Список додатків

ДОДАТОК А – Програма ідентифікації об'єкта контролю.

ДОДАТОК Б – Програма моделювання настроювання пристроїв електронної системи.

ДОДАТОК В – Програма моделювання градування електронної системи.

ДОДАТОК Г – Програма моделювання функціонування електронної системи.

Додатки розміщуються на 3,5 дюймовій дискеті в паперовому конверті приклеєному на останній сторінці пояснювальної записки.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

1. Методы цифрового моделирования и идентификации стационарных случайных процессов в информационно-измерительных системах / А.Н. Лебедев, Д.Д. Недосекин, Г.А. Стеклова, Е.А. Чернявский. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1988. – 64 с.

2. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Вып. 1. Прогноз и управление : Пер. с англ. / Под ред. В.Ф. Писаренко. – М.: Мир, 1974. – 408 с.

3. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974. – 464 с., ил

4. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. Учеб. Пособие для студентов приборостроит. специальностей. – М.: Высш. шк., 1991. – 622 с

5. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. – М., Сов. Радио, 1979. – 368 с.

6. Измерения в промышленности. Справ. изд. В 3-х кн. Кн. 1. Теоретические основы. Пер. с нем. /Под ред. Профоса П. – М.: Металлургия, 1990. – 492 с

7. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи. – Киев: Вища школа, 1981. – 296 с.

8. Методы обработки результатов наблюдений при измерениях./ Труды метрологических институтов СССР. – Выпуск 134 (194): Изд-во стандартов, 1972.– 118 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

Методичні вказівки
до курсових проектів з дисциплін
“Електронні системи”, “Теорія систем”
(для студентів напрямків підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та
системи», 6.051003 «Приладобудування»)
Зорі А.А, Хламов М.Г., Тарасюк В.П.
Донецьк: ДонНТУ, 2010