

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«Оптоелектронні вимірювальні системи»
для студентів спеціальності: 8.090903 "Наукові, аналітичні та
екологічні прилади та системи"»

РОЗГЛЯНУТО
на засіданні кафедри
електронної техніки
протокол № _ від __.04.11 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні навчально-
видавничої ради
ДВНЗ «ДонНТУ»
протокол № _ від ____ 2011 р.

УДК 543.42:543.27

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Оптоелектронні вимірювальні системи» для студентів спеціальності: 8.090903 "Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи") / М.Г. Хламов – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – 15 с.

В методичних вказівках наведено завдання до лабораторних робіт з дисципліни «Оптоелектронні вимірювальні системи», а також методичні вказівки до їх виконання.

Укладач: к.т.н., проф. Хламов М.Г.

Рецензент к.т.н., доц. Червинський В.В.

ЗМІСТ

	Стор.
Лабораторна робота 1. Дослідження оптоелектронної вимірювальної системи	4
Лабораторна робота 2. Дослідження і оптимізація параметрів моделі оптико-акустичного газоаналізатора.....	7
Лабораторна робота 3. Дослідження моделі інфрачервоного гігрометра.....	13

Лабораторна робота 1

Дослідження оптоелектронної вимірювальної системи

Метою лабораторної роботи є вивчення основних структурних компонентів оптико-електронних систем (ОЭС), процесів формування оптичних сигналів, перетворення їх в електричні і отримання результату вимірювань.

Структурно комп'ютерна модель ОЭС представлена у вигляді наступних блоків: блоку формування оптичного потоку випромінювання напівпровідниковим електро-люмінесцентним джерелом; блоком формування процесу проходження оптичного сигналу через оптичну схему з описом проходження оптичного сигналу через оптичні компоненти і обліку втрат випромінювання в них, описи взаємодії оптичного сигналу з газовим середовищем, поглинання випромінювання аналізованої компоненти і виявлення величини поглиненого потоку; блоку моделювання вимірювальних перетворень оптичного сигналу фотоприйомним пристроєм, обчислення вихідної напруги фотоприйомного пристрою.

Програма досліджень.

Частина 1.

1. Вивчити суть методу, оптико-абсорбції вимірювання прямого поглинання і його застосування, для вимірювання концентрації газових компонент (див. електронний файл: «Німець – Спектральний аналіз неорганічних газів»).

2. Встановити спектральні характеристики вихідних сигналів електро-люмінесцентного джерела випромінювання, спектральну характеристику оптичного каналу і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти, спектральну характеристику вихідного сигналу оптичного каналу, величину поглиненого потоку в оптичному каналі і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти.

3. Вивчити методи опису і обліку втрат випромінювання в елементах оптичної схеми.

4. Вивчити принцип роботи фотоприймача на явищі внутрішнього фотоефекту і методику математичного опису вимірювальних перетворень оптичних сигналів в електричні.

5. Виконати настройку електронних пристроїв обробки вимірювального

електричного сигналу процесорного засобу вимірювання. Методику настройки дивися в електронному файлі «ЕлС(ЕС) – НАП(ТІС) – МУ до КП – 2010»

6. Встановити характеристику перетворення ОЭС. Для визначення характеристики перетворення використовувати багаторівневий випробувальний сигнал. Характеристику перетворення апроксимувати статечним поліномом по методу найменших квадратів. Ступінь полінома визначити з умови: максимальна погрішність апроксимації не перевищує 0,1 % діапазону зміни концентрації контрольованої газової компоненти.

7. Визначити основні метрологічні параметри ОЭС. Для визначення цих параметрів використовувати випробувальний сигнал, що лінійно змінюється.

Частина 2.

1. З використанням випробувального сигналу, що лінійно змінюється, виконуються дослідження впливу точності юстирування оптичної схеми на основні метрологічні параметри ОЭС. Точність юстирування моделюється зсувами оптичних осей оптичного променя і фотоприймача.

2. Встановити допустиме значення погрішності юстирування оптичних осей фотоприймача і променя випромінювання, якщо приведена погрішність СІ не повинна перевищувати 1%.

Зміст звіту

1. Мета лабораторної роботи.

2. Початкові дані: структурна схема комп'ютерної моделі і опис принципу функціонування ОЭС.

3. Спектральні характеристики вихідних сигналів електролюмінесцентних джерел випромінювання, спектральна характеристика оптичного каналу і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти, спектральна характеристика вихідного сигналу оптичного каналу, величина поглиненого потоку у в оптичному каналі і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти.

4. Опис і обліку втрат випромінювання в елементах оптичної схеми і їх оцінки.

5. Принцип роботи фотоприймача на явищі внутрішнього фотоефекту і опис вимірювальних перетворень оптичних сигналів в електричні, оцінки величини вихідної напруги фотоприйомного пристрою.

6. Результати (протокол) настройки електронних пристроїв обробки

вимірювального електричного сигналу процесорного засобу вимірювання.

7. Характеристика перетворення ОЭС і оцінки погрішності її апроксимації статечним поліномом.

8. Основні метрологічні параметри ОЭС (оцінки середнього, дисперсії, с.к.в., максимальної похибки).

9. Результати дослідження впливу точності юстирування оптичної схеми на основні метрологічні параметри ОЭС.

10. Оцінка допустимої значення погрішності юстирування оптичних осей фотоприймача і променя випромінювання.

11. Висновки по роботі.

Контрольні питання для самоперевірки

1. Поясніть суть методу, оптико-абсорбції вимірювання прямого поглинання і його застосування, для вимірювання концентрації газових компонент.

2. Якими засобами досягається вибірковість методу, оптико-абсорбції?

3. Поясніть принцип роботи фотоприймача на явищі внутрішнього фотоефекту.

4. Які процеси протікають у фотоприймачі на явищі внутрішнього фотоефекту?

5. Чи існують методи підвищення чутливості фотоприймача на явищі внутрішнього фотоефекту?

6. У чому полягає градування вимірювальних ланцюгів?

7. Що таке «чутливість вимірювального перетворювача» і як вона визначається по характеристиці перетворення?

8. Як впливають параметри точності юстирування оптичної схеми на основні метрологічні параметри ОЭС?

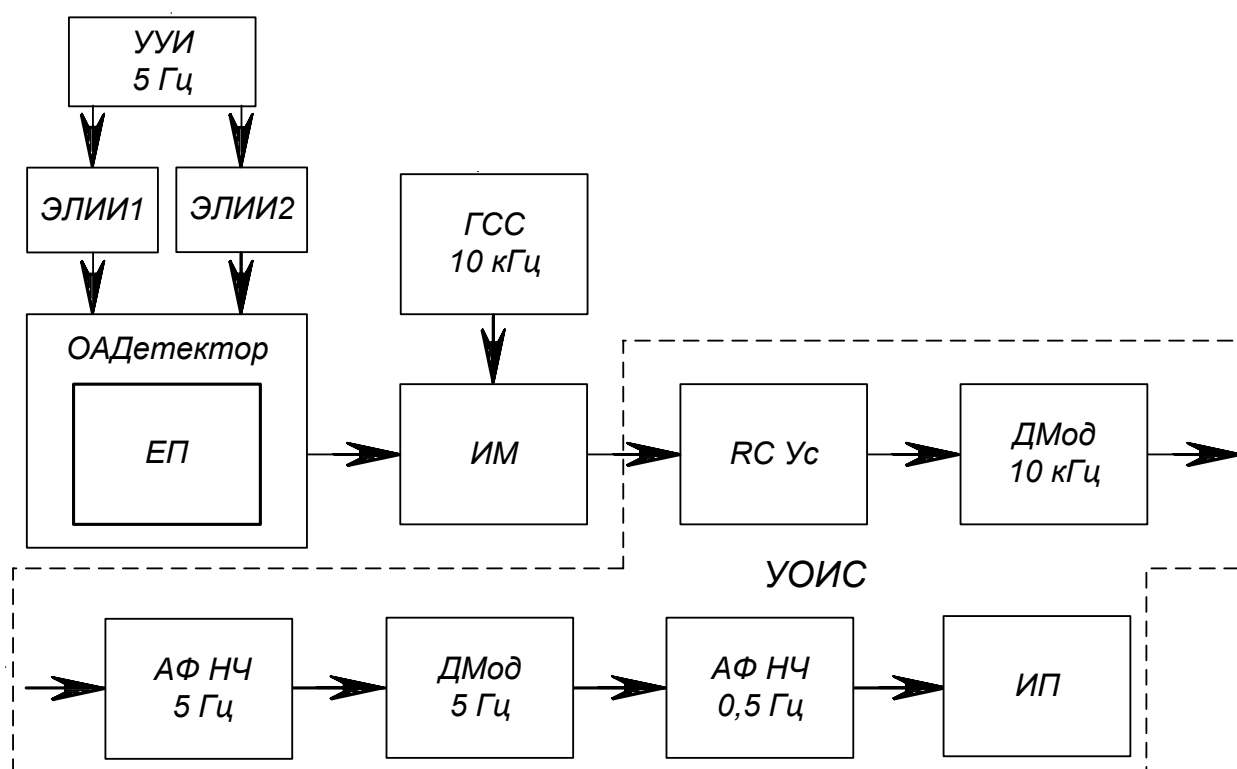
Лабораторна робота 2

Дослідження і оптимізація параметрів моделі оптико-акустичного газоаналізатора

При підготовці до лабораторної роботи студент повинен вивчити рекомендовані матеріали з описом фізичних основ оптико-акустичного (ОА) ефекту і його застосування в оптоелектронних вимірювальних приладах і системах. Матеріали представлені у вигляді електронних файлів на сервері комп'ютерного класу кафедри електронної техніки з іменами: «1. Оптико-акустичний ефект і його фізичні основи», «2. Оптико-акустичний метод вимірювання концентрації газів», «3. Детектор оптико-акустичного газоаналізатора», «4. Оптико-акустичний -газоаналізатор».

Оптико-акустичний газоаналізатор (ОАГ) задається у формі комп'ютерної моделі в трьох варіантах. Варіанти задаються викладачем.

Структурна схема ОАГ приведена на мал. 1



Малюнок 1 – Структурна схема ОАГ

Структурно модель ОАГ представлена у вигляді наступних блоків: блоку формування оптичного потоку напівпровідниковим електро-люмінесцентним джерелом випромінювання; блоком формування процесу проходження

оптичного сигналу через оптичну схему детектора ОАГ (ОАД) з описом проходження оптичного сигналу через оптичні компоненти і обліку втрат випромінювання в них, описом взаємодії оптичного сигналу з газовим середовищем, поглинанням випромінювання аналізованої компоненти і виявлення величини поглиненого потоку; блоку моделювання термодинамічних процесів в детекторі ОАГ і визначення механічних деформацій чутливого елемента перетворювача (ЕП), місткості, обчислення вихідного параметра перетворювача; блоку моделювання процесів формування вихідного сигналу несиметричного реактивного вимірювального моста; блок моделювання процесів в пристрої обробки вимірювального сигналу (УОИС), що включає процеси посилення і демодуляції сигналу 10 кГц , виділення активним фільтром низьких частот і демодуляції сигналу 5 Гц , виділення інформаційного сигналу з шириною спектру до 0.5 Гц ; блоку формування показань вимірювального приладу (ИП) і його градування в одиницях концентрації аналізованої газової компоненти.

Програма досліджень.

Частина 1. Дослідження базового варіанту моделі ОАГ.

Дослідження виконати з наступними даними

Варіант	F_{01} , мм	l, см	dM, см	$\gamma_{\text{доп}}$ %
1	19,0	10	3,0	0,1
2	50,8	10	3,0	0,2
3	38,1	12,5	2,5	0,1

1. Вивчити суть ОА-ефекту і його застосування.
2. Встановити спектральні характеристики вихідних сигналів електролюмінесцентних джерел випромінювання, спектральну характеристику оптичного каналу і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти, спектральну характеристику вихідного сигналу оптичного каналу, величину поглиненого потоку в кюветі ОАД (у оптичному каналі) і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти.
3. Встановити залежність деформації чутливого елемента перетворювача, місткості, від величини поглиненого потоку в кюветі ОАД і концентрації аналізованої газової компоненти.

4. Встановити залежність зміни місткості перетворювача від модуляційних змін оптичних потоків джерел випромінювання і концентрації аналізованої газової компоненти.

5. Встановити залежність коефіцієнта модуляції вихідного сигналу вимірювального моста від концентрації аналізованої газової компоненти.

6. Встановити вигляд і характер вихідних сигналів пристроїв, що входять до складу УОИС: демодулятора 10 кГц , активного фільтру низьких частот 5 Гц , демодулятора 5 Гц , активного фільтру 0.5 Гц .

7. Одержати характеристику перетворення $U_{\text{вихФНЧ2}} = \varphi(CCO)$.

8. Апроксимувати номінальну характеристику вимірника статечним поліномом. Ступінь полінома вибрати з умови $\gamma_{\text{max}} \leq \gamma_{\text{доп}}$.

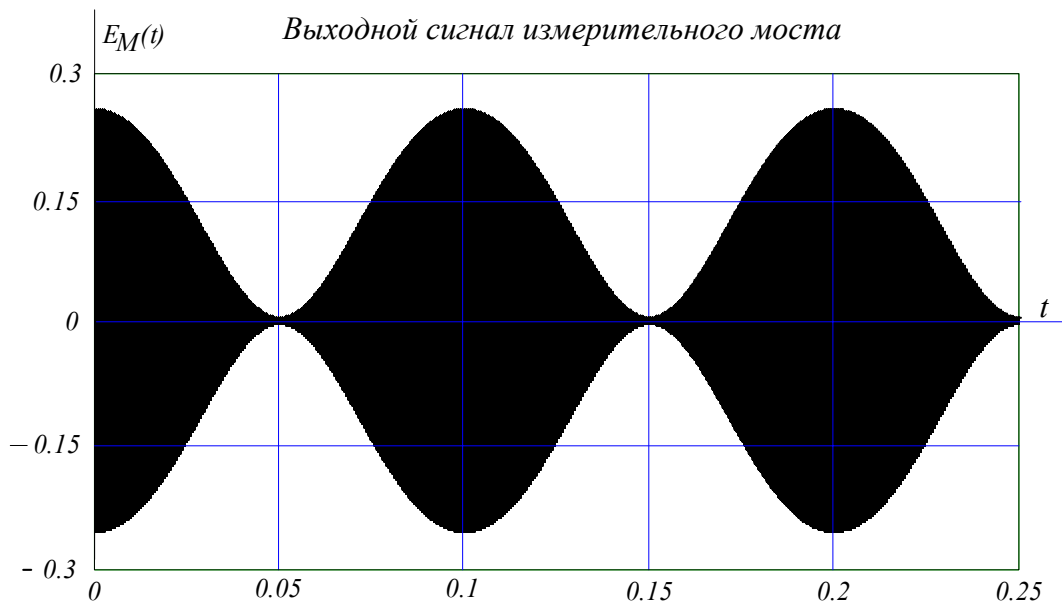
9. Визначити коефіцієнт чутливості ОАГ по характеристиці перетворення в трьох крапках: при CCO_{min} , $CCO_{\text{ср}}$, CCO_{max} .

Частина 2. Оптимізація конструктивних параметрів моделі ОАГ

1. Оптимізації підлягають конструктивні параметри F_{01} , l_l , d_M . Оптимальне значення конструктивних параметрів забезпечує максимальне значення вихідної напруги СІ. Як обмеження виступає вимога лінійності перетворення сигналів. Так вихідний сигнал вимірювального моста амплітудний модульований, а коефіцієнт модуляції не повинен перевищувати одиниці: $MAM \leq 1$. Приклад вихідний сигнал вимірювального моста при $M \approx 1$ приведений на мал. 2.

2. Залежність між величиною вихідної напруги ОАГ, вимірюваним параметром (концентрація газової компоненти) і конструктивними параметрами носить складний характер. Для зменшення розмірності завдання прийняти значення вимірюваного параметра рівним максимальному значенню: $Z = \text{Див}$. Вплив конструктивних параметрів на вихідну напругу оцінити у вигляді:

$$dU_{\text{вих}} = \frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial F_{01}} dF_{01} + \frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial l_l} dl_l + \frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial d_M} dd_M$$



Малюнок 2 – Приклад вихідного сигналу вимірювального моста із значенням коефіцієнта амплітудної модуляції $M = 1$

2. Залежність між величиною вихідної напруги ОАГ, вимірюваним параметром (концентрація газової компоненти) і конструктивними параметрами носить складний характер. Для зменшення розмірності завдання прийняти значення вимірюваного параметра рівним максимальному значенню: $Z = \text{Див}$. Вплив конструктивних параметрів на вихідну напругу оцінити у вигляді:

$$dU_{\text{вих}} = \frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial F_{01}} dF_{01} + \frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial l_{\text{л}}} dl_{\text{л}} + \frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial d_{\text{М}}} dd_{\text{М}}$$

Коефіцієнти чутливості (приватні похідні) визначити як відношення кінцевих прирощень

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial F_{01}} \approx \left. \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta F_{01}} \right|_{C = CM; l_{\text{л}} = \text{constant}; d_{\text{М}} = \text{constant}}$$

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial l_{\text{л}}} \approx \left. \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta l_{\text{л}}} \right|_{C = CM; F_{01} = \text{constant}; d_{\text{М}} = \text{constant}}$$

$$\frac{\partial U_{\text{ввлх}}}{\partial d_M} \approx \frac{\Delta U_{\text{ввлх}}}{\Delta d_M} \Big|_{C = CM; l_n = \text{constant}; F_{01} = \text{constant}}.$$

Значення кінцевих прирощень конструктивних параметрів не повинні перевищувати 5 % їх значень в базовому варіанті.

Встановити найбільш чутливий з конструктивних параметрів і його оптимальне значення при виконанні обмежень.

3. Для ОАГ з оптимальними конструктивними параметрами встановити характеристику перетворення, забезпечивши вимогу $\gamma_{\text{дон}}$. По оптимізованій характеристиці перетворення визначити коефіцієнт чутливості ОАГ по характеристиці перетворення в трьох крапках: при CCO_{min} , $CCO_{\text{ср}}$, CCO_{max} . Дати висновок про результати оптимізації СІ.

Зміст звіту

1. Мета лабораторної роботи.
2. Початкові дані: структурна схема комп'ютерної моделі і опис принципу функціонування ОАГ.
3. Спектральні характеристики вихідних сигналів електролюмінесцентних джерел випромінювання, спектральна характеристика оптичного каналу і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти, спектральна характеристика вихідного сигналу оптичного каналу, величина поглиненого потоку в кюветі ОАД (у оптичному каналі) і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти.
4. Залежність деформації чутливого елемента перетворювача, місткості, від величини поглиненого потоку в кюветі ОАД і концентрації аналізованої газової компоненти.
5. Залежність коефіцієнта модуляції вихідного сигналу вимірювального моста від концентрації аналізованої газової компоненти.
6. Вигляд і характер вихідних сигналів пристроїв, що входять до складу УОИС: демодулятора 10 кГц , активного фільтру низьких частот 5 Гц , демодулятора 5 Гц , активного фільтру 0.5 Гц .
7. Характеристика перетворення $U_{\text{ввлхФНЧ2}} = \varphi(CCO)$ і значення коефіцієнта чутливості ОАГ крапках: при CCO_{min} , $CCO_{\text{ср}}$, CCO_{max} .

8. Значення коефіцієнтів чутливості вихідної напруги ОАГ до конструктивних параметрів детектора. Висновок про найбільш чутливий конструктивний параметр детектора.

9. Визначення значення найбільш чутливого конструктивного параметра детектора.

10. Характеристика перетворення $U_{вихФНЧ2} = \varphi(CCO)$ оптимізованого ОАГ і значення коефіцієнта чутливості ОАГ крапках: при CCO_{min} , $CCO_{ср}$, CCO_{max} .

11. Висновок про результати оптимізації СІ.

12. Висновки по роботі.

Контрольні питання для самоперевірки

1. Поясніть суть оптико-акустичного ефекту.
2. Якими засобами досягається вибірковість ОАГ?
3. Що є детектором ОАГ?
4. Які процеси протікають в детекторі ОАГ?
5. Чи існують методи підвищення чутливості перетворювача механічна деформація – місткість?
6. У чому полягає ефект застосування несиметричного реактивного вимірювального моста в складі ОАГ?
7. Що таке «чутливість вимірювального перетворювача» і як вона визначається по характеристиці перетворення?
8. Яким чином визначається чутливість вихідного параметра засобу вимірювання до конструктивних параметрів перетворювача?
9. Як оптимізувати конструктивні параметри перетворювача?
10. Як встановити ефективність оптимізації засобу вимірювання?

Лабораторна робота 3 Дослідження моделі інфрачервоного гігрометра

Лабораторна робота виконується з використанням комп'ютерної моделі інфрачервоного гігрометра. Комп'ютерна модель складається з двох частин. У першій частині моделюється функціонування первинного вимірювального перетворювача. Тут встановлюється зв'язок між абсолютною, відносною вологістю повітря і температурою і атмосферним тиском. Зв'язуються між собою концентрація водяної пари в повітрі з його молекулярним поглинанням інфрачервоного випромінювання у області $2,7 \text{ мкм}$. Описуються на мові математики спектральні характеристики оптичного випромінювання електролюмінесцентного джерела, проходження оптичного випромінювання через повітряне середовище, що містить водяну пару, і що частково поглинається їм. Виявлення зміни потоку випромінювання фотоприймачем і формування їм електричного сигналу, пропорційного поглиненому потоку. У завершенні першої частини моделі будується характеристика перетворення:

$$U_{вихФП} = \varphi(CH_2O).$$

Друга частина містить комп'ютерну модель аналогових і цифрових пристроїв обробки сигналів і алгоритмів обробки масивів даних в цифровому процесорному обчислювачі.

Програма досліджень.

1. Вивчити суть ГИК методу вимірювання вологості повітря. Дивися електронний файл «Гігрометр інфрачервоного випромінювання»
2. Вивчити методику формування інформаційного сигналу по спектральній характеристиці досліджуваного газового середовища.
3. Вивчити методику моделювання процесів ГИК гігрометрі. Побудувати характеристику перетворення первинного вимірювального перетворювача (ПІП) $CH_2O = \varphi(\Delta U_{вихФП})$, при $t = 20^{\circ}C$, де CH_2O – відносна вологість повітря.
4. Вивчити методику обліку температури повітря на параметри вологості.
5. Експериментально встановити ступінь впливу температури повітря на характеристику $CH_2O = \varphi(\Delta U_{вихФП})$. Залежність представити у вигляді:

$CH_2O = \varphi(\Delta U_{вихФП} t^{\circ}C)$. При побудові залежності температура повітря повинна приймати значення: $t^{\circ}C = 100C ; 150C ; 190C ; 200C ; 210C ; 250C ; 300C$.

6. Встановити значення вихідного сигналу ПІП для поєднання крайніх значень діапазонів зміни вологості повітря і температури [CH_2O_{min} , CH_2O_{max}] і [t_{min} , t_{max}]. Встановити на цій множині мінімальне і максимальне значення вихідної напруги фотоприймача.

7. Виконати настройку електронної моделі на цей діапазон вхідних сигналів.

8. Для кожної з вказаних температур ($t^{\circ}C = 100C ; 150C ; 190C ; 200C ; 210C ; 250C ; 300C$), побудувати характеристику перетворення засобу вимірювання.

9. Вважаючи, що засіб вимірювання не має корекції від температури, і воно настроєне при $200C$ (використовується характеристика перетворення для $200C$) виконати вимірювання вологості при 19 і $210C$. При цьому вологість повинна змінюватися у всьому діапазоні [CH_2O_{min} , CH_2O_{max}]. Встановити похибку вимірювань для кожної з температур.

10. На основі аналізу залежності погрішності вимірювань від вологості і температури дати рекомендації по обліку впливу температури повітря і відносної вологості на результати вимірювань.

Зміст звіту

1. Мета лабораторної роботи.
2. Початкові дані: структурна схема комп'ютерної моделі і опис принципу функціонування ГИК гігрометра.
3. Спектральні характеристики вихідних сигналів електролюмінесцентних джерел випромінювання, спектральна характеристика оптичного каналу і її залежність від концентрації аналізованої газової компоненти, спектральна характеристика вихідного сигналу оптичного каналу, величина поглиненого потоку в оптичному каналі і її залежність від відносної вологості повітря..
- 4 Характеристики перетворення $U_{вихФП} = \varphi(CH_2O, t)$.
8. Протокол настройки вимірювальної системи.

9. Характеристики перетворення $U_{вихСИ} = \varphi(CH_2O, t)$ для температур $t^{\circ}C = 100C ; 150C ; 190C ; 200C ; 210C ; 250C ; 300C$.

10. Результати вимірювання вологості за відсутності корекції від температури і настройці вимірника при $200C$. Оцінки погрішності вимірювань для кожної з температур. Залежності погрішності вимірювань від вологості і температури.

10. Аналіз залежності погрішності вимірювань від вологості і температури. Алгоритм обліку впливу температури повітря на результати вимірювань вологості.

11. Результати застосування алгоритму обліку впливу температури на вимірювання вологості.

12. Висновки по роботі.

Контрольні питання для самоперевірки

1. Поясніть суть ІЧ-метода вимірювання вологості повітря.
2. Якими засобами досягається вибірковість вимірювання вологості?
3. Що є первинний вимірювальний перетворювач вологість–напруга?
4. Які процеси протікають в оптичному каналі ГИК гігрометра?
5. За наслідками вимірювань оцініть ступінь впливу температури на результати вимірювання вологості?
6. Поясніть явище потрійної точки роси.
7. Дайте визначення відносній вологості повітря.
8. Як оцінюється ефективність алгоритму температурної корекції вимірника вологості?